



**UNIVERSIDAD DE BARCELONA**  
**FACULTAD DE FORMACIÓN**  
**DEL PROFESORADO**  
**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**  
**EXPERIMENTALES Y LA MATEMÁTICA**  
**Bienio 2001-2003**

**LAS ACTITUDES DE PROFESORES Y ESTUDIANTES, Y LA  
INFLUENCIA DE FACTORES DE AULA EN LA TRANSMISIÓN  
DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA  
SECUNDARIA**

**Tesis doctoral para optar al título de Doctor por la  
Universidad de Barcelona**

*Presentada por*

**XIMENA VILDÓSOLA TIBAUD**

*Dirigida por*

**DR. JOSEP CASTELLÓ ESCANDELL y DRA. PALOMA GARCÍA WEHRLE**

**Barcelona, 2009**



*Dedico esta tesis*

*A mis padres, Osvaldo y Elena. A mis  
abuelos, Isabel, Luis, Brígida y Felipe y a toda mi  
hermosa familia.*



*“Gracias a la vida que me ha dado tanto”*

(Violeta Parra)



## ***AGRADECIMIENTOS***

A las dos instituciones públicas de mi país, Chile, por el apoyo para realizar estos estudios, al Ministerio de organización y Planificación, Gobierno de Chile, por la beca presidente de la república para estudios de postgrados en el extranjero, y a la Ilustre Municipalidad de Hualqui, por haber autorizado mi estancia en el extranjero durante el periodo de estos estudios. Extiendo mis agradecimientos a la Universidad de Barcelona por el apoyo con la concesión de las becas de colaboración estos dos últimos años.

Agradezco a la Dra. Paloma Garcia Wehrle y al Dr. Josep Castelló Escandell, por la dirección de esta tesis, por las sugerencias, los comentarios y por la tarea de revisar y corregir este extenso trabajo.

Al profesorado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática, en especial a quienes me iniciaron en la formación en la didáctica de las ciencias naturales.

Al Dr. Manel Puigcerver por la asesoría y las sugerencias en los aspectos estadísticos implicados en el estudio. A la Dra. Mercé Izquierdo y al Dr. Agustín Adúriz-Bravo por sus valiosas aportaciones y sugerencias sobre el marco teórico de la tesis. A la Dra. María José Rubio y a la Dra. Anna Escofet por sus oportunas sugerencias y observaciones.

Mi especial agradecimiento y reconocimiento a los directores de los departamentos de ciencias de los Institutos de Enseñanza Secundaria y de Bachillerato de la ciudad de Barcelona por abrirme sus puertas y aceptar colaborar en el estudio distribuyendo y recogiendo los cuestionarios. A todo el profesorado de ciencias de los Institutos de Enseñanza Secundaria y de Bachillerato de la ciudad de Barcelona por su anónima y relevante participación respondiendo el cuestionario. También agradezco la colaboración y participación del estudiantado de la ESO y del Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud.

Agradezco muy especialmente a los profesores Francisco García, Josep Alsina, Manel Belmonte, Montse Callis y Lorenzo Gener por

participar en el estudio cualitativo, por abrir las puertas de sus clases para desarrollar la observación de las prácticas docentes. Sin su apoyo y voluntad difícilmente hubiese llegado a término este proyecto.

A mis compañeros y compañeras de doctorado por todos los momentos compartidos, en especial a Sabrina. A los compañeros de la Universidad Autónoma de Barcelona, con quienes llegamos a establecer lazos enriquecedores durante los encuentros de estudiantes de doctorado de didáctica de las ciencias experimentales y la matemática.

A todas las personas que formaron y forman parte de mi vida durante este extenso, y muchas veces, duro proceso. De cada uno de vosotros y vosotras recibí mucho más de lo que mi tiempo me permitió compartir. Por el apoyo, el cariño, el compañerismo, paciencia, sabiduría, comprensión y amistad, les agradezco infinitamente a Laura, Tere, Cecy, Marce, Ruty, Mario, Nelda, Fernando, Fio, Nil, Bernat, Victoria, Luis, Pato, Patricio, Jano, Manuel, Martin, Aitor, Gemma, Montse, Patty, a las tres Anas, Joana, Carolina, Lissette, Carin, Cristina, Michael, Maire y a tantas otras personas que formaron parte de mi vida en esta hermosa tierra catalana.

*...Porque no se es nada sin los otros...*

*Moltes gràcies a vosaltres!*

## ***INDICE GENERAL***

AGRADECIMIENTOS .....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxv
INTRODUCCIÓN.....	31
PARTE I PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
1.1 Justificación del estudio .....	43
1.2 Preguntas de investigación .....	45
1.3 Objetivos de la investigación.....	51
1.4 Supuestos iniciales del estudio.....	53
PARTE II REFERENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DEL MARCO TEÓRICO .....	59
2.1 La alfabetización científica del estudiantado .....	62
2.1.1 Evolución de la idea de alfabetización científica.....	65
2.1.2 Aproximaciones a un marco teórico actual de la alfabetización científica.....	82
2.2 Las ideas de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.....	93
2.2.1 Valoración de las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia.....	94
2.2.2 Desarrollo, uso y evaluación de los currículos diseñados para mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia en el estudiantado.....	99

2.2.3 Valoración y mejora de las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia.....	100
2.2.4 Relación entre las concepciones del profesorado, la práctica de aula y las concepciones del estudiantado.....	104
Síntesis del capítulo .....	105
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	107
3.1 Importancia de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.....	108
3.1.1 Aproximación a la idea actual de la naturaleza de la ciencia	108
3.1.1.1 Aportaciones de las metaciencias a la noción actual de naturaleza de la ciencia.....	112
3.1.1.2 Modelos epistemológicos preexistentes de importancia para la enseñanza de las ciencias.....	116
3.1.2 Relevancia de la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias .....	126
3.1.3 Aportaciones de la idea actual de la naturaleza de la ciencia a la enseñanza de las ciencias.....	131
3.1.4 Rol de la filosofía y de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias .....	135
3.1.5 Los contenidos metacientíficos fundamentales para la enseñanza de las ciencias.....	140
3.2 Las ideas de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.....	148
3.2.1 El pensamiento del profesor de ciencias .....	149
3.2.2 Creencia, concepción y actitud .....	152
3.2.3 Las ideas de la naturaleza de la ciencia que predominan en la enseñanza de las ciencias.....	156

3.3 Los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula .....	161
Síntesis del capítulo .....	164
PARTE III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	167
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO DEL DISEÑO METODOLÓGICO	169
4.1 Enfoque metodológico de la investigación .....	169
4.1.1 La naturaleza del objeto de estudio.....	169
4.1.2 Metodología mixta de investigación .....	170
CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	184
5.1 Diseño de la metodología de la investigación.....	184
5.1.1 Métodos utilizados en la investigación.....	186
5.1.2 Técnicas, estrategias e instrumentos de recogida de datos..	191
5.1.3 Técnicas de análisis de los datos cualitativos y cuantitativos	217
5.2 Contexto de la investigación .....	220
5.2.1 Contexto general de la investigación .....	220
5.2.2 Contexto específico en que se desarrolla la investigación ....	222
PARTE IV RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LAS ACTITUDES DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA DEL PROFESORADO Y ESTUDIANTADO .....	229
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.....	231
6.1 Índices actitudinales del profesorado y del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia.....	231
6.1.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa .....	232
A) Índices actitudinales del profesorado .....	232
B) Índices actitudinales del estudiantado.....	249

6.1.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica .....	266
A) Índices actitudinales del profesorado .....	266
B) Índices actitudinales del estudiantado.....	271
6.1.3 Tercera categoría. Rol de la observación y de la inferencia científica.....	275
A) Índices actitudinales del profesorado .....	275
B) Índices actitudinales del estudiantado.....	279
6.1.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	284
A) Índices actitudinales del profesorado .....	284
B) Índices actitudinales del estudiantado.....	290
6.1.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología.....	296
A) Índices actitudinales del profesorado .....	296
B) Índices actitudinales del estudiantado.....	300
6.2 Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado .....	305
6.2.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa .....	305
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	305
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	308
6.2.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica .....	311
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	311
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	312

6.2.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica.....	314
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	314
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	315
6.2.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	317
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	317
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	318
6.2.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología.....	320
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	320
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	322
6.3 Síntesis de las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia .....	323
A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado .....	323
B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado .....	328
CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LAS ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROFESORADO .....	334

7.1 Hipótesis de trabajo para correlacionar las actitudes del profesorado con la edad, estudios de segundo y tercer ciclo y la experiencia docente .....	334
7.2 Resultados de los análisis de correlación de Spearman entre los índices actitudinales globales y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado.....	335
7.2.1 Correlación de Spearman entre el índice actitudinal global (IAG) y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente .....	336
7.2.2 Correlación de Spearman entre los índices actitudinales de las categorías de la naturaleza de la ciencia con la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado..	338
Síntesis del capítulo .....	347
PARTE V DISCUSIÓN DE LAS ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.....	349
CAPÍTULO 8. ACTITUDES DEL PROFESORADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.....	351
8.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa .....	351
8.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica .....	379
8.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica .....	388
8.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	399
8.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología.....	409
Síntesis del capítulo .....	415
CAPÍTULO 9. ACTITUDES DEL ESTUDIANTADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.....	419
9.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa .....	420

9.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica .....	433
9.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica .....	436
9.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	437
9.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología.....	440
Síntesis del capítulo .....	443
CAPÍTULO 10. SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN LAS ACTITUDES DEL PROFESORADO Y DEL ESTUDIANTADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.....	
10.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa .....	446
10.2 Segunda Categoría. Multiplicidad metodológica.....	448
10.3 Tercera Categoría. Rol de la observación y la inferencia científica.....	449
10.4 Cuarta Categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	450
10.5 Quinta Categoría. Relación Ciencia y Tecnología .....	450
Síntesis del capítulo .....	451
PARTE VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS FACTORES DE AULA Y DE LA ENTREVISTA .....	
CAPITULO 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA OBSERVACIÓN CUANTITATIVA DE LOS FACTORES DE AULA .....	
11.1 Análisis de la observación cuantitativa de los factores de aula .....	456
A) Parámetros generales.....	456

B) Análisis y discusión de los índices de los factores de aula por categoría .....	457
Síntesis del capítulo .....	466
CAPÍTULO 12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LOS FACTORES DE AULA.....	468
12.1 Resultados globales y discusión del análisis cualitativo de los factores de aula.....	468
12.2 Discusión de los resultados del análisis cualitativo de los factores de aula por categoría.....	476
12.2.1 Categoría uno. Aproximación a la instrucción del profesor	476
12.2.2 Categoría dos. Características del contenido específico.....	484
12.2.3 Categoría tres. Las características no instruccionales del profesor.....	492
12.2.4 Categoría cuatro. Las características de los estudiantes ....	495
12.2.5 Categoría cinco. Atmósfera de la clase .....	500
Síntesis del capítulo .....	502
CAPÍTULO 13. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CONTENIDO DE LAS ENTREVISTAS.....	504
13.1 Las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia.....	505
13.2 Las ideas acerca de los factores de aula .....	510
Síntesis del capítulo .....	512
PARTE VII TRIANGULACIÓN DE LOS DATOS Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	515
CAPÍTULO 14. TRIANGULACIÓN DE LOS DATOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS .....	517
14.1 Triangulación de los datos sobre las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia .....	517

14.1.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa ...	518
14.1.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica .....	528
14.1.3 Tercera categoría. Rol de observación y la inferencia científica .....	531
14.1.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	533
14.1.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología.....	536
14.2 Triangulación de los datos de los factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente .....	538
14.2.1 Primera categoría. Aproximación a la instrucción del profesor .....	539
14.2.2 Segunda categoría. Características del contenido específico .....	544
14.2.3 Tercera categoría. Aproximación a la instrucción de profesor .....	548
14.2.4 Cuarta categoría. Características de los estudiantes .....	552
14.2.5 Quinta categoría. Atmósfera de la clase.....	556
Síntesis del capítulo .....	559
<b>CAPITULO 15. CONCLUSIONES, IMPLICACIONES, LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....</b>	<b>561</b>
15.1 Conclusiones por objetivos de la investigación .....	562
15.2 Algunas consideraciones acerca de las actitudes del profesorado y del estudiantado, y sobre los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia .....	577
15.3 Consideraciones finales.....	582
15.4 Implicación de los resultados de la investigación .....	583

15.5 Limitaciones .....	585
15.6 Futuras investigaciones.....	586
PARTE VIII BIBLIOGRAFÍA.....	589
Literatura revisada.....	591

### ***INDICE DE TABLAS***

Tabla N° 1. Características de la alfabetización científica durante la década de 1960 .....	68
Tabla N° 2. Características de la alfabetización científica durante la década de 1970 .....	72
Tabla N° 3. Características de la alfabetización científica durante la década de 1980 .....	75
Tabla N° 4. Marco conceptual para la alfabetización científica y tecnológica .....	83
Tabla N° 5. Dominios de contenidos del marco teórico de la alfabetización científica.....	86
Tabla N° 6. Aptitudes de investigación científica y aptitudes de diseño tecnológico.....	88
Tabla N° 7. Dimensiones de la alfabetización científica.....	90
Tabla N° 8. Investigaciones de las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los cincuenta y sesenta .....	96
Tabla N° 9. Investigaciones sobre las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los setenta y ochenta .....	97

Tabla N° 10. Investigaciones sobre las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los noventa y dos mil.....	98
Tabla N° 11. Algunas definiciones de naturaleza de la ciencia aportadas por la didáctica de las ciencias.....	110
Tabla N° 12. Perspectivas y características de la actual filosofía de la ciencia .....	125
Tabla N° 13. Principales fortalezas de los métodos cuantitativos y cualitativos de investigación .....	172
Tabla N° 14. Los cuatro paradigmas más importantes usados en la investigación social .....	174
Tabla N° 15. Características generales del pragmatismo .....	175
Tabla N° 16. Debilidades que se reconocen a la corriente filosófica pragmática .....	176
Tabla N° 17. Principales ventajas y desventajas del método mixto de investigación .....	180
Tabla N° 18. Escenario para la integración de los métodos cuantitativos y cualitativos.....	183
Tabla N° 19. Categorías de análisis de los aspectos de la naturaleza de la ciencia consideradas en el estudio de las actitudes del profesorado y estudiantado.....	199
Tabla N° 20. Ideas centrales y los ítems del cuestionario COCTS para la primera categoría.....	200
Tabla N° 21. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la primera categoría.....	201
Tabla N° 22. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la segunda categoría .....	205

Tabla N° 23. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la segunda categoría.....	205
Tabla N° 24. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la tercera categoría.....	206
Tabla N° 25. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la tercera categoría.....	206
Tabla N° 26. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la cuarta categoría .....	207
Tabla N° 27. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la cuarta categoría .....	208
Tabla N° 28. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la quinta categoría .....	209
Tabla N° 29. Ítems del cuestionario COCTS utilizados para valorar las actitudes para la quinta categoría .....	210
Tabla N° 30. Factores de aula que componen la primera categoría. Aproximación a la instrucción del profesor.....	212
Tabla N° 31. Factores de aula que componen la segunda categoría. Características del contenido específico .....	213
Tabla N° 32. Factores de aula que componen la tercera categoría. Características no instruccionales del profesor .....	214
Tabla N° 33. Factores de aula que componen la cuarta categoría. Características de los estudiantes.....	214
Tabla N° 34. Factores de aula que componen la quinta categoría. Atmósfera de la clase .....	214
Tabla N° 35. Preguntas de la entrevista semiestructurada.....	217
Tabla N° 36. Distritos del municipio de la ciudad de Barcelona y su relación con el número de Institutos Públicos de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato de ciencias.....	220

Tabla N° 37. Características del contexto específico en que se desarrolla el estudio .....	222
Tabla N° 38. Frecuencia de la titulación universitaria.....	223
Tabla N° 39. Distribución de la edad del profesorado participante en el estudio .....	223
Tabla N° 40. Frecuencia del profesorado por el género .....	224
Tabla N° 41. Frecuencia del profesorado con estudios de segundo y tercer ciclo .....	224
Tabla N° 42. Distribución de los estudiantes por la edad .....	225
Tabla N° 43. Distribución del estudiantado por el género .....	225
Tabla N° 44. Distribución del estudiantado por nivel de enseñanza .....	225
Tabla N° 45. Características de la docencia de los tres profesores seleccionados de la muestra.....	226
Tabla N° 46. Medias de los índices actitudinales del profesorado para las categorías adecuada, plausible e ingenua de la primera categoría .....	232
Tabla N° 47. Índices actitudinales del profesorado para las subcategorías de la primera categoría.....	234
Tabla N° 48. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la primera categoría.....	236
Tabla N° 49. Medias de los índices actitudinales del estudiantado para la categoría adecuada, plausible e ingenua, en la primera categoría .....	249
Tabla N° 50. Índices actitudinales por subcategoría.....	251

Tabla N° 51. Estadística descriptiva de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la primera categoría.....	252
Tabla N° 52. Medias de los índices actitudinales del profesorado para las categorías adecuada, plausible e ingenua de la segunda categoría .....	267
Tabla N° 53. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la segunda categoría.....	268
Tabla N° 54. Medias de los índices actitudinales globales del estudiantado en la segunda categoría.....	271
Tabla N° 55. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la segunda categoría.....	273
Tabla N° 56. Medias de los índices actitudinales del profesorado de las categorías adecuadas, plausibles e ingenuas para la tercera categoría .....	276
Tabla N° 57. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la tercera categoría.....	277
Tabla N° 58. Medias de los índices actitudinales del estudiantado de las categorías adecuada, plausible e ingenua para la tercera categoría .....	280
Tabla N° 59. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la tercera categoría.....	282
Tabla N° 60. Medias de los índices actitudinales del profesorado de las categorías adecuada, plausible e ingenua para la cuarta categoría .....	284

Tabla N° 61. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la cuarta categoría.....	286
Tabla N° 62. Medias de los índices actitudinales de las frases de las categorías adecuada, plausible, ingenua para la cuarta categoría	290
Tabla N° 63. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la cuarta categoría.....	292
Tabla N° 64. Medias de los índices actitudinales del profesorado en la categoría, adecuada, plausible e ingenua para la quinta categoría .....	296
Tabla N° 65. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la quinta categoría.....	298
Tabla N° 66. Medias de los índices actitudinales del estudiantado para las categorías adecuada, plausible e ingenua para la quinta categoría .....	301
Tabla N° 67. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la quinta categoría.....	302
Tabla N° 68. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la primera categoría.....	306
Tabla N° 69. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la primera categoría.....	308
Tabla N° 70. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la primera categoría.....	309

Tabla N° 71. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la primera categoría .....	310
Tabla N° 72. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la segunda categoría .....	311
Tabla N° 73. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la segunda categoría .....	312
Tabla N° 74. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la segunda categoría .....	313
Tabla N° 75. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la segunda categoría .....	313
Tabla N° 76. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la tercera categoría .....	314
Tabla N° 77. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la tercera categoría .....	315
Tabla N° 78. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la tercera categoría .....	315
Tabla N° 79. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la tercera categoría .....	316

Tabla N° 80. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la cuarta categoría .....	317
Tabla N° 81. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la cuarta categoría .....	318
Tabla N° 82. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la cuarta categoría .....	319
Tabla N° 83. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la cuarta categoría .....	319
Tabla N° 84. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la quinta categoría .....	320
Tabla N° 85. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la quinta categoría .....	321
Tabla N° 86. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la quinta categoría .....	322
Tabla N° 87. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más positivos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia .....	323
Tabla N° 88. Frases con los índices actitudinales más positivos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia ....	324
Tabla N° 89. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más negativos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia .....	325

Tabla N° 90. Frases con los índices actitudinales más negativos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia ....	326
Tabla N° 91. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más positivos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia .....	329
Tabla N° 92. Frases con los índices actitudinales más positivos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia...	329
Tabla N° 93. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más negativos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia .....	330
Tabla N° 94. Frases con los índices actitudinales más negativos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia...	331
Tabla N° 95. Resultados de la prueba de Spearman entre el índice actitudinal global y las variables edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado.....	336
Tabla N° 96. Resultados de la prueba de correlación de Spearman entre los índices actitudinales para cada categoría de la naturaleza de la ciencia y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado .....	338
Tabla N° 97. Medias de los índices de los factores de aula por profesor y por categoría.....	456
Tabla N° 98. Factores de aula que componen la primera categoría .....	459
Tabla N° 99. Factores de aula que componen la segunda categoría .....	460
Tabla N° 100. Factores de aula que componen la tercera categoría .....	462
Tabla N° 101. Factores de aula que componen la cuarta categoría	464

Tabla N° 102. Factores de aula que componen la quinta categoría	466
Tabla N° 103. Frecuencias de los factores de aula presenciados en las prácticas docentes .....	469
Tabla N° 104. Contenidos de la naturaleza de la ciencia derivados de las entrevistas .....	506
Tabla N° 105. Contenidos de la entrevista relacionados con los factores de aula .....	511

### ***ÍNDICE DE FIGURAS***

Figura N° 1. Factores que influyen en la interpretación de la alfabetización científica.....	63
Figura N° 2. Las cuatro principales metaciencias que contribuyen a la construcción de la naturaleza de la ciencia en la educación científica.....	113
Figura N° 3. Modelos epistemológicos que han influido mayormente en la educación científica del siglo XX .....	117
Figura N° 4. Relación que mantiene la didáctica de las ciencias con la educación científica y las diversas metaciencias que contribuyen a la naturaleza de la ciencia.....	128
Figura N° 5. Ejes metacientíficos que comprende la idea actual de naturaleza de la ciencia.....	129
Figura N° 6. Rol de la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) en la enseñanza de las ciencias.....	135
Figura N° 7. Transposición didáctica del contenido metacientífico (naturaleza, de la ciencia) en el aula con la participación del profesorado y del estudiantado .....	148

Figura N° 8. Modelo del pensamiento del profesor de ciencias que representa el conocimiento metadisciplinar como la dimensión que es capaz de estructurar a las demás dimensiones.....	150
Figura N° 9. Representación del Modelo de los tres componentes de la actitud .....	154
Figura N° 10. Función de lentes de distinta resolución que tiene la metodología mixta de investigación para observar un mismo problema de investigación .....	178
Figura N° 11. Diseño de investigación del método mixto del tipo paralelo/simultáneo .....	182
Figura N° 12. Esquema del diseño de la investigación .....	186
Figura N° 13. Representación de los métodos de muestreo utilizados para la recogida de los datos en la investigación.....	187
Figura N° 14. Técnicas, estrategias e instrumentos de recogida de datos cuantitativos y cualitativos utilizados en el estudio.....	192
Figura N° 15. Ejemplo de un ítem del cuestionario COCTS.....	194
Figura N° 16. Significado de las puntuaciones de las frases adecuadas, plausibles e ingenuas a partir de las puntuaciones aportadas por los participantes.....	198
Figura N° 17. Mapa con el porcentaje de participación de los Institutos de Enseñanza Secundaria y de Bachillerato por distritos de la ciudad de Barcelona .....	221
Figura N° 18. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la primera categoría .....	233
Figura N° 19. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la primera categoría.....	250

Figura N° 20. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la segunda categoría .....	267
Figura N° 21. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la segunda categoría .....	272
Figura N° 22. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas en la tercera categoría .....	276
Figura N° 23. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas en la tercera categoría .....	281
Figura N° 24. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la cuarta categoría .....	285
Figura N° 25. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la cuarta categoría .....	291
Figura N° 26. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la quinta categoría .....	297
Figura N° 27. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la quinta categoría .....	301
Figura N° 28. Patrón de distribución de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia .....	328
Figura N° 29. Patrón de distribución de las actitudes del estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia .....	333

Figura N° 30. Visión del profesorado acerca de la relación sociedad y ciencia .....	377
Figura N° 31. Las etapas típicas asociadas con el denominado “método científico” .....	381
Figura N° 32. Contrastes en los procesos implicados en el método científico tradicional y los procesos que componen el modelo actual de metodología científica. ....	384
Figura N° 33. Componentes de la metodología científica desde los modelos actuales .....	387
Figura N° 34. Modelo inductivo ingenuo .....	392
Figura N° 35. Modelo actual sobre la construcción del conocimiento científico.....	393
Figura N° 36. Esquema que representa y explica las características del modelo de metodología tradicional y el modelo de metodología actual.....	395
Figura N° 37. Modelo ingenuo de falsa jerarquía de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	403
Figura N° 38. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas .....	404
Figura N° 39. Ejemplo que representa el rol de la Teoría Cinético Molecular para dar apoyo explicativo a distintos fenómenos de la naturaleza .....	405
Figura N° 40. Visión ingenua de la relación ciencia y tecnología con la cosmovisión del profesorado .....	411
Figura N° 41. Representación de la visión del estudiantado acerca de la relación sociedad-ciencia .....	431
Figura N° 42. Las ideas de la metodología científica identificadas por el estudiantado.....	435

Figura N° 43. Distribución de las medias globales de los índices de los factores de aula por profesor y por categoría.....	457
Figura N° 44. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P1 por categoría de factores de aula .....	472
Figura N° 45. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P2 por categorías de factores de aula .....	473
Figura N° 46. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P3 por categorías de factores de aula .....	474
Figura N° 47. Esferas de la influencia relacional.....	494
Figura N° 48. Influencia de la idea del método científico en las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia.....	579



## ***INTRODUCCIÓN***

La educación, como uno de los ejes fundamentales de la sociedad, ha tenido que evolucionar hacia fines y objetivos que permitan a las nuevas generaciones una mejor comprensión de un entorno cada vez más impregnado de avances científicos y tecnológicos. Por esta razón, se afirma que la educación científica actual debe orientar sus objetivos y fines no sólo a promover mejoras en el aprendizaje de la ciencia y sus métodos, sino también en impulsar una visión de la ciencia más humanista, que promueva en el estudiantado una mejor comprensión de su naturaleza, y muy especialmente de sus interacciones con la sociedad y la tecnología. Para desarrollar adecuadamente estos objetivos el profesor, como elemento fundamental del proceso de enseñanza y aprendizaje, requiere estar preparado para garantizar la calidad de la tarea educativa que se menciona. De ahí que el conocimiento y la comprensión de sus actitudes, así como las del estudiantado, y de factores de aula que pueden influir en la enseñanza de estos aspectos de la ciencia, constituyen una materia relevante para profundizar en la investigación didáctica.

El interés por mejorar en el estudiantado las ideas sobre los aspectos epistemológicos de la ciencia no es reciente. Los antecedentes que existen señalan que ya desde los inicios del siglo veinte existía cierta preocupación al respecto (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Pero es a partir de los años ochenta cuando se enfatiza la importancia de este objetivo en las principales reformas para la educación científica y después se menciona como uno de los tres grandes objetivos de la educación científica (Hodson, 1994).

La preocupación por mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia hizo posible la creación de un nuevo campo dentro de la investigación en la didáctica de las ciencias naturales y a partir del cual se han originado diversas líneas de estudio (Acevedo *et al.*, 2004). Según Lederman (1992) estas líneas de estudio podrían organizarse en cuatro grandes dimensiones:

- 1) Valoración de las concepciones<sup>1</sup> del estudiantado,
- 2) Desarrollo, uso y evaluación de diseños curriculares para mejorar las concepciones del estudiantado,
- 3) Valoración y tentativas para mejorar las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia, e
- 4) Identificación de las relaciones entre las concepciones del profesorado con la práctica de aula y con las concepciones del estudiantado.

A principios de los años sesenta las investigaciones se iniciaron como una respuesta natural de profesorado y científicos para promover en el estudiantado una exacta comprensión de la naturaleza de la ciencia. Las múltiples menciones que hacían las investigaciones sobre las ideas inadecuadas del estudiantado dieron origen, casi al mismo tiempo, a las líneas de investigación centradas en el currículo de ciencias y en la valoración de las ideas del profesorado, las líneas de estudio dos y tres, respectivamente. En ambas líneas de estudio los esfuerzos se orientaron a desarrollar y medir la efectividad de currículos diseñados con aportaciones de la Filosofía e Historia de la ciencia para propiciar en el estudiantado ideas más adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia (Abd-El-Khalick y Lederman 2000a). Entonces se asumió que con un currículo apropiado y los materiales pertinentes el profesorado tendría éxito para desarrollar una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, de los estudios emergieron resultados contradictorios que llevaron a considerar que el profesorado, como principal intermediario del currículo, también tenía un rol en este proceso de mejora. Esto determinó que muchos estudios consideraran la influencia de sus ideas sobre la ciencia, sus actitudes, sus intereses, las características de la instrucción que desarrolla en el aula, y en el desarrollo y la comprensión de este tipo de contenidos.

---

<sup>1</sup> En esta introducción el concepto de concepción puede entenderse también como idea, visión o creencia. El significado de este concepto se discute en el capítulo dos de los referentes teóricos.

Así, se dio origen a la tercera línea de investigación, que centra su atención en las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia.

Los estudios mostraron que el profesorado también tenía concepciones inadecuadas sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Estos resultados motivaron, dentro de esta misma línea de investigación, la elaboración e implementación de diversas propuestas orientadas a promover mejoras en este sentido. Las investigaciones de esta línea, en sus inicios, estuvieron guiadas por la hipótesis que el profesorado transfería sus concepciones al estudiantado directamente durante la práctica de aula (Lederman, 1992)<sup>2</sup>. De este modo se asumió que si un profesor adquiría una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia, estas ideas serían transferidas directamente al estudiantado durante la enseñanza. Así, de acuerdo a esta hipótesis, bastaba mejorar las concepciones del profesorado para desarrollar adecuadamente estos contenidos y promover los cambios necesarios en las ideas del estudiantado.

A mediados de los años ochenta surge la cuarta línea de investigación, fundamentada en la idea que la relación entre las concepciones del profesorado y la práctica que desarrollan en el aula es más compleja de lo que se suponía. Diversos estudios mostraron que había variables que parecían mediar en la traslación de las ideas del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Brickhouse y Bodner, 1992; Duschl y Wrigth, 1989; Hodson, 1993; Lederman, 1995; 1999). La presencia de antecedentes consistentes favoreció el planteamiento de nuevas hipótesis y permitieron clarificar dos ideas relevantes para esta línea de investigación. Al respecto, Lederman (1992) señala:

1. Que la transposición de las concepciones de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula se ve mediada por un complejo grupo de variables situacionales.

---

<sup>2</sup> Teacher's conceptions are directly transferred into their classroom practices.

2. Que, por lo tanto, la simple posesión de concepciones adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia por parte del profesorado es una condición necesaria, pero no suficiente, para promover mejoras en las concepciones del estudiantado.

Debido a estos avances en la comprensión de esta problemática, Abd-El-Khalick y Lederman (2000b) enfatizan la importancia de orientar los esfuerzos en identificar y aislar los factores que facilitan y/u obstaculizan la traslación de las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula como una manera de acercarse a las causas que impiden una mejor enseñanza y aprendizaje de estos contenidos.

En España la mayoría de los estudios se han centrado en valorar las concepciones del profesorado de primaria y secundaria, en formación inicial y continua, y las del estudiantado (Mellado, 1996; Porlán *et al.*, 1998; Acevedo *et al.*, 2001; Fernández, 2000; Fernández *et al.*, 2002; entre otros). Sin embargo, las investigaciones sobre la influencia de los factores de la enseñanza o variables situacionales que señala Lederman (1992) son prácticamente inexistentes.

Hacen falta estudios, como el que aquí se presenta, que aborden el problema desde una perspectiva más integral en la que se vinculen las ideas del profesorado y del estudiantado con los factores de aula presentes durante la instrucción, en relación con la naturaleza de la ciencia. Hay que tener en cuenta que el aula es finalmente el espacio físico-biológico-psicológico-socio-cultural-emocional en el cual se generan y del cual emergen, convergen e interactúan una multiplicidad de factores que sin duda ejercen influencia durante el desarrollo de la práctica docente.

Consideramos que la realización de este estudio aportará ideas para lograr una mejor comprensión de la problemática que se señala. De este modo, esperamos que este estudio contribuya a un mejor conocimiento de las actitudes del profesorado y estudiantado de enseñanza secundaria y de bachillerato sobre diversos aspectos que componen la naturaleza de la ciencia, así como también del rol que pueden tener distintos factores de aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente. Esperamos finalmente que los resultados y conclusiones de esta

tesis contribuyan a reforzar la reconocida importancia de la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia para mejorar la enseñanza y aprendizaje del propio conocimiento científico, y para mejorar la formación del estudiantado hasta alcanzar la necesaria alfabetización científica.

## **ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se ha estructurado en ocho partes claramente interconectadas mediante los fines y objetivos del estudio:

🖨 La **primera parte**, o **Parte I**, denominada **Presentación de la investigación**. Contiene **el capítulo uno**, denominado **problema de la investigación**, que se estructura del siguiente modo:

- **Justificación**, que expone las distintas razones por las cuales se ha decidido realizar esta tesis.
- **Preguntas de Investigación**, donde se explicitan las preguntas generales y específicas que motivaron el desarrollo de esta tesis.
- **Objetivos**, donde se concretan los objetivos generales y específicos del estudio y sus respectivas preguntas.
- Los **supuestos iniciales** del estudio, donde se exponen los constructos fundamentales que ayudarán a dirigir las evidencias y conclusiones. Se abordan las ideas centrales sobre las visiones que transmite la enseñanza de las ciencias sobre la naturaleza de la ciencia y sobre el papel de los factores de aula en la traslación de estos contenidos durante la práctica de aula.

🖨 Una **segunda parte**, o **Parte II**, denominada **Referentes teóricos de la investigación**. Se compone de dos capítulos estructurados del siguiente modo:

- El **capítulo dos, antecedentes del marco teórico**, revisa, analiza y resume la literatura sobre el objeto de la investigación. Este capítulo contiene los antecedentes sobre los conceptos y aspectos centrales relativos a la alfabetización científica, la

naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, y la influencia que pueden tener diversos factores del aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia. Se ha considerado necesario incorporar como antecedentes y base teórica del estudio la alfabetización científica, ya que explicita la relevancia que tiene la comprensión de la naturaleza de la ciencia para alfabetizar científicamente al estudiantado.

Este segundo capítulo, centrado en los antecedentes, expone elementos relevantes acerca de los siguientes temas:

- La **alfabetización científica**: describe los objetivos y fines de este planteamiento en la educación científica actual, se realiza una necesaria descripción de su historia, significado y fines; su importancia para la enseñanza de la ciencia; y los objetivos y contenidos factibles de desarrollar en la enseñanza secundaria para promover la alfabetización científica del estudiantado, objetivos, entre los cuales se encuentra necesariamente la comprensión de la naturaleza de la ciencia.
- Las **creencias, concepciones o actitudes del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**: describe las aportaciones de las investigaciones en base a las distintas líneas de investigación desarrolladas en los últimos cuarenta años, desde la valoración de las concepciones del estudiantado hasta las concepciones del profesorado y estudiantado y su relación con la práctica de aula, línea en la cual se centra este estudio. Igualmente, describe aspectos generales de algunas investigaciones clásicas sobre cada uno de los temas.
- Los **factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula**: expone los aspectos relevantes aportados por las escasas investigaciones sobre este tema, particularmente en

relación con la traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula.

- El **capítulo tres, marco teórico de la investigación**, expone los referentes teóricos primarios y secundarios en que hemos basado el estudio.

Este **tercer capítulo** se estructura en base a tres aspectos fundamentales:

- La **naturaleza de la ciencia en la educación científica**: presenta una descripción del significado del concepto naturaleza de la ciencia; la evolución del concepto y de sus definiciones; el rol de las principales metaciencias en la naturaleza de la ciencia; los modelos de la ciencia; la idea actual de la naturaleza de la ciencia, sus fines e importancia en la enseñanza de las ciencias; y los contenidos metacientíficos fundamentales que deberían incluir los actuales currículos, desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias hasta algunos elementos relacionados con la transposición didáctica de este tipo de contenidos.
- Las **actitudes del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**: expone los fundamentos que justifican la relevancia de indagar en el pensamiento del profesor de ciencias; describe la idea de actitud y su diferencia con los conceptos de concepción y creencia utilizados frecuentemente en la investigación didáctica para hacer referencia a lo que piensan o qué idea sustentan el profesorado y estudiantado acerca de la ciencia; y explica la evolución de los estudios acerca de las concepciones que sustentan.
- Los **factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula**:

describe el rol que tienen diversos factores de la enseñanza en la traslación de la naturaleza de la ciencia.

📖 La **tercera parte, o Parte III**, denominada **metodología de la investigación**. Se compone de dos capítulos:

- El **capítulo cuatro, marco teórico del diseño metodológico**, expone las bases teóricas que fundamentan la metodología utilizada en este estudio.
- El **capítulo cinco, diseño de la investigación**, describe y explica el diseño del estudio de campo, la instrumentalización, la muestra y sus principales características.

📖 La **cuarta parte, o Parte IV**, denominada **resultados cuantitativos sobre las actitudes de la naturaleza de la ciencia del profesorado y estudiantado**. Se compone de dos capítulos:

- El **capítulo seis, análisis del cuestionario de actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia**, presenta los resultados de los análisis del cuestionario para valorar las actitudes hacia los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio. Incluye los resultados del análisis de las actitudes del profesorado y estudiantado por cada categoría de la naturaleza de la ciencia.
- El **capítulo siete, análisis de correlación de las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia y las características del profesorado**, expone los resultados y discusión de los análisis de correlación de diversas características del profesorado con los índices actitudinales globales de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia.

📖 La **quinta parte, o Parte V**, denominada **discusión de las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia**. Se compone de tres capítulos:

- El **capítulo ocho, actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia**, discute el significado de los distintos

índices actitudinales obtenidos por el profesorado en cada categoría de la naturaleza de la ciencia. También se contrasta la evidencia con los antecedentes aportados por la literatura y se discute sobre la importancia que tienen los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio para mejorar la comprensión sobre la ciencia, el conocimiento científico, y la enseñanza de las ciencias naturales.

- El **capítulo nueve, actitudes del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**, discute los índices actitudinales obtenidos por el estudiantado en cada categoría de la naturaleza de la ciencia. Se discute la evidencia a la luz de los antecedentes aportados por la literatura. También se discuten las implicaciones que pueden tener las ideas adecuadas o ingenuas en una mejor comprensión de la ciencia.
- El **capítulo diez, similitudes y diferencias en las actitudes del profesorado y del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**, discute las similitudes y diferencias que pueda mostrar la evidencia de las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

 La **sexta parte, o Parte VI**, denominada **resultados y discusión del análisis cuantitativo y cualitativo de los factores de aula y de la entrevista**. Contiene tres capítulos:

- El **capítulo once, análisis y discusión de la observación cuantitativa de los factores de aula**, muestra las tendencias generales que se observan en los índices de los factores del aula y la discusión sobre las tendencias observadas por cada profesor participante en esta etapa del estudio para cada categoría de factores.
- El **capítulo doce, análisis y discusión de la observación cualitativa sobre los factores de aula**, expone los resultados derivados del análisis cualitativo de la observación de los factores

de aula. Se exponen los resultados y discusión de la evidencia para cada categoría de factores.

- El **capítulo trece, análisis cualitativo del contenido de las entrevistas**, expone y presenta los contenidos más relevantes de las entrevistas realizadas a los tres profesores participantes en el estudio cualitativo en relación con la naturaleza de la ciencia y los factores de aula que se investigan.

🖨 La **séptima parte, o Parte VII**, denominada **triangulación de los datos y conclusiones de la investigación**. Se compone de dos capítulos:

- El **capítulo catorce, triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos**, presenta la triangulación de los datos aportados por las distintas fuentes sobre las actitudes del profesorado y de los factores de aula estudiados.
- El **capítulo quince, conclusiones, implicaciones, limitaciones del estudio y futuras investigaciones**, expone las conclusiones del estudio por objetivos, un apartado con conclusiones por grupo, un apartado que expone las consideraciones finales así como también las limitaciones encontradas durante el desarrollo de la tesis, las implicaciones del estudio para la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias, y el planteamiento de algunas posibles investigaciones futuras que consideramos necesarias de desarrollar.

🖨 La **octava parte, o Parte VIII**, denominada **Bibliografía**. Contiene las referencias bibliográficas de la literatura revisada en el estudio.

Así, con esta presentación, en los capítulos siguientes se exponen los distintos apartados que componen esta tesis doctoral.

# **PARTE I PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Problema de la investigación

---

---

En este apartado I se exponen los argumentos que justifican la realización de esta tesis, las preguntas de investigación, algunos aspectos relevantes relacionados con el tema que se investiga, el objetivo general, los objetivos específicos y los supuestos iniciales del estudio.

---

## ***CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN***

### ***1.1 Justificación del estudio***

La presente investigación se justifica desde distintos puntos de vista. En primer lugar, desde un punto de vista personal-profesional, porque pienso que enseñar y aprender es una de las tareas más fascinantes que tenemos el privilegio de realizar los seres humanos. Pienso que la enseñanza de las ciencias tiene la responsabilidad de hacer posible que el estudiantado comprenda que el conocimiento científico implica muchos más aspectos de los que comúnmente llegamos a desarrollar en un aula. Para mí es fundamental que todas las personas, sin importar edad, origen, condición social o cultural, tengan acceso a un conocimiento real de lo que es la ciencia. Este nivel de conocimiento y comprensión es fundamental porque permite a todos los ciudadanos valorar la ciencia como parte de nuestra cultura y la comprensión de la importancia creciente que tiene la ciencia en y para la vida de las personas y para el mundo natural del cual formamos parte.

El tema central que guía este estudio, la naturaleza de la ciencia, me cautivó desde los primeros cursos del doctorado. Pensé que su conocimiento y comprensión tenían un significado enorme dentro del marco teórico-práctico que sustenta mi quehacer como profesora de ciencias. Por tal razón centré mi mirada en esta temática. La ciencia se compone de múltiples dimensiones: comprende conceptos, valores, y contextos; y tiene una base filosófica, histórica sociológica, y cognitiva. Todo ello enriquece el acervo de la cultura humana, y, en este sentido, considero esencial que el profesorado de ciencias se implique en la adecuada transmisión de estas ideas al estudiantado y a todas las personas.

En segundo lugar, desde un punto de vista epistemológico, porque la ciencia, en tanto una forma de conocimiento humano, es tan compleja y fascinante como lo es su enseñanza. Y, desde esta perspectiva, me parece fundamental vincular adecuadamente en el aula ambos aspectos.

En tercer lugar, desde un punto de vista didáctico, porque la ciencia tiene un contexto de enseñanza que comunica a la sociedad los

conocimientos que elabora. Mi propia comprensión del rol que tiene la didáctica de las ciencias y, en particular, de las líneas de investigación que indagan en la relación de la dimensión metacientífica de la ciencia con la mejora de la enseñanza de las ciencias, fue fundamental para centrar la pregunta y los objetivos de este estudio.

Enseñar ciencias no es una tarea fácil. Además de las razones sobradamente conocidas, el profesorado tiene la responsabilidad de desarrollar en el estudiantado una gran diversidad de actitudes, competencias y capacidades en torno al conocimiento científico, que no han formado parte de la tradición de la enseñanza de las ciencias.

En España los avances en las propuestas para la innovación de los currículos de ciencia de la Enseñanza Secundaria y las conclusiones que han emanado de estudios desarrollados en diversas comunidades autónomas han mostrado que el profesorado y estudiantado tienen deficiencias importantes en la comprensión de la dimensión metacientífica de la ciencia. Por tal razón, consideramos necesario profundizar en esta problemática con el fin de contribuir a un mejor conocimiento y comprensión de la misma.

Por todo esto nos hemos implicado en un estudio que indaga en los aspectos que pueden influir en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula. Así, hemos decidido centrar nuestra mirada en las actitudes del profesorado y estudiantado y en los factores del aula que pueden tener relación con la traslación de los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente del profesorado de ciencias. Creemos que los resultados contribuirán a un mejor conocimiento y comprensión del papel de la naturaleza de la ciencia y la influencia que tienen las actitudes y los factores de aula en la enseñanza de los contenidos metacientíficos en la Enseñanza Secundaria (Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato).

Por otra parte, consideramos que un mayor conocimiento y comprensión de la problemática que se investiga puede contribuir al desarrollo de la investigación didáctica, particularmente en lo que se refiere a esta línea de estudio considerada prioritaria. También nos interesa que los resultados obtenidos sean una aportación para una mejor

comprensión de la ciencia por parte del profesorado y esperamos que las conclusiones y consideraciones que señalemos sean una contribución para promover en el profesorado de ciencias una reflexión sobre su práctica y también al enriquecimiento del rol docente del profesorado de ciencias en la sociedad del siglo XXI.

### ***1.2 Preguntas de investigación***

La línea de investigación en que se inscribe este trabajo tiene la propiedad de generar el planteamiento de diversas interrogantes. Así, algunas de las preguntas que han surgido y, a la vez, han permitido configurar la pregunta central y los objetivos del estudio son principalmente las siguientes:

- ¿Qué es la ciencia para el profesorado de la ESO y de Bachillerato?
- ¿Qué entiende por ciencia el estudiantado de estos niveles educativos?
- ¿Qué actitudes tiene el profesorado sobre la naturaleza de la ciencia?
- ¿Qué actitudes tiene el estudiantado de la ESO y de Bachillerato acerca de la naturaleza de la ciencia?
- ¿Se enseñan aspectos de la naturaleza de la ciencia en estos niveles educativos? Si es así, ¿Cuáles y de qué manera se transmiten este tipo de contenidos en el aula? Si no se enseñan ¿Cuál o cuáles serían las causas más probables?
- ¿Qué importancia le atribuye el profesorado a los aspectos metacientíficos en la enseñanza de sus disciplinas?
- Las actitudes del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia, ¿Influyen en la enseñanza y su aprendizaje? ¿De qué manera?

- La presencia o ausencia de factores de aula, ¿influyen en la enseñanza de contenidos de la naturaleza de la ciencia? ¿Cómo? ¿Qué factores son o pueden ser relevantes?
- La actitud del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia, ¿Influye en la forma en que se enseñan los contenidos de ciencia y en si se enseñan o no aspectos metacientíficos de dicho conocimiento?

Todos los elementos señalados antes, más la motivación e interés por el tema, y las aportaciones de la literatura específica han contribuido a esbozar, planificar y realizar la investigación sobre la siguiente pregunta principal:

**¿Cuáles son las actitudes del profesorado y estudiantado y los factores de aula que influyen en la transmisión de la naturaleza de la ciencia en la Enseñanza Secundaria?**

La tesis se centra en una línea de investigación específica y cuyo tema central, la naturaleza de la ciencia, se considera uno de los pilares fundamentales para promover mejoras en la enseñanza de las ciencias y lograr la alfabetización científica del estudiantado. Para iniciar el acercamiento a la temática de la tesis se ha considerado conveniente desarrollar una breve reflexión sobre cuatro aspectos muy vinculados entre sí y que se encuentran en el marco teórico y en el conjunto de la investigación. Esta reflexión se ha desarrollado en la forma de interrogantes que presentamos a continuación.

**1. ¿Cuáles son los fines y objetivos de la educación científica actual?**

La educación científica se enfrenta al difícil reto de entregar a los jóvenes una enseñanza que sea relevante y a la vez útil para su vida futura. Los cambios sociales y el vertiginoso desarrollo de la ciencia y la tecnología en los últimos sesenta años han dejado huellas imborrables en la sociedad. Estos cambios han generado debates sustanciales en torno al papel de la

ciencia en la sociedad, en el currículo escolar y en los fines de la educación científica del siglo veintiuno.

Desde diversos ámbitos, investigadores, profesorado, instituciones internacionales de gran prestigio, políticos, economistas, entre otros, se ha planteado la necesidad de acercar el conocimiento científico a la ciudadanía. Hay concordancia que la visión propedéutica que predominó durante los años sesenta y setenta debe dar paso a una enseñanza de las ciencias con un fuerte énfasis social y humanista, ya que se entiende que la ciencia es un producto de nuestra sociedad, una forma de cultura, y la educación no puede estar al margen de esta realidad.

Para ajustarse a esta situación se plantea una nueva concepción de educación científica centrada en dos grandes finalidades: 1) Formar científicos, pues es fundamental asegurar agentes activos del desarrollo científico y tecnológico (Blanco, 2004); y 2) Formar científicamente a todo el estudiantado y a la ciudadanía en general.

Cabe preguntar ¿Qué significa formar científicamente al estudiantado? A pesar de las múltiples controversias sobre las cuales aún no hay total acuerdo, se puede mencionar que formar científicamente al estudiantado significa, esencialmente, educarlos sobre los hechos, conceptos y habilidades relacionados con el conocimiento científico; prepararlos para entender el rol y el valor de la ciencia; y educarlos en la responsabilidad que tienen como ciudadanos en una sociedad que mantiene crecientes vínculos con el desarrollo científico-tecnológico. En síntesis, significa preparar a las nuevas generaciones en y sobre la ciencia.

El impacto del reconocimiento de la importancia de promover cambios en la enseñanza de las ciencias fue de tal magnitud que en unos pocos años surgieron propuestas orientadas hacia el logro de los fines que se señalan. Así es como aparece a fines de los años cincuenta la idea de la alfabetización científica y posteriormente la propuesta Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y otros planteamientos centrados en el logro de estos mismos objetivos.

La implementación de estas propuestas ha llevado aparejada una revolución en los contenidos, métodos y estrategias de enseñanza que

creemos están haciendo muy difícil su transposición en la práctica de aula. Ello es debido, entre otras razones, a que el profesorado de ciencias ha recibido una escasa formación metacientífica, y, también, porque en la práctica este profesorado percibe que, a pesar de los cambios que se le exigen, debe continuar perpetuando un rol de tecnócrata de la educación, dado que sus concepciones, actitudes, ideas y opiniones normalmente han quedado al margen de la toma de decisiones.

## ***2. ¿Qué es la naturaleza de la ciencia y qué papel tiene en la enseñanza de las ciencias?***

La ausencia de consenso entre filósofos, historiadores, sociólogos de la ciencia, científicos e investigadores en didáctica de las ciencias sobre la definición de naturaleza de la ciencia no ha impedido que su comprensión se considere como uno de los objetivos fundamentales de la educación científica actual. Básicamente, la naturaleza de la ciencia es un constructo que intenta dar cuenta de los aspectos metacientíficos que son relevantes y de valor para la enseñanza de las ciencias. El conocimiento y comprensión de estos aspectos permite establecer ricos vínculos entre qué es, cómo se hace, porqué se hace ciencia, con el contexto formal de su enseñanza, con el propio conocimiento que elabora, y, a su vez, con las ideas y actitudes que tiene el profesorado y estudiantado.

La naturaleza de la ciencia cobra importancia cuando se entiende que tiene un rol en la mejora de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La inclusión de la dimensión metacientífica de la ciencia en la enseñanza permite una mejor comprensión del conocimiento científico que elabora, así como de los múltiples procesos implicados en su construcción. Una enseñanza de las ciencias de esta envergadura, es decir, contextualizada en sus aspectos metacientíficos, supone aportar al estudiantado una visión más completa y amplia del significado de la ciencia que han de aprender. La inclusión de los aspectos epistemológicos, históricos, sociológicos, psicológicos, semánticos, axiológicos, entre muchos otros, que están presentes durante la actividad científica, supone otorgar a la ciencia un mayor sentido e implicar al profesorado y estudiantado en un significativo proceso de reconstrucción del conocimiento científico dentro del aula de ciencias.

### **3. *¿Por qué es importante conocer las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia?***

Promover en el estudiantado una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia es un objetivo primordial de la educación científica actual y uno de los principales atributos de la alfabetización científica. Sin embargo, la consecución de estos objetivos está condicionada a una diversidad de variables, entre las cuales las actitudes del profesorado y del estudiantado tendrían un papel relevante en tanto son el eje vertebrador del proceso educativo (Porlán y López, 1993).

Las aportaciones de las investigaciones han sido fundamentales para conocer que la mayoría del profesorado y estudiantado sustentan ideas inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia<sup>3</sup>. Estas ideas son en su mayoría cercanas a posiciones que predominaron en el primer tercio del siglo veinte, y que estarían fundamentadas en posturas inductivas ingenuas y empíricas probablemente heredadas de la propia cultura escolar y de la sociedad.

Hay que tener en consideración que entre los expertos aún no existe total acuerdo sobre la influencia de las actitudes o ideas del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula. También se menciona que, aunque no se observan conexiones directas, es posible observar tendencias que vinculan las concepciones epistemológicas con las concepciones de enseñanza y aprendizaje (por ejemplo, Pope y Gilbert 1983). Otros autores como Porlán y Martín Del Pozo (1996) son más específicos y afirman que la visión empírica, fuertemente arraigada en el profesorado y estudiantado, sí sería un obstáculo importante para el desarrollo de una epistemología docente constructivista. Para otros investigadores, entre los cuales se encuentra Lederman (1992), esta visión empírica también es un obstáculo importante, pero no es el único sobre el cual hay que prestar atención.

---

<sup>3</sup> Idea inadecuada sobre la naturaleza de la ciencia: las ideas sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia que se basan en un modelo tradicional, erróneo y/o no sustentado total o parcialmente en los actuales planteamientos de la epistemología, historia y sociología de la ciencia y/o de otras metaciencias.

Consideramos que en parte el éxito del nuevo currículo de ciencias se vincula al desarrollo de una práctica de aula distinta a la tradicional (transmisión-recepción, descubrimiento). Por ello es fundamental innovar, pero no sólo desde las formas, sino también desde el fondo. En este sentido, la inclusión de los aspectos metacientíficos tiene un rol esencial para promover cambios en el quehacer del profesorado de ciencias, porque, la mayor parte de las veces, el conocimiento científico se enseña sin tener una clara percepción de la idea de la ciencia que estamos transmitiendo al estudiantado.

#### **4. *¿Qué son los factores de aula y qué rol tienen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente?***

La preocupación por mejorar los aprendizajes sobre los aspectos de la naturaleza de la ciencia y el escaso éxito que estaban teniendo los programas para mejorar las concepciones del profesorado centró la atención de algunos investigadores en factores de aula que podían influir la traslación de estos contenidos.

La importancia de investigar estos factores se justifica por la necesidad de identificar otras variables que probablemente están afectando la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula. Aunque, aparentemente, no hay claridad para definir posiciones sobre la influencia de las concepciones de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula, sí la hay, al parecer, en el momento de reconocer, desde las primeras investigaciones hasta las más recientes, que la traslación de la naturaleza de la ciencia depende también de factores de diversas características que estarían presentes durante la práctica de aula (Abd-El-Kalick y Lederman, 2000b; Lederman, 1985; 1986; 1994, 1999; Lederman y Druger, 1985; Lederman y Zeidler, 1987; entre otros). La influencia de estos factores de aula no se ha tenido siempre en cuenta en la investigación educativa y se le ha prestado una importancia relativa en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (Haukoos y Penick, 1983), a pesar de que dichos factores parecen tener un rol importante en el logro de los objetivos educativos.

### ***1.3 Objetivos de la investigación***

Todos los aspectos presentados y los supuestos que exponemos más adelante nos han permitido formular el siguiente objetivo general:

**Analizar las actitudes del profesorado y estudiantado y la influencia de los factores de aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud.**

De este objetivo principal se desprenden los siguientes objetivos específicos:

1. Describir e interpretar las actitudes del profesorado de ciencias de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud acerca de la naturaleza de la ciencia.
2. Describir e interpretar las actitudes del estudiantado de tercero y cuarto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de primero y segundo de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud acerca de la naturaleza de la ciencia.
3. Describir las similitudes y diferencias en las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio.
4. Examinar si las actitudes del profesorado y del estudiantado ejercen alguna influencia en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula.
5. Describir e interpretar la influencia que ejercen diversos factores de aula en la traslación de los aspectos de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud.

### Preguntas por objetivos

Para concretar estos objetivos proponemos desarrollar y responder adecuadamente a las siguientes preguntas:

- Para el objetivo específico 1:
  1. ¿Qué actitudes tiene el profesorado de ciencias de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud acerca de la naturaleza de la ciencia?
- Para el objetivo específico 2:
  2. ¿Qué actitudes tiene el estudiantado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud acerca de la naturaleza de la ciencia?
- Para el objetivo específico 3:
  3. ¿Hay diferencias en las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia entre el profesorado de ciencias y el estudiantado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud?
- Para el objetivo específico 4:
  4. ¿Las actitudes del profesorado de ciencias y del estudiantado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud influyen en la transmisión de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula?
- Para el objetivo específico 5:
  5. ¿Qué factores de aula favorecen la traslación de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula?
  6. ¿Qué factores de aula obstaculizan la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula?

### ***1.4 Supuestos iniciales del estudio***

Consideramos que las ideas que fundamentan las actitudes del profesorado hacia la naturaleza de la ciencia tienen influencia en la práctica de aula. Creemos que estas ideas y actitudes se transmiten de manera implícita o explícita durante la enseñanza a nivel de conceptos, actividades, procedimientos o en la forma en que se desarrolla la práctica docente en las aulas de ciencias. Al respecto hay que considerar que el profesorado, permanentemente, toma decisiones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje y creemos que sus ideas o actitudes influyen de alguna manera en el momento de orientar las actividades docentes o cuando las ponen en práctica en el aula.

Desde la década de los sesenta las investigaciones advertían que la mayoría del profesorado de ciencias estaba desinformado de los aspectos metacientíficos y que sustentaban visiones inadecuadas de la naturaleza de la ciencia (Hodson, 1988; 1991). Desde entonces los resultados de numerosas investigaciones han llamado la atención sobre este punto al señalar que tanto el profesorado como el estudiantado, mostraba ideas erróneas acerca de la ciencia. Igualmente, también se señala que en muchos casos estas ideas ni siquiera se ajustaban a los modelos formales de la ciencia elaborados en los primeros años del siglo veinte y que estas ideas se encontraban más próximas a las de sentido común, es decir, a las de cualquier persona no formada en la ciencia (Adúriz-Bravo *et al.*, 2002; Fernández, 2000; Kouladis y Ogborn, 1989; Lederman, 1992; Mc Comas, 1998, entre otros).

Consideramos que la mayoría del profesorado y estudiantado sustenta ideas tradicionales sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Estas ideas no se diferenciarían de las ideas encontradas en los antecedentes. Así, consideramos que estas ideas pueden ser un obstáculo importante para desarrollar una mejor enseñanza y aprendizaje del conocimiento científico y de los aspectos metacientíficos que lo fundamentan, y que, por lo mismo, pueden ser un obstáculo para el completo desarrollo y consecución de los objetivos que persigue la educación científica actual, en el sentido de lograr alfabetizar científicamente al estudiantado.

En este sentido, concordamos con las siguientes afirmaciones emanadas de la literatura:

🖨 La mayoría del profesorado y estudiantado tiene creencias o visiones inadecuadas o deformadas respecto la ciencia y la actividad científica. Entre las más comunes se encuentran aquellas que consideran que la ciencia es:

- Un conocimiento absoluto, ingenuo, ateórico, derivado principalmente de la experimentación y la observación. Estas creencias derivan de una concepción empírico-inductiva y ateórica de la ciencia (Acevedo, 1994; Brickhouse, 1989; Burbules y Linn, 1991; Cleminson, 1990; Fernández 2000; Gallagher, 1991; Gil, 1993; Kouladis y Ogborn, 1995; Lederman, 1992 op.cit.; 1999; Mathews, 1991; Mc Comas, 1998; Mc Comas *et al.*, 1998; Mc Comas y Olson, 1998; Porlán y Rivero, 1998, entre otros).
- Un conocimiento rígido, riguroso, algorítmico, infalible, resultado de un método científico caracterizado por un conjunto de etapas a seguir mecánicamente (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Aikenhead 1994; Gallagher 1991; Gil, 1993; Lederman, 1999; Mc Comas, 1998; Manassero *et al.*, 2004; Mc Comas y Olson, 1998; Porlán y Rivero, 1998, entre otros).
- Un conocimiento aproblemático, ahistórico (ergo dogmático y cerrado), en el cual no se hace referencia al contexto histórico ni a los problemas que dieron origen a la construcción del conocimiento científico y tampoco a las dificultades y limitaciones asociadas con su desarrollo y progreso (Acevedo, 1994; Brickhouse, 1994; Cleminson, 1990; Furió, 1994; Gagliardi y Giordan, 1986; Gil, 1993; Lederman, 1999; Mc Comas, 1998; Mc Comas y Olson, 1998, entre otros).
- Un conocimiento que tiene un desarrollo acumulativo y un crecimiento lineal, en el cual no se consideran las crisis y cambios profundos, fruto de procesos que no caben dentro de ningún

modelo establecido de cambio científico (Brickhouse, 1994; Cleminson, 1990; Furió, 1994; Gil, 1993, 1996; Mc Comas, 1998; Mc Comas y Olson, 1998; Mc Comas *et al.*, 1998; Nott y Wellinton, 1998; Porlán y Rivero, 1998, entre otros).

- Un conocimiento descontextualizado y socialmente neutro, que no considera las complejas relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente y exalta una visión simplista de la ciencia (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, 1994; Aikenhead, 1984; Brickhouse, 1994; Cleminson, 1990; Furió, 1994; Gagliardi y Giordan, 1986; Gil, 1993; 1996; Lederman, 1999; Mathews 1991; Mc Comas 1998; Mc Comas *et al.*, 1998; Mc Comas y Olson, 1998; Rubba y Harkenness, 1993, entre otros).
- El profesorado relativiza el papel que tiene la ciencia en la sociedad (Acevedo *et al.*, 2002).

🖼 También señalamos como supuesto de partida del estudio que las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia influyen en la traslación de los contenidos metacientíficos durante la instrucción. Pero también hay que considerar los factores de aula que pueden estar presentes o no durante la práctica docente, y éstos y las actitudes del profesorado pueden tener un papel importante en la traslación de este tipo de contenidos (Lederman, 1985; 1986; 1995; 1999; Lederman y Druger, 1985; Lederman y Zeidler, 1987).

Con esta presentación del problema que se investiga, las preguntas que intentamos responder, los objetivos generales y específicos y los supuestos iniciales sobre el tema introducimos a continuación el apartado que se centra en referentes teóricos que fundamentan esta tesis.



## **PARTE II REFERENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Antecedentes del marco teórico

Marco teórico de la investigación

---

---

En este **apartado II** se profundiza en los antecedentes y en el marco teórico que fundamenta esta tesis. Este apartado se ha organizado en dos grandes capítulos: un primer capítulo más general que explica la relevancia de la alfabetización científica, la vinculación e importancia de la naturaleza de la ciencia con este planteamiento y dentro de un marco más amplio en la educación científica; y un segundo capítulo, el marco teórico, centrado en la naturaleza de la ciencia, en sus fundamentos, los aspectos que justifican su importancia en la enseñanza de las ciencias y sobre los factores de aula que pueden influir en su transmisión durante la práctica docente.

---

## ***CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DEL MARCO TEÓRICO***

En muchos aspectos, los cambios que ha experimentado la sociedad, prácticamente desde sus inicios, han estado estrechamente ligados a los avances logrados en los campos de la ciencia y la tecnología. Basta pensar en el impacto que ha tenido, entre otras innumerables aportaciones, la invención de la rueda, de la imprenta, el motor, las vacunas, la electricidad, el teléfono, la radioactividad, los rayos X, la primera bomba atómica, la televisión, la penicilina, la doble hélice de Watson y Crick, el primer satélite artificial girando alrededor de la tierra, los anticonceptivos, la informática, la tecnología de la comunicación, la ingeniería genética y la nanotecnología, por nombrar algunos.

El interés y preocupación por la educación científica ha existido prácticamente desde el nacimiento de la ciencia. En los siglos XVI y XVII, cuando aún la sociedad occidental estaba impregnada de valores humanistas, M. Faraday y T. Huxley, entre otros científicos, pugaban ya por incorporar la ciencia a las escuelas y defendían la importancia práctica del conocimiento científico y su valor para desarrollar capacidades intelectuales de alto nivel con el fin de lograr un mejor conocimiento y comprensión del mundo natural (De Boer, 1991).

Dos siglos más tarde, en los primeros años del siglo XX, un referente de la enseñanza como John Dewey ya resaltaba que los avances de la ciencia estaban modificando de modo irreversible la vida de las personas y su relación con la naturaleza. En este sentido, en algunos párrafos de su libro “Democracia y Educación” (Dewey, 2002), señaló que:

“El avance de la ciencia ha modificado ya los pensamientos del hombre sobre los propósitos y bienes de la vida en una medida suficiente para dar alguna idea de la naturaleza de esta responsabilidad y de los modos de cumplirla. La ciencia, influyendo en la actividad humana, ha derribado las barreras físicas que anteriormente separaban a los hombres; ha ensanchado inmensamente el área de intercambio; ha promovido la interdependencia de los intereses en una escala

enorme; y ha traído consigo una convicción establecida de la posibilidad de control sobre la naturaleza en interés de la humanidad, y así ha dirigido a los hombres a mirar hacia el futuro en vez de al pasado” (p.193).

También discute sobre el papel preponderante de la enseñanza de las ciencias para el conocimiento y desarrollo de la propia humanidad y en su relación con el mundo natural:

“Sea lo que fuere para el especialista la ciencia natural, para el propósito educativo es el conocimiento de las condiciones de la acción humana. Conocer el medio en que se realiza el intercambio social y los medios, y los obstáculos para su desarrollo progresivo es tener el dominio de un conocimiento de calidad completamente humana. Quien ignora la historia de la ciencia desconoce las luchas por las que ha pasado la humanidad desde la rutina y el capricho, desde la sumisión supersticiosa a la naturaleza, desde los esfuerzos para usarla mágicamente a la auto-posesión intelectual. Es demasiado sabido que la ciencia puede enseñarse como una serie de ejercicios formales y técnicos. Esto ocurre siempre que se hace un fin en sí de la información sobre el mundo. El fracaso de tal instrucción para procurar cultura, no es, sin embargo, una prueba de la antítesis del conocimiento natural respecto a la preocupación humanista, sino la evidencia de una actitud educativa equivocada” (p.197).

Unas pocas décadas después, dos hechos asociados al desarrollo científico-tecnológico dejaron una huella indeleble en la sociedad del siglo XX: el lanzamiento de la primera bomba atómica en 1945 y del primer satélite artificial, el Sputnik, en 1957. El impacto de ambos hechos fue de tal magnitud que, quizás, por primera vez en la historia se reconoció que la ciencia y la tecnología podían producir cambios en la sociedad. Estos hechos contribuyeron a incrementar el interés y también la preocupación por plantear una educación científica más acorde con los cambios que la ciencia y la tecnología estaban produciendo en la vida de las personas, en la sociedad y en el mundo natural.

Las primeras nociones que señalaban que la ciencia y la tecnología formaban parte de la cultura hicieron tomar una mayor conciencia de los cambios sociales que se estaban generando como efecto del vertiginoso avance de ambos conocimientos. La educación científica, que hasta entonces permaneció alejada de los procesos sociales derivados de estos conocimientos, se ve en la necesidad de proponer objetivos cualitativamente diferentes a los que se planteaba, con el fin de adaptarse favorablemente a la evolución que estaba ocurriendo en el mundo social y natural.

Algunos investigadores señalan que el movimiento de reformas y los debates en torno a la educación científica se inició inmediatamente finalizada la segunda guerra mundial. Al parecer, esta idea es más fuerte en los últimos años de la década de los cincuenta, especialmente en Estados Unidos y en el Reino Unido. En estos países es donde se concretaron y aplicaron las primeras propuestas curriculares y programas específicos sustentados en una nueva idea de la enseñanza de las ciencias. Estas propuestas señalaban sustancialmente objetivos orientados a mejorar la comprensión de la vida y del mundo natural, del rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y a potenciar la formación de científicos en las universidades. Pero otros objetivos también solicitaban al profesorado de ciencias desarrollar una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica. Estas propuestas enfatizaban la utilidad de la ciencia y la tecnología para la vida de las personas, y en la necesidad de fomentar en el estudiantado la responsabilidad cívica y la participación en la toma de decisiones sobre cuestiones científico-tecnológicas.

Son casi cinco décadas que la educación científica se encuentra enfrentada al paradigma de cómo hacer posible esta nueva visión de la enseñanza de las ciencias. Durante este tiempo han surgido numerosos eslóganes que sintetizan el logro de estos fines, como, por ejemplo, *Being Scientist for a Day*, *Learning to doing*, *Process, not Product*, *Science for Alls*, entre otros, pero es el planteamiento de la Alfabetización Científica (Scientific Literacy) la que al parecer logra la aceptación más universal.

El rol de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias sólo puede entenderse plenamente a la luz de los grandes fines y objetivos

que tiene la alfabetización científica. Por esta razón, se ha considerado fundamental incorporar como un antecedente base de este estudio las principales ideas que fundamentan esta propuesta para la educación científica.

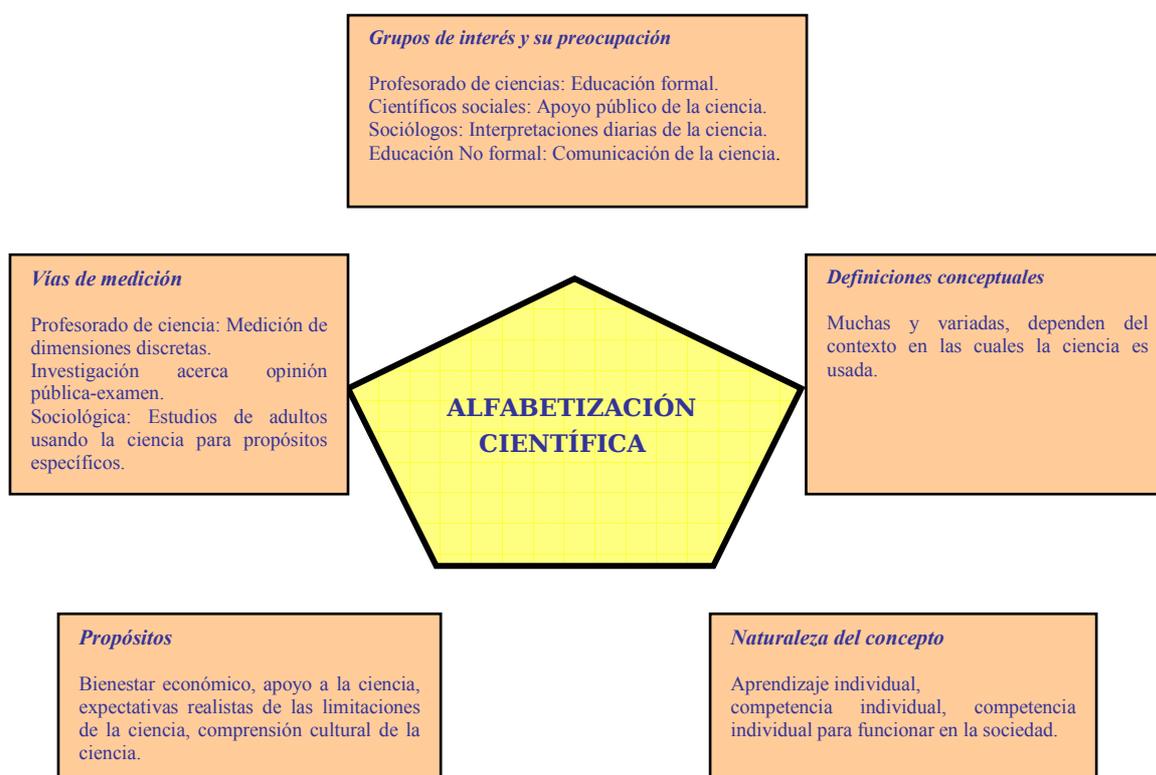
Así es como iniciamos esta primera parte de los antecedentes de este estudio mencionando algunos aspectos de la alfabetización científica que contribuyen a contextualizar el marco teórico de esta investigación.

### ***2.1 La alfabetización científica del estudiantado***

Aunque desde sus inicios el significado y los fines de la alfabetización científica han estado expuestos a la crítica y rechazo, igualmente se reconoce como una de las alternativas más valoradas para mejorar la educación científica (De Boer, 2000). Se señala que la alfabetización científica es un constructo difuso capaz de encerrar múltiples interpretaciones. Pero Shamos (1995) afirma que la falta de claridad y consenso sobre lo que es o debería ser la alfabetización científica se debe a la falta de claridad y de consenso que hay en las raíces de la educación científica. En contraste, Laugksch (2000) muestra una perspectiva más favorable y, aunque afirma que no es posible proponer una definición absoluta de la alfabetización científica, dado que su interpretación está influida por múltiples factores, realiza un aporte importante a su mejor comprensión. Para este autor la alfabetización científica puede tener distintos sentidos, según los grupos de interés, las diferentes definiciones conceptuales del término, la naturaleza absoluta o relativa del concepto, los diferentes propósitos para defender la alfabetización científica y las diferentes vías de medición. En este sentido propone un esquema con distintos factores para interpretar a la alfabetización científica, en donde cada factor tiene diferentes posiciones o facetas que, al combinarse entre sí, originan variadas interpretaciones y percepciones de la alfabetización científica. Al respecto Laugksch (2000) señala que “son estas diferentes interpretaciones las que hacen que la alfabetización científica aparezca como un término mal definido, confuso, y un concepto controvertido” (p. 74). En la figura 1 se representa el concepto de alfabetización científica que propone este autor y que se caracteriza por la inclusión de múltiples

grupos interesados en la alfabetización científica, que enriquecen y amplían notoriamente la idea de alfabetización científica. Uno de estos grupos es la educación formal, considerado como el primer grupo de interés, que incluye al profesorado de ciencias y sus asociaciones, expertos en el desarrollo del currículo de ciencias, y los investigadores en esta área.

**Figura N° 1. Factores que influyen en la interpretación de la alfabetización científica**



*Fuente* Laugksch (2000); Ratcliffe y Grace (2003)

A pesar de las discrepancias, la educación científica ha mostrado un creciente interés en definir la naturaleza, ejecución, y reformas de los sistemas educativos a partir de diversos planteamientos de los grupos involucrados en la alfabetización científica. Así, algunos de los temas fundamentales que han motivado a considerar a la alfabetización científica como una base para estos cambios, según Laugksch (2000 op.cit.), están relacionados con:

1. Los fines de la educación científica, en el sentido de porqué enseñar ciencias y qué forma deberían tomar los contenidos de ciencia.
2. Cómo incorporar de manera exitosa al currículo de ciencias las habilidades personales, actitudes y valores implicados en los fines de la educación científica y que sean efectivamente enseñados por el profesorado.
3. La calidad y naturaleza de los recursos requeridos para lograr eficientemente estos fines, como, por ejemplo, los textos de clases.
4. Medidas apropiadas de valoración para averiguar la extensión de los fines de la educación científica.

La preocupación fundamental de este primer grupo de interés era la relación entre la educación formal y la alfabetización científica. Interés que se centró inicialmente en la enseñanza secundaria, y que posteriormente se fue extendiendo a la enseñanza primaria y universitaria.

Por otra parte, las aportaciones de otros grupos de interés, como, por ejemplo, científicos sociales o sociólogos, también han sido determinantes, porque han centrado su interés en la alfabetización científica de individuos que no pertenecen al sistema educativo formal, como, por ejemplo, los adultos. De esta manera se ha desarrollado un interés en promover la alfabetización científica en toda la ciudadanía sin importar la edad y condiciones socioculturales (Laugksch, 2000 op.cit.).

Hay que considerar que los planteamientos de la alfabetización científica se extienden mucho más allá de la enseñanza formal de las ciencias. De ahí que las aproximaciones que se señalan en esta revisión están centradas, fundamentalmente, en las aportaciones del primer grupo de interés, la educación científica en la enseñanza formal.

En el siguiente apartado se exponen algunos aspectos relacionados con la evolución que ha experimentado la idea de alfabetización científica desde su creación.

### **2.1.1 Evolución de la idea de alfabetización científica**

La alfabetización científica se citó como un referente sustancial para señalar los nuevos propósitos de la educación científica de Estados Unidos durante la década de los años cincuenta. Desde entonces, y especialmente en los últimos años, ha trascendido las fronteras de los países más desarrollados para convertirse en un término utilizado a nivel global que expresa los grandes objetivos y finalidades de la educación científica contemporánea (Laugksch 2000 op.cit.; Wei y Thomas, 2005).

Para muchos la alfabetización científica o comprensión pública de la ciencia o *Public Understanding of Science*, como es referida usualmente en Europa y Gran Bretaña (Stocklmayer y Gilbert 2002), es el término que mejor expresa los propósitos generales de la educación científica actual (Trowbridge *et al.*, 2004), y su comprensión se considera vital para participar en la vida moderna (Ratcliffe y Grace, 2003).

En los últimos cuarenta años se han señalado diversos propósitos y características para la alfabetización científica. Por esta razón en esta revisión se exponen las ideas centrales que han contribuido a configurar el concepto, los propósitos y los contenidos de esta propuesta desde su creación.

#### **Década de 1950**

Se dice que la alfabetización científica tiene sus raíces culturales en el siglo XVI con el nacimiento de la ciencia moderna en occidente (Hurd, 1998). Sin embargo, es en la década de 1950 cuando se concreta por primera vez para hacer referencia a los fines, necesidades y desafíos que planteaba la educación científica de Estados Unidos.

El término se cita en tres ocasiones durante el año 1958 en los trabajos de Paul Dehart y de Richard Mc Curdy del Rockefeller Brothers Foundations (DeBoer, 2000 op.cit.). En junio de 1958 el Rockefeller Brothers Foundations presenta un informe sobre la situación educacional en Estados Unidos. Este informe invitaba a responder cómo debería hacer frente el país a los inesperados cambios que estaban produciendo los descubrimientos científico-tecnológicos y a las complejas relaciones que

comenzaban a establecerse en la sociedad como resultado de este mismo desarrollo. La comprensión de estos cambios fue el impulsor que promovió la idea de fortalecer la educación de los científicos, matemáticos e ingenieros, pero también de la ciudadanía, por medio de la alfabetización científica.

Unos meses más tarde, en octubre, Paul Dehart Hurd señala de manera explícita el término alfabetización científica para plantear los nuevos fines de la educación científica en Estados Unidos. Estos planteamientos coinciden con los del informe del Rockefeller Brothers Fundations, que también enfatizaba nuevas aproximaciones educativas para hacer frente a los acelerados cambios derivados de los avances de la ciencia y la tecnología. Al mismo tiempo, Richard Mc Curdy, presidente de la industria química Shell, coincidió con los dos estudios anteriores, pero incorporando también la idea de alfabetización tecnológica con el fin de preparar al estudiantado en los aspectos humanos y cívicos relacionados con los cambios que estaban produciendo los avances en este campo.

### **Década de 1960**

En el inicio de esta década, la alfabetización científica se utiliza para señalar propósitos divergentes para la educación científica. Por una parte, se hacía alusión a este concepto como una respuesta a la necesidad de desarrollar en los ciudadanos una mejor comprensión de la actividad científica, de la ciencia y de su potencial para contribuir al bienestar humano, y, por otra, se señalaba también como propósito de dicha acepción el mejorar la comprensión de conceptos claves de la ciencia. Otras concepciones de alfabetización científica emanadas en esta década mencionaban también la capacidad de leer y comprender la ciencia. Tal es así que Shamos (1963) caracterizó la alfabetización científica como el conocimiento de la ciencia en un sentido humanista y orientada a desarrollar la capacidad para leer o hablar de ciencia con otros en un nivel de no expertos.

La asociación nacional de profesorado de ciencias de Estados Unidos (NSTA, 1964) señalaba en *The theory into action* que la educación científica debería promover la alfabetización científica de los ciudadanos.

Por lo cual, según esta institución, una persona científicamente alfabetizada es aquella que conoce algo sobre el papel de la ciencia en la sociedad, aprecia las condiciones culturales en las que la ciencia se desarrolla y conoce también los conceptos y procedimientos de la investigación científica.

A mediados de los sesenta, la alfabetización científica se clarifica por varios investigadores y organizaciones (Bybee, 1997). Uno de los estudios más representativos de esta clarificación fue desarrollado por Pella *et al.* (1966), quienes examinaron cien artículos para determinar qué dice la literatura especializada en la enseñanza de las ciencias respecto la alfabetización científica. De los resultados emergieron seis tipos de referencias acerca de la alfabetización científica (los números entre los paréntesis indican la frecuencia en que se citaban en la literatura revisada):

- Relación entre ciencia y sociedad (67)
- Ética de la ciencia (59)
- La naturaleza de la ciencia (51)
- Conocimiento conceptual (26)
- Ciencia y tecnología (21)
- Ciencia y humanidades (21)

Pella *et al.* (1966) evidenciaron que los propósitos fundamentales que se señalaban para la alfabetización científica estaban centrados fundamentalmente en tres finalidades: la preparación de futuros científicos; proveer un amplio conocimiento para la formación de carreras técnicas; y aportar conocimientos para favorecer una efectiva ciudadanía. Aunque en este estudio no se llega a proponer una definición para la alfabetización científica, los autores afirman, de la evidencia obtenida, que una persona alfabetizada científicamente debería tener las siguientes capacidades:

- Comprender las relaciones entre la ciencia y la sociedad,
- Comprender los métodos y procesos de la ciencia,

- Tener conocimientos sobre los conceptos fundamentales de la ciencia,
- Comprender las diferencias entre la ciencia y la tecnología, y
- Comprender las relaciones entre las ciencias y las humanidades, o mejor aún, mirar la ciencia como una parte de la humanidad.

A pesar de los avances cualitativos en la caracterización del término, lo cierto es que en la práctica los propósitos de la alfabetización científica estaban orientados al desarrollo de contenidos científicos. La alfabetización científica implicaba familiarizarse con el método científico, lograr un suficiente conocimiento en algunos de los campos de la ciencia, y la comprensión del conocimiento científico y sus avances (Carlton, 1963). Sin embargo, las relaciones entre ciencia y sociedad y la aplicación a problemas de la vida diaria tenían aún escasa atención por parte de científicos y del profesorado de las disciplinas científicas. La tabla 1 resume algunas de las características que definían la alfabetización científica durante esta década (Bybee, 1997 op.cit.).

**Tabla Nº 1. Características de la alfabetización científica durante la década de 1960**

National Science Teachers Association (NTSA, 1964)		Hurd y Gallagher (1966)	Pella, O’Hearn & Gale (1966)
<b>Esquema conceptual</b>	<b>Procesos de la ciencia</b>		
1. Toda la materia está compuesta de unidades llamadas partículas fundamentales. Bajo ciertas condiciones, estas partículas pueden ser transformadas en energía y viceversa. 2. La materia existe en la forma de unidades que pueden ser clasificadas jerárquicamente en niveles de organización. 3. El comportamiento de la materia en el universo puede ser descrito sobre	1. La ciencia procede sobre la idea basada en siglos de experiencia, que el universo no es caprichoso. 2. El conocimiento científico se basa en la observación de muestras que son accesibles a la investigación pública en contraste con la inspección puramente privada. 3. La ciencia procede de una manera. Siempre pensando en objetivos y el logro de una comprensión sistemática y extensa de	1. Apreciar el desarrollo socio/histórico de la ciencia. 2. Conocer los fines de la ciencia moderna. 3. Comprender y apreciar la relación cultural y social de la ciencia. 4. Reconocer la responsabilidad social de la ciencia.	1. Interrelación entre ciencia y sociedad. 2. Ética de la ciencia. 3. Naturaleza de la ciencia. 4. Conocimiento conceptual.

<p>bases estadísticas.</p> <p>4. Las unidades de la materia interactúan. Las bases de toda interacción ordinaria son electromagnéticas, gravitacional y fuerzas nucleares.</p>	<p>varios sectores y aspectos de la naturaleza.</p> <p>4. La ciencia no es, y probablemente nunca será, una empresa finita, y recuerda ser el origen de descubrimientos acerca de cómo se comportan las cosas en el universo y como interactúan.</p>		
<p>5. Todas las unidades de la materia tienden hacia el estado de equilibrio en las cuales la energía contenida (entalpía) es mínima y la distribución (entropía) es más azarosa. En los procesos de mantener el equilibrio, la transformación de la energía o de la materia o de materia-energía la suma de la materia y la energía en el universo permanece constante.</p> <p>6. Una de las formas de energía es el movimiento de las unidades de la materia. Este movimiento es responsable del calor y la temperatura, y por el estado de la materia.</p> <p>7. Toda la materia existe en el tiempo y espacio en donde ocurren interacciones entre unidades. La materia es un objeto que en algún grado cambia con el tiempo. Estos cambios pueden ocurrir en varias tasas y patrones</p>	<p>. 5. Las mediciones son un rasgo importante de muchas ramas de la ciencia moderna, porque la formulación y establecimiento de leyes son facilitadas a través del desarrollo de distinciones cuantitativas.</p>		<p>5. Ciencia y tecnología.</p>

Fuente Bybee (1997)

### **Década de 1970**

En esta década los revolucionarios cambios en la naturaleza y práctica de la ciencia revelan la necesidad de reexaminar los propósitos de la educación científica (Hurd, 1998 op.cit.). Este autor plantea que en esta década fue necesario repensar los fines y objetivos de la educación científica poniendo un mayor énfasis en la comprensión de la ciencia y de la tecnología para todo el estudiantado, indistintamente de si continuaban o no estudios en estas áreas del conocimiento. Durante este periodo se esperaba que los propósitos de la alfabetización científica llegaran a representar los fines deseables de la educación científica y de la enseñanza en general. Las nuevas propuestas para el marco teórico y los propósitos de la alfabetización científica se muestran menos divergentes que en el periodo anterior. Así, se fortaleció la idea de enseñar la ciencia en relación con los problemas humanos y de la vida diaria; y se señala la necesidad de contrastar las diversas categorías que conforman la nueva concepción de alfabetización científica. Aunque los conceptos de ciencia están presentes, se enfatizó la necesidad de enseñar con un considerable equilibrio la naturaleza de la ciencia, el contexto social en que se desenvuelve, las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, los procesos de la ciencia y la dimensión humana de la actividad científica (De Boer, 2000 op.cit.; Laugksch, 2000 op.cit.).

En 1971 la asociación nacional de profesorado de ciencias (NSTA, EEUU) señala que el propósito esencial de la educación científica de los setenta es el de desarrollar individuos alfabetizados personal y científicamente y con altas competencias para pensar racionalmente y para la acción. Esta misma organización propone que, para hacer posible estos logros, el currículo debería contener equilibradamente esquemas conceptuales; los conceptos y los procesos de la ciencia, incluyendo procesos racionales del pensamiento; los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología; y los valores derivados de la actividad científica (Bybee, 1997 op.cit.). Estos mismos fines para la renovación de la enseñanza de las ciencias se expresaron en el Reino Unido por la asociación de educación científica (Ainkenhead *et al.*, 1987).

Durante esta década se elaboraron nuevas definiciones operacionales para la alfabetización científica, que exponen claramente el significado que adquiere el término en este periodo. En este sentido, las aportaciones de Agin (1974); O'Hearn (1976); y Shen (1975); Showalter (1974) no sólo son fundamentales en la clarificación del término y sus propósitos, sino que también abordan aspectos más específicos sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde esta nueva perspectiva de la educación científica. Las aportaciones de Agin (1974), además de estar basadas en una extensa revisión de la literatura y en la participación de numerosos científicos y profesorado de ciencias, proveen elementos teóricos para la enseñanza de la ciencia desde esta nueva perspectiva. Al mismo tiempo, Showalter (1974) dirigió el programa Educación Científica Unificada, en el cual propuso un marco teórico de la alfabetización científica basado en siete dimensiones que se ven como un continuum a lo largo del progreso de las personas. Básicamente, lo que estos autores proponían era la enseñanza de las ciencias a todos los ciudadanos y donde el nivel de profundización de la alfabetización científica estuviera relacionado con el grado de acercamiento que tienen las personas con la ciencia.

Por otra parte, O'Hearn (1976) resaltó las deficiencias de los programas respecto las implicaciones sociales y culturales que tiene la ciencia y abordó también algunas consideraciones acerca del rol que debería tener el profesor desde esta nueva perspectiva educativa. Shen (1975) realizó aportaciones únicas y valiosas en la investigación de la alfabetización científica al señalar las dimensiones prácticas, cívicas y culturales que debería contener este planteamiento.

Así, es posible visualizar que durante esta década se delimita y clarifica la idea de alfabetización científica, pero aún existen impedimentos para definirla operacionalmente. Se discute que no es posible alfabetizar científicamente a todas las personas, porque no todos pueden alcanzar similares niveles de comprensión de los aspectos y contenidos que la componen. Se alude particularmente a la diversidad de capacidades y habilidades que cada persona puede expresar (Pella, 1976).

Aunque durante esta década se incrementaron las aportaciones sobre el significado de la alfabetización científica y de la propia enseñanza de las ciencias, había preocupación por la escasa preparación que tenía el profesorado para enfrentar los desafíos educativos. Se menciona entonces que el profesorado de ciencias es el principal responsable de promover en el aula cambios que aún ni el mismo logra comprender (Evans, 1970).

La tabla 2 sintetiza los principales aspectos que aluden a la idea de la alfabetización científica en la década de los setenta (Bybee, 1997 op.cit.).

**Tabla Nº 2. Características de la alfabetización científica durante la década de 1970**

Agin (1974)	Showalter (1974)	Shen (1975)
1. Ciencia y tecnología 2. Ética de la ciencia 3. Naturaleza de la ciencia 4. Conocimiento de los conceptos de la ciencia 5. Ciencia y tecnología 6. La ciencia y las humanidades	1. Naturaleza de la ciencia 2. Conceptos de la ciencia 3. Procesos de la ciencia 4. Valores de la ciencia 5. Ciencia y sociedad 6. Interés en la ciencia 7. Habilidades asociadas con la ciencia	1. Alfabetización práctica de la ciencia 2. Alfabetización cívica de la ciencia 3. Alfabetización cultural de la ciencia

*Fuente* Bybee (1997)

 **Década de 1980**

Una idea importante que se tiene en cuenta de la alfabetización científica es la interdependencia entre la ciencia y la sociedad. Yager (1983) considera que la comprensión de esta relación debería ser la base de la educación científica. Esta visión sociológica y política de la educación científica estimula el debate entre los investigadores en enseñanza de las ciencias sobre el lugar que deberían tener estos aspectos en el currículo (Bybee, 1987 op.cit.). A pesar de la creciente aceptación de esta visión, hay detractores como Kromhout y Good (1983), que enfatizan en el método científico como la estructura más coherente y el corazón y alma de la educación científica contemporánea. Sin embargo, Bybee (1987 op.cit.) intenta reconciliar esta dialéctica subrayando que los fines de la educación científica deberían reformularse para incluir la dimensión social y personal, a la vez que el desarrollo del razonamiento lógico, y así favorecer un

contexto para el conocimiento y los procesos de la ciencia y para los fines de las carreras orientadas a la enseñanza de las ciencias. Señala que es un error considerar que todo el currículo debería estar basado sobre estos aspectos, pero que, sin embargo, estos temas pueden favorecer un mejor aprendizaje de la ciencia y la tecnología, porque desde estas nuevas perspectivas ambos conocimientos se presentan en un contexto personal y social más significativo. Este mismo autor señala que reconocer que la educación científica es una institución social, lo cual ocurre escasamente, facilitaría una mejor comprensión de sus objetivos y de la educación en general.

En esta década se exponen diversas definiciones para la alfabetización científica, como las aportadas por la Asociación Nacional de Profesorado de Ciencias (NSTA, 1982), la Comisión Nacional para la Excelencia en Educación (NCEE, 1983), Miller (1983), y la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS 1989). En este sentido Miller (1983) propone un modelo multidimensional de alfabetización científica que se compone de tres dimensiones y que se ha considerado como una aportación importante para la consolidación de este concepto. Estas tres dimensiones son:

- Comprensión de las normas y métodos de la ciencia, donde se da relevancia a la naturaleza de la ciencia.
- Comprensión de los términos y conceptos claves de la ciencia, como, por ejemplo, los contenidos del conocimiento científico.
- Comprensión del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

Por otra parte, Bybee (1997) señala que, a pesar de ciertas debilidades, la definición aportada por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (1989) representaría el principal descubrimiento de la investigación sobre alfabetización científica. La definición de alfabetización científica aportada por esta institución se considera como una de las más extensas e innovadoras en la historia de la educación científica. Esta definición, además de contener la naturaleza e historia de la ciencia y de la tecnología, enfatiza la conexión entre las distintas disciplinas

(interdisciplinaridad), así como también un amplio marco conceptual del conocimiento científico. Así, esta definición señala que una persona alfabetizada científicamente es:

“Quien comprende que la ciencia, la matemática y la tecnología son interdependientes, que la ciencia es una empresa humana con fortalezas y limitaciones, y comprende los conceptos claves y los principios de la ciencia; está familiarizado con el mundo natural y reconoce en ambos la unidad y la diversidad, y utiliza el conocimiento y el razonamiento científico con propósitos individuales y sociales” (p.4).

A pesar de la trascendencia de las propuestas aportadas por investigadores y organizaciones estadounidenses, la idea de formar ciudadanos científicamente cultos alcanza aún una mayor relevancia cuando en 1985 la Real Sociedad Británica publica el informe *The Public Understanding of Science*, que emplaza a distintos actores de la sociedad (científicos, profesorado, políticos, medios de comunicación, entre otros) a promover la comprensión pública de la ciencia. Esta institución británica señala que para la sociedad es deseable un ciudadano científicamente educado, porque esta situación produce beneficios sobre la prosperidad nacional, la economía, las políticas públicas, las decisiones personales, la vida diaria, la comprensión del riesgo e incertidumbre, y el pensamiento contemporáneo y la cultura (Stocklmayer y Gilbert, 2002).

Durante esta década, muchos países inician una evaluación crítica de los proyectos educativos de los años anteriores y plantean cambios en los enfoques de la educación científica. Así, los propósitos de la alfabetización científica se convierten en un referente para las políticas educativas de muchos países desarrollados, como, por ejemplo, Canadá, Reino Unido y Noruega (Bybee, 1997 op.cit.). En este periodo hubo un gran impulso de la alfabetización científica, así como la concreción de diversos programas y proyectos educativos de gran envergadura centrados en promover los nuevos objetivos para la educación científica, como el Proyecto 2061 (Estados Unidos), PLON (Noruega), SATIS (Inglaterra), *Science Plus* (Canadá), por nombrar algunos.

A pesar de los avances en la aceptación de los planteamientos de la alfabetización científica, en esta década aún persiste la duda sobre el grado de participación del profesorado para producir los cambios requeridos en la práctica de aula (Tobin, 1988). En este sentido, Roberts (1988) hace una dura crítica al profesorado de ciencias sobre el cual señala “el profesorado espera que el estudiantado aprenda los nuevos objetivos por osmósis” y también vierte un duro comentario sobre la actitud del profesorado frente a los cambios al señalar que “muchos profesores cuando reciben documentos del nuevo currículo lo echan a cara o cruz y lo ponen en la estantería para coger polvo” (p.43).

La tabla 3 señala algunas de las características de la alfabetización científica en la década de 1980 (Bybee, 1997 op.c. cit.). Se visualiza la relevancia que adquiere la naturaleza de la ciencia durante la década en el énfasis que otorgan todas las propuestas a una o más dimensiones de la naturaleza de la ciencia.

**Tabla Nº 3. Características de la alfabetización científica durante la década de 1980**

National Science Teachers Association (NSTA, 1982)	National Commission on Excellence in Education (NCEE, 1983)	Miller (1983)	American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1989)
1. Procesos científicos y tecnológicos y habilidades de investigación. 2. Conocimiento científico y tecnológico. 3. Habilidades y herramientas de la ciencia y la tecnología en decisiones personales y sociales. 4. Actitudes, valores y apreciación de la ciencia y la tecnología. 5. Interacción entre Ciencia-Tecnología-Sociedad como vía contexto de la ciencia relacionada con problemas sociales.	1. Conceptos, leyes y procesos de las ciencias físicas y biológicas. 2. Métodos de investigación científica y razonamiento. 3. Aplicación del conocimiento a la vida diaria. 4. Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo científico y tecnológico.	1. Aproximaciones científicas. 2. Constructos básicos de la ciencia. 3. Problemas políticos de la ciencia.	1. Naturaleza de la ciencia. 2. Naturaleza de la matemática. 3. Naturaleza de la tecnología. 4. El mundo físico. 5. Ambiente de la vida. 6. Organismo humano. 7. Sociedad humana. 8. Diseño del mundo. 9. Mundo de la matemática. 10. Perspectivas históricas. 11. Temas comunes. 12. Hábitos de la mente.

Fuente Bybee (1997)

### **Década de 1990**

Bybee (1997 op.cit.) acierta al señalar los noventa como el periodo de clarificación y crítica de la alfabetización científica. En esta década se produce una amplia aceptación en la comunidad científica y en la educación científica sobre la necesidad de promover la alfabetización científica en el estudiantado y en la población en general (Bingle y Gaskell, 1994); en el reconocimiento de dicha alfabetización como un importante desafío social (Sjøberg, 1997); y en ser reconocido como el único término capaz de expresar los propósitos de la educación científica contemporánea.

En esta etapa también se produce una fuerte crítica al concepto y los propósitos de la alfabetización científica provenientes de Shamos (1995). Shamos expone una de las críticas más significativas y también más citadas sobre la alfabetización científica al afirmar que ésta es una propuesta impracticable y que es una ingenuidad creer que es posible alfabetizar a todo el estudiantado. También señala que la ausencia de una definición operacional impide que pueda medirse y valorarse, por lo cual debería considerarse como un recurso subjetivo y una anécdota de los méritos del nuevo currículo de ciencias. Según este autor, la alfabetización científica es una utopía y, para muchas personas posiblemente, un conocimiento innecesario. Al respecto este autor sostiene:

“Es triste, pero es un hecho simple que no es necesario ser alfabetizado en ciencias (o matemáticas) para ser exitoso en muchas tareas o para dirigir bien la vida (...). No todo el estudiantado está interesado en los problemas que afectan a la sociedad en general, lo cierto es que el calentamiento del planeta, el poder nuclear o el ambiente son problemas remotos para sus experiencias personales” (p.98).

Contrarios a la afirmación de Shamos, desde mediados de esta década y hasta ahora, numerosos investigadores en educación científica (Bybee, Hodson, Jenkins, Fensham, entre otros), así como diversos organismos internacionales (por ejemplo, UNESCO, ICSU, OECD), reconocen que la escuela necesita responder a los cambios en el contexto

social y ayudar a preparar a los jóvenes para que, como ciudadanos, contribuyan a transformar el mundo en el que vivirán (Jenkins, 1999).

Esta necesidad se plantea también en la Declaración de Budapest (Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico) emanada de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI (UNESCO-ICSU 1999). Así, en algunos de los puntos del preámbulo, se puede entender el nuevo rol que asume la ciencia y la tecnología en la sociedad y, a la vez, la responsabilidad de los distintos sectores, especialmente aquellos que generan las políticas y recursos, para desarrollar una cultura científica en todos los ciudadanos:

“Todos vivimos en el mismo planeta y formamos parte de la biosfera. Reconocemos ahora que nos encontramos en una situación de interdependencia creciente y que nuestro futuro es indisoluble de la preservación de los sistemas de sustentación de la vida en el planeta y de la supervivencia de todas las formas de vida. Los países y los científicos del mundo deben tener conciencia de la necesidad apremiante de utilizar responsablemente el saber de todos los campos de la ciencia para satisfacer las necesidades y aspiraciones del ser humano sin emplearlo de manera incorrecta” (Párrafo N° 1 del preámbulo).

También expresa que:

“En nuestros días, aunque se perfilan avances científicos sin precedentes, hace falta un debate democrático vigoroso y bien fundamentado sobre la producción y la aplicación del saber científico. La comunidad científica y los políticos deberían tratar de fortalecer la confianza de los ciudadanos en la ciencia y el apoyo que le prestan mediante ese debate. Para hacer frente a los problemas éticos, sociales, culturales, ambientales, económicos, sanitarios y de equilibrio entre los géneros es indispensable intensificar los esfuerzos interdisciplinarios recurriendo a las ciencias naturales y sociales. El fortalecimiento del papel de la ciencia en pro de un mundo más equitativo, próspero y sostenible requiere un compromiso a largo plazo de todas las partes interesadas,

sean del sector público o privado, aumentando las inversiones, revisando en consecuencia las prioridades en materia de inversión y compartiendo el saber científico” (Párrafo N° 4 del preámbulo).

En otros de los numerosos párrafos se reconoce el rol dialéctico de la ciencia y la tecnología como un beneficio para la humanidad en todos los sentidos (salud, economía, bienestar etc.), pero también como una actividad altamente desestabilizadora del equilibrio social y natural. Se lee por ejemplo:

“El lugar que ocupan las ciencias naturales en la actualidad y la dirección que están tomando, el impacto social que han tenido y lo que espera de ellas la sociedad. (...). Que en el siglo XXI la ciencia debe convertirse en un bien compartido solidariamente en beneficio de todos los pueblos; que la ciencia constituye un poderoso instrumento para comprender los fenómenos naturales y sociales; y que desempeñará probablemente un papel aún más importante en el futuro a medida que se conozca mejor la complejidad creciente de las relaciones que existen entre la sociedad y el medio natural (...). Que el acceso al saber científico con fines pacíficos desde una edad muy temprana forma parte del derecho a la educación que tienen todos los hombres y mujeres; y que la enseñanza de la ciencia es fundamental para la plena realización del ser humano, para crear una capacidad científica endógena y para contar con ciudadanos activos e informados” (Párrafo N° 7, 8 y 10 del considerando).

“Que algunas aplicaciones de la ciencia pueden ser perjudiciales para las personas y la sociedad, el medio ambiente y la salud de los seres humanos e incluso poner en peligro la supervivencia de la especie humana, y que la contribución de la ciencia es indispensable a la causa de la paz y el desarrollo y a la protección y la seguridad mundiales” (Párrafo N° 20 del considerando).

Más adelante, en el párrafo treinta y cuatro de la proclamación, se alude a la trascendente tarea de alfabetizar científicamente a todos los

ciudadanos sin distinción de raza, género o nación, para así desarrollar una cultura democrática e informada en los aspectos relativos a la ciencia y la tecnología:

“La enseñanza de las ciencias, en sentido amplio, sin discriminación y que abarque todos los niveles y modalidades es un requisito previo esencial de la democracia y el desarrollo sostenible. En los últimos años se han tomado medidas en todo el mundo para promover la enseñanza básica para todos. Es esencial que se reconozca el papel primordial desempeñado por las mujeres en la aplicación del perfeccionamiento del saber científico a la producción de alimentos y a la atención de salud, y que se desplieguen esfuerzos para mejorar la comprensión de los progresos científicos alcanzados en esos terrenos. La enseñanza, la transmisión y la divulgación de la ciencia deben construirse sobre esta base. Los grupos marginados aún requieren una atención especial. Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y todos los sectores de la sociedad, así como las capacidades de razonamiento, las competencias prácticas y una apreciación de los principios éticos, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos. Habida cuenta de los progresos científicos, es especialmente importante la función de las universidades en la promoción y la modernización de la enseñanza de la ciencia y su coordinación en todos los niveles del ciclo educativo. En todos los países, especialmente en los países en desarrollo, es preciso reforzar la investigación científica en los programas de enseñanza superior y de estudios de postgrado tomando en cuenta las prioridades nacionales” (Párrafo nº 34).

Como se ha señalado antes, Shamos (1995 op.cit.) en *The Myth of Scientific Literacy* expresó que la alfabetización científica era una utopía, pero no se debe olvidar que la educación en general y la enseñanza de las

ciencias, en particular, han navegado muchas veces en este rumbo, hacia lo que parece inalcanzable.

En 1996, en el informe de estándares nacional de la educación científica publicado por *National Research Council* (de sus siglas en inglés NRC) se ha mencionado una definición de alfabetización científica que hasta ahora tiene una amplia aceptación entre los investigadores en el área de la enseñanza de las ciencias. Sobre esta, De Boer (2000 op.cit.) observa que es una definición amplia e incluye prácticamente todos los objetivos de la educación científica que se han identificado a través de los años:

“Alfabetización científica significa que una persona puede preguntar, buscar o determinar respuestas a cuestiones derivadas de la curiosidad acerca de las experiencias de la vida diaria. Esto significa que la persona tiene la habilidad para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. La alfabetización científica supone ser capaz de leer y comprender artículos sobre ciencia en la prensa popular y emplearlos en una conversación social para validar sus conclusiones. La alfabetización científica implica que una persona pueda identificar problemas científicos subrayando decisiones nacionales y locales y expresando posiciones científicas y técnicas informadas. Una persona científicamente alfabetizada debe estar capacitada para evaluar la calidad de la información científica en base a su origen y los métodos usados para generarla. La alfabetización científica también implica la capacidad de plantear y evaluar argumentos basados en la evidencia y aplicar conclusiones sobre estos argumentos apropiadamente” (p.63).

Para otros autores como Bybee (1997 op.cit.) la alfabetización científica es:

- Una metáfora referida a los propósitos de la educación científica. Enfatiza una orientación general de la educación.
- Expresa normas o estándares para los programas de educación científica, métodos y evaluación.

- Ilustra diversas perspectivas de la educación científica.
- Representa un continuum de comprensiones.
- Incorpora múltiples dimensiones.
- Incluye a la ciencia y la tecnología.

Por otra parte, Hand *et al.* (1999) aportan un componente emocional a la definición, expresando así la importancia que adquiere el contexto personal en el aprendizaje de las ciencias:

“La alfabetización científica contemporánea implica habilidades y la disposición emocional para construir la comprensión de la ciencia, las grandes ideas de la ciencia, informes para comunicar a otros estas ideas científicas y persuadir para tomar acciones informadas. Una amplia definición de alfabetización científica supone la interdependencia de las dimensiones de la naturaleza de la ciencia e investigación científica; el razonamiento y creencias epistemológicas en la construcción del conocimiento; y la difusión y aplicación del conocimiento científico. Y también supone una disposición positiva hacia la participación en debates públicos sobre temas científicos” (p.21).

También, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD, 1998) respecto la alfabetización científica señala: “Es la capacidad para combinar conocimiento con la habilidad para extraer evidencia basada en conclusiones para comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y los cambios derivados de la actividad humana” (p. 5).

De esta manera, se ha podido ver que la alfabetización científica se constituye en un concepto dinámico que ha evolucionado desde sus contenidos y formas hasta constituirse en una idea amplia y a la vez profunda que pretende interpretar y explicar el sentido de la educación científica en su plano formal e informal.

Como se evidencia durante las últimas cuatro décadas se han estructurado una serie de contenidos e ideas alrededor de la idea de

alfabetización científica. En este sentido, se ha considerado conveniente exponer dos propuestas que abordan los grandes objetivos y contenidos que debería tener en cuenta la enseñanza de las ciencias con el fin de alfabetizar científicamente al estudiantado y a las personas en general.

A continuación se reseñan los aspectos generales de ambas propuestas.

### ***2.1.2 Aproximaciones a un marco teórico actual de la alfabetización científica***

En este apartado se exponen los aspectos más relevantes de dos marcos teóricos que sustentan la idea actual de la alfabetización científica, fundamentalmente en lo que se refiere a los fines y contenidos esenciales que deberían estar presentes en las aulas de ciencias.

#### **A) Marco conceptual de la alfabetización científica y tecnológica según Bybee (1993)**

Bybee (1993) describió un marco conceptual para la alfabetización científica y tecnológica. Este marco conceptual expone tres fines o metas que se lograrán a través del desarrollo de tres temas esenciales y sus correspondientes áreas de énfasis. Este autor señala que las áreas deberían desarrollarse según el orden que presentan en la columna, considerando además la progresión de lo simple a lo complejo, de lo concreto a lo abstracto y de lo inmediato a la perspectiva de futuro. Este marco expone los elementos fundamentales sobre los cuales debe trabajar el profesorado de ciencias, supervisores y expertos en la elaboración de los currícula, completando los elementos restantes según el contexto del estudiantado, de la escuela y de la comunidad. La tabla 4 expone los fines, los conceptos, las habilidades y los temas de ciencia, tecnología y sociedad que constituyen el marco teórico de la idea de alfabetización científica aportada por Bybee (1993).

**Tabla N° 4. Marco conceptual para la alfabetización científica y tecnológica**

Fines	Adquisición de conocimientos	Desarrollo de habilidades de aprendizaje	Desarrollo de valores e ideas
<b>Temas</b>	<b>Unificación de conceptos de ciencia, tecnología y sociedad:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas y subsistemas</li> <li>▪ Organización e identidad</li> <li>▪ Jerarquía y diversidad</li> <li>▪ Interacción y cambio</li> <li>▪ Equilibrio y sostenibilidad.</li> <li>▪ Crecimiento y ciclos</li> <li>▪ Patrones y procesos</li> <li>▪ Probabilidad y predicción</li> <li>▪ Conservación y degradación</li> <li>▪ Adaptación y limitación</li> </ul>	<b>Procesos de investigación científica y tecnológica:</b> <b>Resolución de problemas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preguntas e investigación</li> <li>▪ Observación y organización</li> <li>▪ Medida y clasificación</li> <li>▪ Comparación y conservación</li> <li>▪ Análisis y síntesis</li> <li>▪ Identificación y descripción</li> <li>▪ Hipotetizar y predecir</li> <li>▪ Separar y controlar</li> </ul>	<b>Interacción de la ciencia, tecnología y sociedad:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ciencia, tecnología y sociedad</li> <li>▪ Relación ciencia y tecnología</li> <li>▪ Relación ciencia y sociedad</li> <li>▪ Relación tecnología y sociedad</li> <li>▪ Relación ciencia, tecnología y sociedad</li> </ul>
<b>Áreas de énfasis y actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materias personales y cívicas</li> <li>▪ Interés cívico</li> <li>▪ Perspectiva cultural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recoger información</li> <li>▪ Resolución de problemas</li> <li>▪ Tomar decisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas locales</li> <li>▪ Políticas públicas</li> <li>▪ Problemas globales</li> </ul>

*Fuente* Bybee (1993)

La primera columna expone una lista de conceptos unificados de ciencia, tecnología y sociedad. Desde el punto de vista del autor, el tratamiento de estos conceptos estimula el desarrollo de una visión actual del mundo y la comprensión de diversos aspectos de la vida contemporánea. Los conceptos de ciencia y tecnología permitirían al estudiantado adquirir los conocimientos y la confianza para investigar y evaluar los problemas actuales relacionados con estos aspectos. Estos conceptos se desarrollarían desde una perspectiva personal para la adquisición de información sobre materias que afecten la vida personal del estudiantado y sus familias y para mejorar la calidad de vida (temas de salud, nutrición, ambiente, conservación energía etc.), así como desde el interés cívico para que el estudiantado participe informadamente como futuros ciudadanos y entiendan el porqué su participación es beneficiosa para la sociedad y, desde una perspectiva cultural, para ayudar al estudiantado a comprender el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad a partir del conocimiento de la perspectiva histórica, política,

filosófica y social. En definitiva, para que el estudiantado reconozca que la ciencia y la tecnología son productos humanos y que tienen límites, y de este modo ayudar a desarrollar una actitud realista hacia ambas formas de conocimiento (Bybee, 1993).

La segunda columna expone una lista de habilidades necesarias para estudiar ciencia y tecnología, y serían de utilidad para evaluar problemas sociales derivados del desarrollo que experimentan. El área de énfasis que propone este marco es:

- Recoger información para que el estudiantado desarrolle habilidades como preguntar, indagar, organizar, medir y clasificar información. También localizar fuentes de información, extraer la información y usar-recuperar sistemas de información.
- Investigación y resolución de problemas para que el estudiantado desarrolle habilidades como identificar preguntas y problemas, hipotetizar, predecir resultados, separar y controlar variables. Estas habilidades pueden aplicarse para resolver problemas personales y sociales del estudiantado.
- Tomar decisiones para que el estudiantado sea capaz de identificar y evaluar posibles alternativas de solución, y elegir la mejor alternativa para resolver un problema que implique además la elaboración de juicios de valores de cada una.

La tercera columna hace referencia a la ciencia, la tecnología, la relación entre ambos conocimientos y la relación de cada uno con los aspectos sociales. Según Bybee, la presencia de estos contenidos y fines permitiría al estudiantado desarrollar la capacidad de discernir sobre valores supuestos y reconocer la importancia de ser receptivo a distintas ideas. Estos fines, junto al conocimiento y desarrollo de habilidades, motivarían al estudiantado a participar como ciudadanos. Al respecto Bybee (1993 op.cit.) sostiene que esta tarea se favorece promoviendo en el aula discusiones sobre temas de ciencia, tecnología y sociedad. El área de énfasis que se propone es la de presentar problemas locales, porque permite una buena introducción para la clarificación y desarrollo de temas

generales sobre ciencia, tecnología y sociedad, y también porque promueve el interés y motivación del estudiantado. También se pueden incluir políticas públicas, porque favorecen la enseñanza de conceptos básicos de ciencia y permiten abrir espacios de discusión para estimular en el estudiantado la participación cívica. Finalmente, se pueden incluir problemas globales, porque el estudiantado necesita desarrollar una perspectiva global que le permita estar preparado como futuros ciudadanos y poder ejercer una influencia que les ayude a resolver problemas a esta escala.

### **B) Marco teórico de la idea más reciente de la alfabetización científica según Trowbridge *et al.* (2004)**

Trowbridge *et al.* (2004 op.cit.) plantean un marco teórico para la alfabetización científica fundamentado en las aportaciones de Bybee y Adler; *The National Science Education Standards*; y de *Benchmarking for Science Literacy*. Según estos investigadores la idea contemporánea de alfabetización científica debería incorporar mucho más que contenidos, valores y habilidades asociadas a disciplinas específicas de la ciencia. Estos autores señalan que la alfabetización científica no es sólo la enseñanza y aprendizaje de los conceptos científicos, sino que también implica:

- Desarrollar la comprensión y las habilidades asociadas con la investigación científica y el diseño tecnológico,
- Desarrollar la comprensión asociada a los aspectos personales y sociales de la ciencia,
- Desarrollar la comprensión de la historia y naturaleza de la ciencia, y
- La unificación de las principales ideas de la ciencia.

El marco teórico de la alfabetización científica está estructurado en dominios y dimensiones de la alfabetización científica que se explican y desarrollan a continuación:

### B.1) Dominios de la alfabetización científica

Los dominios de la alfabetización científica corresponden a los contenidos que comprendería la alfabetización científica. Según los autores estos dominios de contenidos son esenciales para desarrollar los fines que persigue la alfabetización científica, tanto a nivel curricular como para la práctica de aula. Estos contenidos se organizan en tres categorías, a nivel de las materias, a nivel de los procesos de la ciencia que enfatizan, y a nivel de contexto. En la tabla 5 se exponen los fines y los contenidos que permitirían conducir hasta ellos.

**Tabla Nº 5. Dominios de contenidos del marco teórico de la alfabetización científica**

Fines	Adquisición de conocimiento organizado	Desarrollo de aptitudes intelectuales y habilidades manipulativas.	Amplia comprensión de ideas y valores
<b>Dominios de contenido</b>	<u>En las materias:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ciencias físicas</li> <li>▪ Ciencias de la vida</li> <li>▪ Ciencias de la tierra</li> <li>▪ Unificación de conceptos</li> <li>▪ Naturaleza de la ciencia y de la tecnología</li> </ul>	<u>En los procesos de:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investigación científica</li> <li>▪ Diseño tecnológico</li> </ul>	<u>En los contextos de:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas personales</li> <li>▪ Desafíos sociales</li> <li>▪ Perspectivas histórica</li> <li>▪ Perspectiva cultural</li> </ul>

*Fuente Trowbridge et al. (2004)*

A continuación se precisan con más detalle los aspectos de este modelo de alfabetización científica para cada objetivo:

 **Adquisición de conocimiento organizado:** La primera columna resume el objetivo que propone la adquisición de conocimientos organizados a través de cinco dominios. Los autores justifican estos contenidos por las siguientes razones:

- Las ciencias físicas, ciencias de la vida y de la tierra tienen una tradición como ramas de las ciencias naturales. De estas disciplinas han derivado muchas otras ramas específicas de la ciencia, como, por ejemplo, la física de partículas o la biología

molecular que, comúnmente, no se enfatizan en la enseñanza de las ciencias.

- La unificación de los conceptos que comprenden las leyes de Newton sobre fuerza y movimiento, las leyes de termodinámica y la estructura atómica de la materia, provee una conexión entre los distintos dominios y otros contenidos tradicionales de ciencias. Esta organización permite al profesorado unificar los conceptos y mostrar al estudiantado la interconexión e interdependencia entre las distintas ciencias y desarrollar una mejor comprensión de las grandes teorías científicas.
- Esta unificación de conceptos es útil en muchas investigaciones y en el desarrollo de explicaciones relativas a problemas sociales y de salud.
- La naturaleza de la ciencia y de la tecnología están ausentes en general en los programas de ciencias, aunque se reconoce la importancia que tienen para desarrollar una mejor comprensión del rol, límites y posibilidades de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

 **Desarrollo de aptitudes intelectuales y habilidades manipulativas:** La segunda columna señala el objetivo de desarrollar aptitudes intelectuales y habilidades de manipulación a través de los dominios de los procesos de investigación científica y de diseño tecnológico, y a través del desarrollo de habilidades cognitivas específicas relacionadas con la investigación científica y el diseño. Estas habilidades y aptitudes están conectadas estrechamente con los dominios de la columna uno (Tabla 6).

**Tabla N° 6. Aptitudes de investigación científica y aptitudes de diseño tecnológico**

Aptitudes de investigación científica	Aptitudes de diseño tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar preguntas y conceptos que guían la investigación científica.</li> <li>▪ Diseño y conducción de la investigación científica.</li> <li>▪ Uso de la tecnología y de la matemática para mejorar las investigaciones y las comunicaciones científicas.</li> <li>▪ Formular y revisar explicaciones científicas y modelos usando la lógica y la evidencia.</li> <li>▪ Reconocer y analizar explicaciones alternativas y modelos.</li> <li>▪ Comunicar y defender un argumento científico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar un problema y diseñar una oportunidad.</li> <li>▪ Proponer diseños y elegir entre alternativas de solución.</li> <li>▪ Implementar una solución propuesta.</li> <li>▪ Evaluar la solución y sus consecuencias.</li> <li>▪ Comunicar el problema, los procesos y la solución.</li> </ul>

*Fuente Trowbridge et al. (2004)*

Según esta propuesta, el estudiantado debe hacer investigaciones en el aula de ciencias para desarrollar estas aptitudes y habilidades. Esto significa que estas aptitudes y habilidades deben practicarse como parte de la educación científica que reciben. Este desarrollo no se consigue proponiendo la lectura como método didáctico, sino que deben hacer de investigadores y el profesor de supervisor, ayudándoles a adquirir las mejores técnicas, señalando fortalezas y debilidades, dando directrices, demostrando los mejores movimientos y secuenciando acciones para lograr objetivos. La alfabetización científica también incluye el desarrollo de las aptitudes y habilidades que se señalan en esta columna.

 **Amplia comprensión de ideas y valores:** La tercera columna señala el objetivo de ampliar la comprensión de ideas y valores a través del dominio de los contextos personal, desafío social, perspectiva histórica y perspectiva cultural. La primera columna aporta el ¿Acerca de qué? o ¿Qué?, la segunda columna el ¿Cómo?, y la tercera y última columna es importante al aportar el ¿Porqué?

Estos contenidos suponen los contextos fundamentales para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Esta idea de alfabetización científica promueve una idea de ciencia contextualizada en lo histórico, social y también a nivel de las decisiones personales. Los contenidos de

esta columna dan significado al conocimiento científico y a las habilidades y aptitudes. Estos contenidos permitirían al estudiantado encontrar los conceptos necesarios para comprender el contexto personal y social de la ciencia. Y, también permitiría reconocer las ideas y valores de la ciencia, y desde ahí desarrollar sus propias ideas y valores. La comprensión de estos aspectos se produciría porque el estudiantado tiene que usar sus conocimientos y habilidades para responder al desafío que significa comprender la ciencia y la tecnología en sus propias vidas, en problemas sociales, en contextos históricos y en diferentes culturas. Este planteamiento es coincidente con el de Laugksch (2000 op.cit.) en cuanto a que la alfabetización científica es un concepto que se define socialmente y, por consiguiente, no puede operar en un vacío social, sino que depende del contexto en el cual se aplica.

Según Bybee estos contenidos sirven para el propósito de la alfabetización científica porque los tópicos exigen que el estudiantado use sus aptitudes intelectuales y el conocimiento científico. En este sentido, el estudiantado debería examinar y analizar varias posiciones que pueden o no coincidir con sus ideas y valores, por lo cual requieren conocer sus propias ideas y valores respecto a las de la ciencia y la tecnología para ayudar a satisfacer las exigencias como ciudadanos. Este objetivo les exige además corregir sus concepciones erróneas y mejorar la comprensión de la ciencia y la tecnología.

### **B.2) Dimensiones de la Alfabetización Científica**

Según este marco teórico, la alfabetización científica comprende cinco dimensiones (Tabla 7).

**Tabla N° 7. Dimensiones de la alfabetización científica**

<b><u>Analfabetismo científico</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausencia de conocimiento de la ciencia y la tecnología.</li> <li>▪ Ausencia de conceptos claves de la ciencia y la tecnología.</li> <li>▪ Ausencia de habilidades y competencias vinculadas a la ciencia y la tecnología.</li> <li>▪ Ausencia de comprensión del rol de la ciencia y la tecnología.</li> </ul>
<b><u>Alfabetización científica nominal</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifica términos y preguntas científicas pero demuestra errores en tópicos, problemas en la información o bien incomprensión de los conocimientos.</li> <li>▪ Concepciones erróneas en los conceptos y los procesos de la ciencia.</li> <li>▪ Explicaciones inadecuadas e inapropiadas de los fenómenos.</li> <li>▪ Ingenuidad para exponer los principios científicos.</li> </ul>
<b><u>Alfabetización científica funcional</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usa vocabulario científico.</li> <li>▪ Define correctamente los términos científicos.</li> <li>▪ Memoriza palabras técnicas.</li> </ul>
<b><u>Alfabetización científica conceptual v procedimental</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comprensión de los esquemas conceptuales de la ciencia.</li> <li>▪ Comprensión del conocimiento procedimental y herramientas de la ciencia.</li> <li>▪ Comprensión de la relación entre las partes de las diversas disciplinas científicas y de la estructura conceptual de estas.</li> <li>▪ Comprensión de la organización de los principios y procesos de la ciencia.</li> </ul>
<b><u>Alfabetización científica multidimensional</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comprensión de las cualidades únicas de la ciencia.</li> <li>▪ Diferenciación de la ciencia respecto a otras disciplinas.</li> <li>▪ Conocimiento de la historia y naturaleza de la ciencia.</li> <li>▪ Comprensión de la ciencia en un contexto social.</li> </ul>

*Fuente* Trowbridge *et al.* (2004)

Las cinco dimensiones de la alfabetización científica describen conocimientos, comprensiones, habilidades, aptitudes y actitudes sobre la ciencia, que representan el nivel de alfabetización científica que tienen las personas. Por esto, es más útil considerarlas como las posiciones que ocupan las personas en un continuum de alfabetización a través de diversos conceptos científicos y no la representación de una secuencia de desarrollo a seguir. Por ello, esta propuesta no debe entenderse como una secuencia obligada para utilizar en la enseñanza de las ciencias.

A continuación se describen brevemente cada una de las dimensiones de la alfabetización científica que mencionan Trowbridge *et al.* (2004 op.cit.):

📖 **Analfabetismo científico:** En este rango se encuentran las personas que por diversos motivos (edad, estado de desarrollo o capacidad cognitiva) no pueden relacionar o responder razonablemente preguntas acerca de la ciencia (Bybee, 1997 op.cit.; Trowbridge *et al.*, 2004). Estas personas no tienen vocabulario, conceptos, contextos o bien no tienen la capacidad cognitiva para responder a cuestiones relativas a la ciencia.

📖 **Alfabetización científica nominal:** Una persona alfabetizada nominalmente en ciencias puede comprender un término, preguntas o temas científicos, pero conoce sólo un poco acerca de estos (Bybee, 1997 op.cit.). El estudiantado comprende los tópicos científicos, pero el nivel comprensivo muestra claramente la presencia de concepciones erróneas. Esta dimensión está presente comúnmente en el aula de ciencias y se evidencia cuando el estudiantado expresa un nivel de comprensión corriente o simple sobre la ciencia (Trowbridge *et al.*, 2004 op.cit.).

📖 **Alfabetización científica funcional:** En esta dimensión se encuentran las personas que pueden usar un vocabulario científico, pero sólo dentro de un contexto específico. Estas personas también estarían capacitadas para definir términos en una prueba, leer periódicos o escuchar programas de televisión sobre temas científicos. No obstante, no hay una profundización de los conceptos de ciencias y los conocimientos se reducen a memorizar una lista de términos (Bybee, 1997 op.cit.). En este caso, el estudiantado puede memorizar apropiadamente definiciones de términos, por lo que existe algún conocimiento científico, pero es limitado y sin una profunda comprensión.

Tradicionalmente en los textos y en las clases de ciencias se ha enfatizado esta dimensión de la alfabetización científica. En la enseñanza de las ciencias el énfasis en esta dimensión produce escasa o nula comprensión de la disciplina, ya que no está presente la motivación asociada al desarrollo de una investigación, y esto probablemente

producirá un escaso interés del estudiantado por la ciencia (Trowbridge *et al.*, 2004 op.cit.).

 **Alfabetización científica conceptual y procedimental:** Esta dimensión significa comprender cómo los conceptos relacionan la disciplina más ampliamente, así como también los métodos y procesos de la investigación científica. Los individuos pueden comprender y usar ideas como observación, hipótesis u optimización y participar en laboratorios de investigación o en discusiones de experimentos científicos (Bybee, 1997 op.cit.).

En esta dimensión el estudiantado desarrolla alguna comprensión del esquema conceptual de la disciplina, pero también inicia una mejor comprensión de las ideas centrales sobre la materia, la energía y el movimiento en ciencias físicas, y evolución en ciencias biológicas. El estudiantado tiene las aptitudes y la comprensión que la investigación científica contempla tales como hacer preguntas, diseñar investigaciones científicas, usar apropiadamente herramientas y técnicas, desarrollar explicaciones y modelos usando la evidencia pensando crítica y lógicamente acerca de la relación entre la evidencia y la explicación, reconocer alternativas de explicación, y comunicar procedimientos y explicaciones.

 **Alfabetización científica multidimensional:** Esta dimensión consiste en la comprensión de los conceptos esenciales que estructuran la ciencia, así como las características que permiten una comprensión más completa, como la dimensión histórica, la dimensión filosófica y la dimensión social de este conocimiento (Bybee, 1997 op.cit.).

En esta dimensión el estudiantado desarrolla alguna comprensión y apreciación de que la ciencia y la tecnología han sido y son una parte de la cultura. El estudiantado comienza a hacer conexiones entre las disciplinas científicas, entre la ciencia y la tecnología, y entre estos conocimientos con temas que forman parte de los problemas de la sociedad (Trowbridge *et al.*, 2004 op.cit.).

Los referentes teóricos de la alfabetización científica nos permiten centrar la atención en la naturaleza de la ciencia en tanto es uno de sus pilares fundamentales. De ahí que el siguiente apartado se centra en la dimensión de la naturaleza de la ciencia desde diversas perspectivas vinculadas entre sí, ya que cada una de ellas refuerza la importancia que tiene en sí misma, así como también para la enseñanza de las ciencias.

## ***2.2 Las ideas de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias***

Los estudios relativos a las creencias sobre la naturaleza de la ciencia datan prácticamente de principios del siglo veinte (Abd-El-Kalick y Lederman, 2000 b). Sin embargo, es a fines de la década de los ochenta, con el estudio sobre el pensamiento docente, cuando emergen con más fuerza las investigaciones sobre las ideas, creencias o visiones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia.

Los avances en el conocimiento de las visiones del profesorado se reforzaron con las aportaciones de Lederman (1992); Mathews (1994); Abd-El-Kalick y Lederman (2000 b), ya que clasificaron los estudios realizados en diversas líneas de investigación desde los años sesenta. En este sentido Lederman (1992) señala cuatro líneas principales que hacen referencia a los siguientes aspectos:

1. Valoración de las concepciones del estudiantado.
2. Desarrollo, uso y valoración de los currículos diseñados para mejorar las concepciones del estudiantado.
3. Valoración de las tentativas para mejorar las concepciones del profesorado.
4. Identificación de las relaciones entre las concepciones del profesorado, la practica de aula y las concepciones del estudiantado.

Esta aportación de Lederman se enriqueció con las de Matthews (1998 b) que amplió a siete estas líneas de investigación didáctica sobre la naturaleza de la ciencia:

5. La influencia de las ideas del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia en su propio aprendizaje.
6. La evolución histórica de las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia en el currículo de ciencias.
7. El meta-análisis crítico de los diversos instrumentos de investigación disponibles para validar las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia en las distintas poblaciones.

Nuestro estudio se enmarca en la cuarta línea de investigación, ya que se centra en el análisis y descripción de las actitudes del profesorado y estudiantado y de los factores de aula en relación con la traslación de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, creemos necesario profundizar en los aspectos que tratan las otras líneas de investigación, dado que se encuentran claramente vinculadas.

A continuación se expone una síntesis con las características de las distintas líneas de investigación sobre la naturaleza de la ciencia que ha propuesto Lederman (1992). Estas líneas abordan los aspectos fundamentales que se vinculan con una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Hay que recordar que la idea de incluir la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias nace a la luz de los planteamientos de la alfabetización científica y, de alguna manera, la evolución de estas líneas ha seguido un curso más o menos similar al del concepto más amplio que fundamenta.

### ***2.2.1 Valoración de las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia***

Es la primera línea de investigación y nace con los esfuerzos iniciales para evaluar las concepciones del estudiantado. Esta línea se desarrolló como un proceso natural debido al acuerdo de profesorado y científicos

sobre la necesidad de promover en el estudiantado una exacta comprensión de la naturaleza de la ciencia.

El primer estudio sobre las concepciones del estudiantado se desarrolló en la década de los cincuenta por Wilson (1954). Las conclusiones de esta primera investigación señalaron que el estudiantado tenía concepciones inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia y actitudes negativas hacia este conocimiento. Desde entonces la mayoría de los estudios, a pesar de la gran diversidad de tamaños de muestra y de instrumentos utilizados, mostraron los mismos resultados. Después de treinta años Rubba (1981), en base a la evidencia aportada por la literatura, sostiene que el estudiantado aún no había logrado una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, ni siquiera después de años de estudiar asignaturas de ciencias, ni tampoco cuando se considera el estudiantado de más alto rendimiento.

En España los estudios sobre las concepciones del estudiantado se iniciaron durante los ochenta y principio de los noventa, y la mayoría de la evidencia era similar a los antecedentes aportados en el ámbito internacional. Por tal razón, a fines de la década de los noventa se afirmaba que en el estudiantado había algún grado de comprensión, pero éste era incompleto e inconsistente, y que, aunque el estudiantado podía sustentar algún grado de adecuación, este *per se* no asegura la comprensión de otros (Vázquez y Manassero, 1999).

Las tablas 8, 9 y 10 que se presentan a continuación exponen las características de algunos estudios sobre las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia desarrollados en las últimas cinco décadas.

**Tabla N° 8. Investigaciones de las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los cincuenta y sesenta**

Década	Autor (es)	Características metodológicas	Principales aportaciones
1950	Wilson (1954).	<u>Cuantitativo</u> : Utilizó el cuestionario <i>Science Attitude Questionnaire</i> .	Primer estudio que evalúa las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia. El estudiantado tiene la creencia que la ciencia es un conocimiento absoluto y el principal objetivo de los científicos es descubrir las leyes y verdades de la naturaleza.
	Mead y Metraux (1957).	<u>Cualitativo</u> : Basado en la pregunta “¿Qué piensas sobre la ciencia y los científicos?”. Estudia la imagen de los científicos en el estudiantado de enseñanza secundaria de EEUU.	Se describe sistemáticamente el prototipo estándar de un científico. Algunos elementos claves en este prototipo son: Los lentes, asociados a defectos visuales debido a la observación y el exceso de estudio, batas de laboratorio, asociadas con el trabajo sucio, la experimentación y el trabajo empírico y por otra parte, como símbolo de pureza, vestidura blanca y de prestigio, y la barba, para representar la sabiduría y el conocimiento científico.
1960	Kopfler y Cooley (1963).	<u>Cuantitativo</u> : Cuestionario TOUS (Test On Understanding Science). Test 60 preguntas alternativas que miden la comprensión acerca de la empresa científica, los científicos, y los métodos y fines de la ciencia.	El cuestionario TOUS se ha usado ampliamente para evaluar las concepciones del estudiantado. Los resultados de la aplicación de este test mostraron que el estudiantado de secundaria tenía una inadecuada comprensión de la ciencia y de los científicos.
	Miller (1963).	<u>Cuantitativo</u> : Cuestionario TOUS.	El estudiantado mostró concepciones inadecuadas sobre la ciencia. Los resultados de este estudio son similares a los encontrados por Kopfler y Cooley (1961, 1963).
	Crumb (1965).	<u>Cuantitativo</u> : Cuestionario TOUS, Test de OTIS (aptitudes), ITED (background en ciencias naturales).	El estudio incluyó el análisis de los resultados del test aplicado al estudiantado rural y urbano. La selección incluyó estudiantado con formación tradicional en física (centrada en el texto) y otro grupo incluido en un programa especial sobre la enseñanza de la física (PSSC, centrada en laboratorios y experimentación). Después de aplicar los distintos test se concluyó que hubo diferencias significativas a favor del grupo del programa PSSC. El programa de física PSSC contribuyó más favorablemente a la comprensión de la naturaleza de la ciencia (procesos y métodos) que el curso tradicional.

**Tabla Nº 9. Investigaciones sobre las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los setenta y ochenta**

Década	Autor (es)	Características metodológicas	Principales aportaciones
1970	Mackay (1971)	<u>Cuantitativo:</u> TOUS	Estudio desarrollado en Australia con estudiantes de secundaria. Las conclusiones indican que los estudiantes no tenían conocimientos acerca de: -El rol de la creatividad en la ciencia, -La función de los modelos científicos, -El rol de las teorías y su relación con la investigación, -Las diferencias entre hipótesis, teorías y leyes, -La relación entre experimentación, modelos, teorías y verdades absolutas, -Los hechos de la ciencia no son aislados sino que forman parte de una colección y clasificación de hechos, -Que es una explicación científica, -La interrelación e independencia entre las distintas ramas de la ciencia.
	Rubba & Andersen (1978)	<u>Cuantitativo:</u> Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS).	El NSKS es un test de likert que contiene 48 items subdivididos en 6 subescalas. Los resultados de su aplicación señalan que el estudiantado cree que: -La investigación científica revela verdades incontrovertibles y verdades que son absolutas, -Las teorías científicas probadas y confirmadas constante y eventualmente maduran en leyes.
	Bady (1979)	<u>Cuantitativo:</u> Task to assess subjects' understanding of hypothesis testing (adaptado de Wason and Jonson-Laird's (1972).	El estudio se centra específicamente en las creencias del estudiantado sobre la lógica de las pruebas de hipótesis. Las conclusiones señalan que el estudiantado: - Tiene ideas simplistas e ingenuas absolutistas sobre la naturaleza de las hipótesis científicas, - Creen que las hipótesis pueden ser probadas adecuadamente por verificación.
1980	Rubba, Horner & Smith (1981)	<u>Cuantitativo:</u> Cuestionario de Horner y Rubba (1978, 1979).	El estudio valora la adherencia de los estudiantes con altas habilidades y capacidades en ciencias al "mito" y la "fábula" (Horner y Rubba, 1978, 1979) acerca de la naturaleza de las teorías y leyes científicas. La investigación concluye señalando que el estudiantado: - Tiende a ser neutrales con respecto al mito y la fábula. - No comprende la naturaleza tentativa del conocimiento científico - Las leyes y teorías científicas son dos tipos diferentes de explicaciones científicas.

**Tabla Nº 10. Investigaciones sobre las concepciones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia durante las décadas de los noventa y dos mil**

Década	Autor (es)	Características metodológicas	Principales aportaciones
1990	Lederman y O'Malley (1990).	<u>Cuantitativo-Cualitativo</u> : Pre y post-test cuestionario de lápiz y papel sobre la tentatividad de la naturaleza de la ciencia, y combinado con entrevistas y vídeo.	Del estudio se concluye que: - El estudiantado en ciertos ítems de los cuestionarios aportan visiones absolutas de la naturaleza de la ciencia y en otros, visiones más tentativas. - En las entrevistas aportan visiones más tentativas. - El uso de la entrevista para deducir y clarificar las visiones del estudiantado es fundamental para evitar mal interpretaciones en los datos recogidos desde cuestionarios.
	Vázquez y Manassero (1999).	<u>Cuantitativo</u> : Seis preguntas cuestionario VOSTS (Aikenhead, 1987) que evalúan las actitudes y visiones del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia.	El estudio concluye que: - La mayoría del estudiantado admite que el conocimiento científico es algo mental/instrumental, cambiante y en evolución; al mismo tiempo que no tiene claro que éstas son características epistemológicas de la ciencia. - Las actitudes y creencias del estudiantado son complejas, diversificadas y, en algunos casos contradictorias. - Una proporción importante del estudiantado muestra actitudes y creencias adecuadas acerca de la naturaleza de las clasificaciones, la provisionalidad del método científico, la naturaleza del método y la sociología interna de la comunidad científica. - Por el contrario, muestra falta de información sobre la naturaleza de los modelos y las relaciones de la ciencia con la sociedad. - La variable exposición a la ciencia (cantidad de formación científica recibida) es una variable central para analizar diferencias entre cualquier otra variable demográfica, como el género o la edad.
2000	Gallego (2002).	<u>Cuantitativo</u> : Basado en diseños experimentales para dar a conocer imágenes simplistas y deformadas de la ciencia y del trabajo científico, por medio de cómics.	El estudio concluye que : - Hay diferencias entre los grupos experimentales tratados y no tratados. - Respecto a los cómics del estudiantado con el tratamiento, hacen referencia a una imagen más actual de la ciencia y la actividad científica, como el planteamiento de problemas. Este grupo de estudiantado cuestiona la imagen exclusivamente analítica de la ciencia, representando en sus elaboraciones la construcción de cuerpos de conocimientos, aplicaciones de estos conocimientos, hacer referencia a congresos, simposios científicos, al trabajo en equipo, el género y cuestionan la imagen descontextualizada de la ciencia. - Respecto a los cómics del estudiantado no tratado, así como los cómics editados en el mercado, hacen referencia a una imagen de la ciencia alejada de la construcción social. Se transmite una imagen de la actividad científica empirista e individualista.
	Boujaoude <i>et al.</i> (2005).	<u>Cuantitativo-cualitativo</u> : Diseño experimental con grupo tratado y grupo control. Se valora el uso del drama para promover cambios en las concepciones del estudiantado.	El estudio concluye que el estudiantado: - Exhibe concepciones tradicionales acerca de la ciencia. - Reconoce el carácter tentativo de la ciencia y algunos mostraron una comprensión más contemporánea del conocimiento científico. - Participó activamente en el drama y exhibió concepciones más contemporáneas de la naturaleza de la ciencia en contraste con el estudiantado del grupo control que actuó de espectador.
	Vázquez <i>et al.</i> (2006).	<u>Cuantitativo</u> : Cuestionario de Opinión sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS).	El estudio concluye que el estudiantado: - Tiene deficiencias en la comprensión, ya que obtienen los índices globales medios más bajos en las dimensiones evaluadas. - Mostró diversas actitudes según el evaluado. - Mostró las puntuaciones más positivas en el ítem referido a los modelos científicos, intermedias para el estatus y naturaleza del método científico, y negativos para el estatus y relación entre hipótesis, teorías y leyes científicas.

A pesar de las críticas a la fiabilidad y validez de los instrumentos utilizados en estos estudios, los resultados mostraron la misma tendencia en el sentido que el estudiantado tenía concepciones inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia. Así, en base a esta evidencia se concluyó que principalmente, estos resultados estarían relacionados con dos aspectos discutidos por Lederman (1992):

- La ausencia de objetivos curriculares orientados a desarrollar una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia en el estudiantado, y
- Las deformaciones en las concepciones del propio profesorado sobre estos aspectos de la ciencia.

A partir de entonces, ambos factores se constituyeron en importantes referentes para el desarrollo de nuevas líneas de investigación didáctica: una línea, más potente, orientada a desarrollar y evaluar la efectividad de los currículos diseñados para mejorar las concepciones del estudiantado; y otra, menos relevante, orientada a evaluar y mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia en el profesorado.

### ***2.2.2 Desarrollo, uso y evaluación de los currículos diseñados para mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia en el estudiantado***

Según Lederman (1992 op.cit.) el primer diseño curricular para mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia en el estudiantado se elaboró a principios de los años sesenta en Estados Unidos por Kopfler y Cooley (1963)<sup>4</sup>.

Más tarde se diseñaron, desarrollaron y evaluaron otras propuestas curriculares fundamentadas más ampliamente en diversos contenidos

---

<sup>4</sup> Kopfler y Cooley (1963) elaboran la que se considera la primera propuesta curricular para mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia (History of Science Cases for High School, HOSC). Esta propuesta se sustentaba en el criterio que el uso de materiales derivados de la historia de la ciencia podía ayudar a transmitir importantes ideas acerca de la ciencia y los científicos.

metacientíficos (Jones, 1965)<sup>5</sup>, en valorar los procesos de la ciencia (Crumb, 1965)<sup>6</sup>, y en promover la investigación y habilidades científicas (e.g. Ramsey y Howe, 1969). Posteriormente, a fines de los setenta, Aikenhead (1979)<sup>7</sup> desarrolló y evaluó un diseño curricular con la finalidad que el estudiantado lograra una mejor comprensión de la ciencia y el desarrollo de habilidades y competencias personales a través de este aprendizaje.

La evaluación de la efectividad de estos programas mostró en todos los casos resultados significativos a favor de una mejora en las concepciones del estudiantado. Los investigadores negaron la importancia del profesor, y señalaron que el estudiantado mejoró sus concepciones independientemente de las concepciones que tenía el profesorado. Por ello, se asumió que, frente a un currículo adecuado, materiales apropiados y el conocimiento acerca de dónde y cómo deben usarse, el profesorado debería tener éxito al ayudar al estudiantado a desarrollar una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, en estudios posteriores se observó que el desarrollo de este tipo de programas parecía dar distintos resultados con un profesorado diferente. De ahí que se prestó una mayor atención al rol del profesor como intermediario del currículo de ciencias, dándose inicio a la tercera línea de investigación que se centró en la valoración y mejora de las concepciones del profesorado.

### ***2.2.3 Valoración y mejora de las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia***

Aunque la importancia del papel del profesorado se reconoció más tarde, los primeros estudios sobre sus concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia se iniciaron en la década de los cincuenta. Fue Anderson (1950) quien

---

<sup>5</sup> Jones (1965) elabora una propuesta curricular sustentada en la filosofía, historia e interacción de la ciencia con la sociedad.

<sup>6</sup> Crumb (1965) elabora una propuesta centrada en una aproximación experimental diseñada para enfatizar en los procesos de la ciencia por sobre los contenidos científicos.

<sup>7</sup> Aikenhead (1979) presenta un diseño curricular denominado *Ciencia: Un camino de conocimiento*. Este diseño tiene como objetivos fundamentales desarrollar una comprensión realista y no mítica de la naturaleza de la ciencia, de sus procesos y de los aspectos sociales, que implica una variedad de habilidades de investigación y un sentimiento realista de las competencias personales para interpretar, responder y evaluar la sociedad científica y tecnológica; y la profundización en la interacción de la ciencia y la tecnología y en la interacción de estos conocimientos con la sociedad.

realizó el primer estudio para valorar las concepciones del profesorado, específicamente, acerca del método científico. Los resultados fueron reveladores, ya que mostraron que el profesorado y el estudiantado tenían concepciones erróneas sobre dicho aspecto. Al respecto, Anderson (1950) justificó estos resultados como una respuesta al exceso de atención que prestaban los objetivos instruccionales a los aspectos factuales de la ciencia.

A partir de los sesenta se desarrollan diversos estudios destinados a evaluar las concepciones del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia (Behnke, 1961; Miller 1963; Schmidt, 1967). En este sentido, Behnke (1961)<sup>8</sup> concluyó que el profesorado, al igual que el estudiantado, tenía concepciones erróneas sobre la ciencia. Por su parte, Carey y Stauss (1968)<sup>9</sup> señalaron que el profesorado en formación inicial tenía ideas inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia. Al mismo tiempo, Kimball (1968)<sup>10</sup> concluyó que los científicos y el profesorado altamente calificado no diferían en sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia.

A partir de los años ochenta se desarrollaron otros estudios en la misma dirección, que se constituyen en fuentes de referencias importantes sobre el tema. Así, las concepciones del profesorado empezaron a tener relevancia en la investigación didáctica. Destacan los trabajos desarrollados por Aguirre *et al.* (1990), que evaluaron cualitativamente las concepciones de profesorado en

---

<sup>8</sup> Behnke (1961) valora las concepciones del profesorado de ciencias y de los científicos acerca de la naturaleza de la ciencia, ciencia y sociedad, los científicos y la sociedad y sobre la enseñanza de las ciencias. Concluye que el profesorado tiene una concepción de la ciencia como un conocimiento fijo y estático. Miller (1963) utiliza el cuestionario TOUS para comparar concepciones entre profesorado y estudiantado. Schmidt (1967) hace una réplica del estudio desarrollado por Schmidt y llega a similares conclusiones. Carey y Stauss (1967) evalúan por medio del Wisconsin Inventory of Science Proceses (WISP) las concepciones del futuro profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia.

<sup>9</sup> Carey y Stauss (1968) van más allá y correlacionan los datos con una serie de otras variables, principalmente de tipo académico, y, al mismo tiempo, desarrollan un curso orientado a mejorar las concepciones del grupo en estudio. Concluyen que los métodos del curso, específicamente orientado hacia la naturaleza de la ciencia, puede mejorar significativamente el punto de vista del profesorado acerca de los aspectos de la naturaleza de la ciencia.

<sup>10</sup> Kimball (1968) utiliza un cuestionario de su elaboración para comparar la comprensión de la naturaleza de la ciencia de científicos y profesorado de ciencias y, al mismo tiempo, compara ambos grupos respecto al año de graduación y otras variables académicas. Este estudio además tiene la finalidad de investigar la medida en qué los programas de formación del profesorado eran responsables de las concepciones inadecuadas que sustentaba el profesorado de ciencias.

formación inicial por medio de un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas acerca de la ciencia y su enseñanza y aprendizaje. Estos autores concluyeron, de manera similar a otros estudios, que el profesorado en formación inicial no tenía concepciones adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia, pero, a la vez, amplían los datos al señalar que puede existir alguna conexión entre las visiones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia y sus concepciones acerca de la enseñanza y aprendizaje. A la vez, Kouladis y Ogborn (1989)<sup>11</sup> desarrollaron un estudio con profesorado en formación inicial y en activo. Las muestras se clasificaron dentro de cinco grupos de categorías de creencias filosóficas: inductivo, hipotético-deductivo, contextualismo-racionalismo, contextualismo-relativismo y relativismo. Estos autores concluyeron que el profesorado tenía visiones eclécticas sobre la naturaleza de la ciencia y que estas ideas no estaban asociadas a una posición epistemológica en particular

En España las investigaciones sobre el tema cobraron importancia a fines de los ochenta y principios de los noventa. Desde mediados de los noventa hasta la actualidad se ha dado una gran importancia a esta línea de investigación. En este sentido, Porlán (1994) realizó estudios acerca de la imagen de la ciencia con profesorado en formación inicial y en activo de Enseñanza General Básica. Este autor concluyó que la tendencia en las ideas sobre la ciencia se orientaba hacia tres modelos, racionalismo, empirismo y relativismo, aunque con un mayor predominio de ideas cercanas al empirismo. También señaló que el profesorado en formación inicial sustentaba una mayor diversidad de concepciones que el profesorado en activo.

Entre los numerosos estudios que existen, tanto a nivel del profesorado como del estudiantado, destacan los que están centrados en el análisis de las actitudes y creencias sobre el tema Ciencia, Tecnología y Sociedad, dentro de los cuales se inscribe el análisis de la dimensión de la naturaleza de la ciencia. Estas investigaciones analizan, comparan e interpretan a la luz de los

---

<sup>11</sup> El estudio se desarrolla con una muestra reducida de profesorado en formación inicial y profesorado en activo. Se aplica un cuestionario de dieciséis ítems de respuesta múltiple focalizados en el método científico, criterios de demarcación de la ciencia y la no ciencia, cambios en el conocimiento científico, y el estatus del conocimiento científico.

currículos de ciencias, de la literatura y de las propuestas de alfabetización científica y de Ciencia-Tecnología-Sociedad, las actitudes y creencias de profesorado y estudiantado de distintos niveles de enseñanza, como, por ejemplo:

- Análisis de las actitudes y creencias CTS de profesorado de enseñanza primaria, secundaria y universitaria (Acevedo, Vázquez, Manassero & Acevedo, 2003)<sup>12</sup>.
- Análisis más específico de las actitudes y creencias en base a las diferencias entre profesorado y estudiantado (Acevedo *et al.*, 2002)<sup>13</sup>.
- Análisis de las creencia de titulados universitarios en formación inicial para profesorado de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia (Acevedo, 2003)<sup>14</sup>.

El consenso de la idea que el profesorado sustentaba concepciones inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia y el fuerte apoyo a la idea que sus concepciones afectaban a las concepciones del estudiantado, hizo prestar atención a la búsqueda de posibles soluciones a esta problemática. De ahí que la búsqueda para mejorar las concepciones del profesorado se vio como el mecanismo más adecuado para promover cambios en las ideas del estudiantado. Muchos de los estudios desarrollados durante los noventa estaban guiados por la hipótesis que las concepciones del profesorado eran transferidas directamente al estudiantado durante la práctica de aula. Así, se asumió que la mejora de las concepciones del profesorado era suficiente para

---

<sup>12</sup> En este estudio se comparan las actitudes y creencias de una muestra de 651 profesores (296 de primaria, 290 de secundaria y 65 de universitarios). Es un estudio cuantitativo que analiza las respuestas a 35 preguntas del cuestionario COCTS (Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia Tecnología y Sociedad).

<sup>13</sup> En el estudio participan 4132 estudiantes de todas las modalidades del sistema educativo, con edades entre 14 y 27 años. La muestra de profesorado la conforman un total de 654: 46% primaria, 44% secundaria y 10% universidad. Es un estudio cuantitativo que considera el análisis de 35 preguntas escogidas representativamente del cuestionario COCTS. Un total de 7 preguntas corresponden a la dimensión de la naturaleza de la ciencia.

<sup>14</sup> En el estudio participaron 24 titulados de las licenciaturas en química, física e ingeniería. Combina métodos de análisis cuantitativos (Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Sociedad-COCTS) y cualitativos (entrevistas semiestructuradas).

promover una adecuada enseñanza de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, Lederman (1992) cuestionó esta hipótesis al señalar que el proceso de traslación de la naturaleza de la ciencia también podía estar influido por variables que formaban parte del contexto de la práctica de aula. Este supuesto dio origen a la cuarta línea de investigación señalada por Lederman (1992)<sup>15</sup> y fundamentada en la siguiente afirmación: “Parece claro, sin embargo, que el interés por el profesorado de ciencias debería extenderse más allá de la comprensión de la naturaleza de la ciencia, dado que la traslación de estas ideas es mediatizada por un complejo grupo de variables situacionales dentro de la práctica de aula” (p.351).

#### ***2.2.4 Relación entre las concepciones del profesorado, la práctica de aula y las concepciones del estudiantado***

Durante los años ochenta se desarrollaron diversas investigaciones para probar la relación entre las concepciones del profesorado y estudiantado, y la relación entre las concepciones del profesorado y la práctica de aula (Brickhouse, 1989 op.cit., 1990; Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1995 op.cit.; 1999 op.cit.; Lederman y Druger, 1985 op.cit.). En relación con esta línea de investigación destacan los estudios realizados por Lederman y sus colaboradores dado que profundizaron en las concepciones del profesorado y en la influencia de diversas variables presentes en el aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente. Los estudios, aunque escasos, revelaron que la presencia de diversos factores de aula podía tener efectos en la traslación de distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. En estos estudios se identificaron distintos factores que tendrían alguna relación con los cambios en las ideas del estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia. Estos autores identificaron numerosos factores cuya presencia o ausencia estaría favoreciendo o bien impidiendo la enseñanza y aprendizaje de la

---

<sup>15</sup> Lederman (1992): “It does seem clear, however, that science educators’ concerns must extend well beyond teachers’ understanding of the nature of science, as the translation of these understandings into classroom practice is mediated by a complex set of situational variables”.

naturaleza de la ciencia en el aula. Algunos factores se relacionan con el profesorado, dado que los resultados mostraron que la actitud del profesorado en el aula, en relación con la enseñanza de este tipo de contenidos, parecía tener una importancia sustancial. En este sentido se observó, por ejemplo, que factores como el lenguaje que utiliza el profesorado o la atmósfera del aula que genera, son variables a tener en cuenta para promover cambios en las ideas del estudiantado (Lederman, 1986 op.cit.; Lederman y Zeidler, 1987 op.cit.). Otros factores, como una deficiente planificación de la enseñanza y de la evaluación de los contenidos metacientíficos, estarían relacionados con la escasa comprensión de los aspectos de la naturaleza de la ciencia que mostró el estudiantado (Abd-El- Kalick *et al.*, 1998).

### ***Síntesis del capítulo***

Con esta presentación concluimos este primer capítulo centrado en los principales antecedentes y evidencias derivadas de la investigación sobre el tema en los últimos cuarenta años.

Es importante enfatizar que el desarrollo de la idea de alfabetización científica se inició hace ya más de cincuenta años y, a pesar de su relevancia, aún parece tener una débil presencia en la enseñanza de las ciencias. Los antecedentes dejan ver que los planteamientos de la alfabetización científica tienen un indudable valor para mejorar y renovar la enseñanza de las ciencias. Sus fundamentos teórico-prácticos la presentan como una alternativa viable para organizar los objetivos de la enseñanza de las ciencias con un sentido más real y cercano a los procesos que experimenta la sociedad, debido al floreciente desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Desde los inicios de la alfabetización científica la comprensión de la naturaleza de la ciencia se plantea como un objetivo de nivel superior y transversal, y que puede desarrollarse en las distintas dimensiones sin perjuicio de los objetivos de orden netamente científico. También se enfatiza que la naturaleza de la ciencia es un pilar fundamental para promover mejoras en la enseñanza de las ciencias y en la alfabetización científica del estudiantado.

Una adecuada comprensión de los aspectos de la naturaleza de la ciencia conformaría una base sólida sobre la cual el profesorado y

estudiantado desarrollarían y construirían los grandes fines y objetivos que persigue este paradigma de la educación científica actual. Sin embargo, su desarrollo y adecuada comprensión ha encontrado durante décadas numerosos obstáculos.

Las conclusiones aportadas por la literatura indican que la inclusión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias es un tema prioritario. Sin embargo, al mismo tiempo, las investigaciones han mostrado que el profesorado y estudiantado, a nivel local e internacional, tiene deficiencias importantes en sus actitudes sobre estos aspectos. El profesorado y estudiantado exhibió en la mayoría de los estudios una diversidad de ideas, creencias, concepciones o actitudes erróneas, simplistas, incompletas e ingenuas sobre distintos aspectos que implican a la ciencia. Estas ideas impiden visualizar que la ciencia tiene, además de un conocimiento científico, una naturaleza epistémica, histórica, sociológica, ética, axiológica, política, entre otras, que la hacen inmensamente variable y subjetiva.

Por otra parte, también se reconoce que la traslación de la naturaleza en la práctica docente se encuentra limitada por obstáculos que van más allá de las ideas que sustentan el profesorado y estudiantado. En este sentido, unos pocos estudios han puesto la atención en otras variables que se cree también influyen en este proceso. Así, se ha observado que durante la práctica docente es posible tener en cuenta numerosos factores, que es probable que también tengan alguna influencia en la adecuada transmisión de los contenidos metacientíficos.

Esta primera revisión de los referentes teóricos permite afirmar que la educación científica tiene un rol social que es ineludible en la sociedad del siglo XXI. Por tal razón, es sustancial realizar esfuerzos en comprender las causas que están impidiendo que las grandes ideas que la fundamentan promuevan el cambio, desde la tradicional enseñanza de las ciencias, disciplinar y propedéutica, hacia una enseñanza de las ciencias que tenga un impacto significativo en la vida personal y social del estudiantado.

Después de esta revisión de las líneas de investigación y las aportaciones de diversos estudios, el siguiente capítulo nos conduce hacia los referentes teóricos primarios y secundarios que fundamentan esta tesis.

### ***CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN***

En este capítulo exponemos las bases teóricas que utilizamos en el estudio para analizar las actitudes del profesorado y del estudiantado y los factores que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula. Se consideró necesaria la estructuración de un marco teórico incorporando las aportaciones procedentes de distintas áreas dentro de la línea de investigación. De ahí que tomamos aportaciones de la línea de investigación de la didáctica de las ciencias, *History and philosophy of Science* (HPS), como las realizadas por Mathews (1991; 1994, 1997 a, b) y Mc Comas (1998), entre otros, y, a nivel local, de las aportaciones realizadas por autores como Fernández (2000) e Izquierdo (2000), entre otros. De estos autores se han tomado referentes acerca de la definición de la noción actual de la naturaleza de la ciencia, de la relevancia de fundamentar epistemológicamente la enseñanza de las ciencias, de los aspectos de la naturaleza de la ciencia que son esenciales de incorporar en las aulas de ciencias, y de la relevancia de reconocer las ideas de la ciencia que transmite la enseñanza de las ciencias. También son relevantes las aportaciones en numerosos trabajos desarrollados en los últimos diez años por Manassero *et al.* (2004); Vázquez *et al.* (2006); Vázquez y Manassero (2007), entre muchos otros estudios, así como las aportaciones de Lederman (1986 op.cit., 1995 op.cit., 1999 op.cit) sobre la influencia de las concepciones del profesorado y del estudiantado y de los factores de aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia.

La elaboración de este marco teórico implicó un amplio y, a la vez, profundo trabajo de integración de diversas posturas, postulados, ideas, aproximaciones sobre la naturaleza de la ciencia y sobre su implicación en la enseñanza de las ciencias. Es importante tener en consideración esta tarea, ya que consideramos que es un ejercicio que todo profesor de ciencias requiere desarrollar con el fin de lograr una adecuada comprensión de este constructo, de su relevancia y trascendencia para la educación científica contemporánea.

De este modo iniciamos la presentación de los diversos aspectos que conforman la naturaleza de la ciencia y que son de importancia para la mejora de la enseñanza de las ciencias y para promover una adecuada alfabetización científica del estudiantado.

### ***3.1 Importancia de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias***

En este apartado se intenta responder a preguntas como: ¿qué es la naturaleza de la ciencia?, ¿cuáles son sus componentes?, ¿cómo ha evolucionado la idea de naturaleza de la ciencia durante el siglo XX (modelos epistemológicos)?, entre otros interrogantes. Así mismo, se revisan las ideas fundamentales de la importancia y el rol de las distintas metaciencias en la educación científica, particularmente, de la filosofía, historia y sociología de la ciencia, y diversas propuestas de contenidos metacientíficos aportados desde la didáctica de las ciencias.

#### ***3.1.1 Aproximación a la idea actual de la naturaleza de la ciencia***

La Naturaleza de la Ciencia, cuya sigla en inglés NOS (Nature of Science), es una línea de investigación dentro de la línea Historia y Filosofía de la Ciencia (HPS, de sus siglas en inglés History, Philosophy of Science). Esta línea HPS, que es a su vez una rama de la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo *et al.*, 2002), describe la interrelación de disciplinas que informan a la educación científica sobre la ciencia en sí misma (Mc Comas *et al.*, 1998).

La naturaleza de la ciencia se describe como un constructo multifacético (Meichtry, 1993), un campo hipotético e inseguro, construido desde fuera de la ciencia (y la tecnología) mediante la reflexión disciplinar de historiadores, filósofos y sociólogos, y cuya principal dificultad es el carácter dialéctico de la mayoría de sus afirmaciones (Manassero *et al.*, 2001). Igualmente se señala que la naturaleza de la ciencia es un concepto tan complejo, dinámico y multifacético como la propia ciencia (Abd-El-Kalick, 2005 op.cit).

Se afirma que no hay consenso para definir con exactitud y de manera específica la naturaleza de la ciencia (Bell *et al.*, 2000). Sin embargo, creemos que la didáctica de las ciencias ha aportado aspectos relevantes que enriquecen su descripción. Así, consideramos que una de las aproximaciones más completas es la aportada por Mc Comas *et al.*, (1998), que definen la naturaleza de la ciencia de la siguiente manera:

“La naturaleza de la ciencia es una fértil e híbrida arena que recoge aspectos de varios estudios sociales de la ciencia, que incluye la historia, sociología, y filosofía de la ciencia combinada con investigaciones derivadas de las ciencias cognitivas como la psicología, que aportan una rica descripción de lo que es la ciencia, cómo trabaja, cómo operan los científicos en el grupo social y cómo la sociedad dirige y reacciona hacia el esfuerzo científico” (p.4)<sup>16</sup>.

La tabla 11 expone algunas definiciones de “naturaleza de la ciencia” aportadas por la didáctica de las ciencias.

---

<sup>16</sup> “The nature of science is a fertile hybrid arena which blends aspects of various social studies of science including the history, sociology, and philosophy of science combined with research from the cognitive sciences such a psychology into a rich description of what science is, how it works, how scientists operate as a social group and how society itself both directs and reacts to scientific endeavours.

**Tabla N° 11. Algunas definiciones de naturaleza de la ciencia aportadas por la didáctica de las ciencias**

Autor (es)	Algunas definiciones de Naturaleza de la Ciencia aportadas por la investigación en didáctica de las ciencias
Lederman y Zeidler (1987); Lederman (1992); Abd-El Kalick <i>et al.</i> (1998).	La naturaleza de la ciencia comúnmente se refiere a la epistemología de la ciencia, ciencia como vía de conocimiento, que incluye los valores y creencias inherentes al desarrollo del conocimiento científico.
Ryan y Aikenhead (1992).	La naturaleza de la ciencia incluye, el significado de ciencia, supuestos, valores, invenciones conceptuales, métodos, consensos y las características del conocimiento que produce.
Bell <i>et al.</i> (2000).	La naturaleza de la ciencia se refiere a los fundamentos epistemológicos de las actividades de la ciencia.
Acevedo <i>et al.</i> (2004).	La naturaleza de la ciencia es un metaconocimiento que surge de la reflexión sobre la propia ciencia, y hace referencia a los contenidos epistemológicos de la ciencia, es decir, la forma específica en que ésta llega a obtener sus conocimientos, junto con los valores, supuestos y creencias que la sustentan.
Bartholomew <i>et al.</i> (2004).	La naturaleza de la ciencia se emplea para referirse a un amplio grupo de cuestiones filosóficas y epistemológicas acerca de la naturaleza del conocimiento científico.
Schwartz <i>et al.</i> (2004).	La naturaleza de la ciencia hace referencia a los valores y afirmaciones que son intrínsecos al conocimiento científico, incluyendo las influencias y limitaciones que resultan de la ciencia como una empresa humana.
Adúriz-Bravo <i>et al.</i> (2005).	Conjunto de ideas metacientíficas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales.
Vázquez <i>et al.</i> (2007).	La naturaleza de la ciencia incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad. Este constructo, frase o concepto, hace referencia a cuestiones como: ¿qué es la ciencia?, ¿cuál es su funcionamiento interno y externo?, ¿cómo se construye y desarrolla el conocimiento que produce la ciencia?, ¿qué métodos usa ésta para validar este conocimiento?, ¿cuáles son los valores implicados en las actividades de la ciencia?, ¿cuál es la naturaleza de la comunidad científica?, ¿cuáles han sido y son las relaciones de la ciencia con la tecnología hasta constituir el actual sistema tecnocientífico?, ¿cuáles son las relaciones de la sociedad con este sistema?, ¿cuáles son las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad?.

En el ámbito local nos ha parecido importante la aportación a la definición de naturaleza de la ciencia realizada por Vázquez *et al.* (2004) y Vázquez *et al.* (2007), ya que han formulado una definición muy rica en contenidos al mismo tiempo que han puesto atención en aspectos como la axiología de la ciencia y la idea de tecnociencia, que apenas son consideradas en otras definiciones.

Se puede indicar que la naturaleza de la ciencia es un constructo que vincula diversos aspectos del metaconocimiento de la ciencia actual con la educación científica con la finalidad de mejorar la comprensión de la propia ciencia y su enseñanza y aprendizaje. El rol e importancia de la naturaleza de la ciencia en la educación científica queda expresada en la siguiente afirmación de Mc Comas *et al.* (1998)<sup>17</sup>:

“La “naturaleza de la ciencia” se usa para describir la intersección de las cuestiones derivadas de la filosofía, historia, sociología y psicología de la ciencia, su aplicación, y el potencial impacto en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Como tal, la naturaleza de la ciencia es un dominio fundamental para guiar al profesorado de ciencias en una correcta descripción de la ciencia al estudiantado” (p.5).

Estos autores consideran que la adecuada comprensión del significado de la naturaleza de la ciencia es la primera y fundamental tarea que ha de desarrollar el profesorado de ciencias. En este sentido sostienen que es necesario que el profesorado reflexione, del mismo modo que lo hacen los filósofos de la ciencia, en torno a preguntas esenciales. Por citar algunas: ¿Qué demarca a la ciencia de otras empresas que desarrolla el ser humano?, ¿Las ideas de la ciencia se descubren o inventan?, ¿Cómo operan los consensos que realiza la comunidad científica?

---

<sup>17</sup> The phrase “nature of science” is used to describe the intersection of issues addressed by the philosophy, history, sociology, and psychology of science as they apply to and potentially impact science teaching and learning. As such, the nature of science is a fundamental domain for guiding science education in accurately portraying science to.

Las aportaciones de Mc Comas *et al.* (1998) permiten ver que la relación que hay entre la ciencia y las metaciencias con la enseñanza de las ciencias es más visible, lógica y necesaria de lo que se ha transmitido tradicionalmente.

### ***3.1.1.1 Aportaciones de las metaciencias a la noción actual de naturaleza de la ciencia***

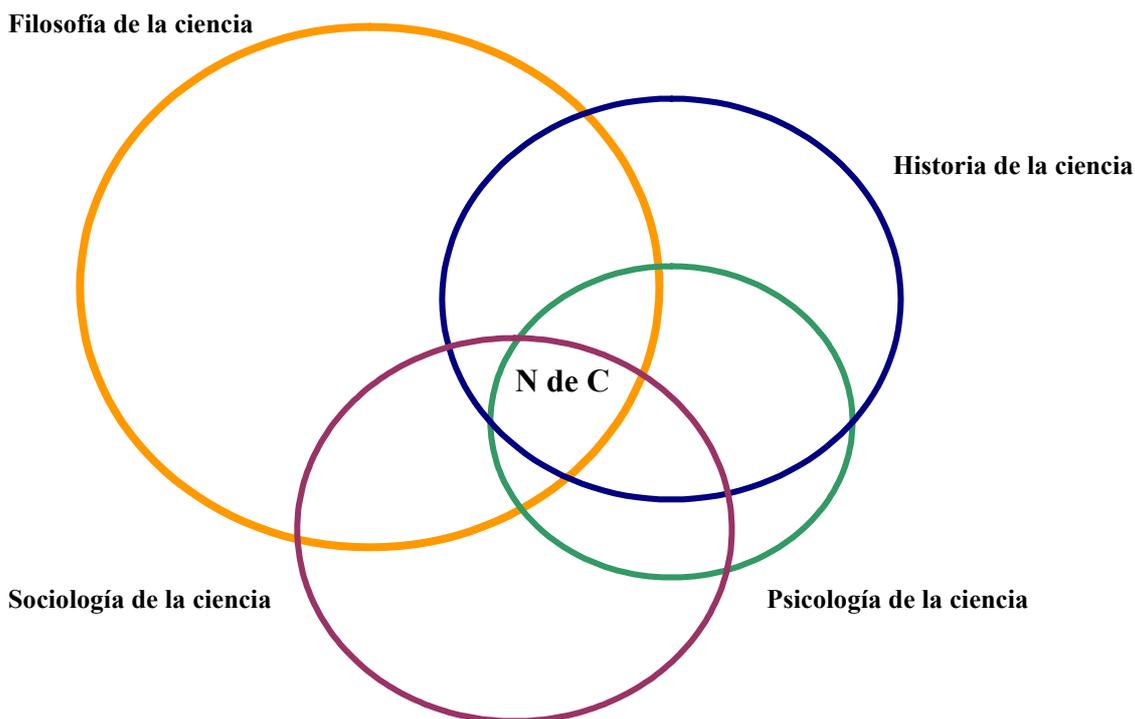
Desde la filosofía de la ciencia se señala que las metaciencias estudian la ciencia como una actividad humana y tienen como base común la reflexión sobre la ciencia. Las metaciencias, en tanto disciplinas de segundo orden, intentan explicar y comprender qué piensan y qué hacen los científicos cuando comienzan una investigación y qué valor tienen los resultados que obtienen de ella. También se interesan por la forma de trabajar de los científicos, como individuos y como grupos, y cómo afecta esto en sus descubrimientos. Así, las metaciencias no aceptan la ciencia como un conocimiento único, verdadero y real, sino que lo entienden como un peculiar producto humano que requiere un estudio particular (Ziman, 1993).

Por otra parte, desde la didáctica de las ciencias, las metaciencias se conciben como un cuerpo de conocimientos que reflexionan sobre la empresa científica desde una perspectiva epistemológica, histórica, sociológica y psicológica. Las metaciencias tienen como finalidad esclarecer los procesos de construcción del conocimiento científico, los métodos y herramientas que utiliza, los fines y valores que subyacen a la actividad científica, sin dejar de considerar el papel que tiene en la sociedad y en la cultura (Quintanilla *et al.*, 2005).

La noción actual de naturaleza de la ciencia se nutre de las aportaciones derivadas de metaciencias como la filosofía de la ciencia, historia de la ciencia, sociología de la ciencia y de la psicología de la ciencia. También se reconoce que la epistemología es la metaciencia por excelencia y que, junto a la historia de la ciencia, tiene un papel preponderante en la construcción del concepto naturaleza de la ciencia. Mc Comas y Olson (1998) confirman esta apreciación representando esta relación con la intersección de cuatro circunferencias, en que el tamaño

relativo de cada una de ellas representa la aportación de cada una de estas metaciencias a la naturaleza de la ciencia (ver Figura 2).

**Figura Nº 2. Las cuatro principales metaciencias que contribuyen a la construcción de la naturaleza de la ciencia en la educación científica**



N de C: Naturaleza de la ciencia

*Fuente* Adaptado de Mc Comas y Olson (1998)

Cada una de estas metadisciplinas realiza aportaciones específicas a la naturaleza de la ciencia:

 **La filosofía de la ciencia:** Según Echeverría (1998), la filosofía de la ciencia es la metaciencia que tiene mayor influencia en la visión actual de la naturaleza de la ciencia (aunque este autor no desconoce la problemática asociada con la multiplicidad de modelos epistemológicos que hay en la actualidad). Esta metaciencia aporta a la naturaleza de la ciencia los aspectos epistemológicos relevantes del conocimiento científico tales como los problemas relacionados con la demarcación entre lo que es la ciencia y la pseudociencia (Popper 1979; Thom, 1992; Ziman, 1993); la

reflexión sobre la metodología científica, de cómo cambia la ciencia, los métodos y criterios de validación del conocimiento científico (la racionalidad científica); el concepto de verdad, los intereses y determinantes de la producción científica; el estatus epistemológico de las teorías y de las leyes científicas.

 **La historia de la ciencia:** La historia de la ciencia comienza a valorarse con la irrupción de “La Estructura de las Revoluciones Científicas” (Kuhn, 1992). A partir de entonces se produce un viraje importante en la metodología de la ciencia y los estudios históricos adquieren un papel relevante en el conocimiento sobre la ciencia (Echeverría, 1999).

La nueva historiografía de la ciencia que propone Kuhn trata de comprender las investigaciones y los debates científicos en su propio contexto y no por referencia a la ciencia actual. De este modo, la historia de la ciencia puede definir cuáles fueron los conceptos estructurantes presentes en los momentos de profunda transformación de una ciencia e indicar cuáles fueron las relaciones sociales, económicas y políticas que entraron en juego, y los valores que subyacían (Catalán y Catany, 1986), así como también cuáles fueron las resistencias a la transformación y qué sectores trataron de impedir el cambio.

 **La sociología de la ciencia:** La sociología de la ciencia considera la ciencia como una institución social, por lo cual, la actividad científica implica también factores sociales que operan al margen del ámbito normal de la filosofía de la ciencia. Hay consenso en que los asuntos epistemológicos fundamentales no pueden resolverse apelando sólo a principios generales abstractos. Por lo cual, aunque la imagen de la ciencia se encuentra fuertemente impregnada de epistemología, desde la sociología de la ciencia se considera que las ideas son elementos culturales y entidades cognitivas, y que los actos individuales de observación y explicación obtienen significado científico de los procesos colectivos de comunicación crítica pública (Ziman, 1993 op.cit.).

Desde esta perspectiva, la sociología de la ciencia aporta a la naturaleza de la ciencia el resultado del análisis sociológico de la actividad científica, entendida como una empresa que ocurre dentro de esquemas más grandes, y los pensamientos y acciones individuales sólo tienen sentido en el seno de estos grandes patrones sociales (Ziman, 1993 op.cit.).

 **Psicología de la ciencia:** Las disciplinas metacientíficas reconocen que no es posible separar los actos de conocer del conocimiento. La ciencia es algo que las mentes humanas generan y reciben, regeneran o revisan, comunican e interpretan (por lo cual, la percepción, cognición y el lenguaje desempeñan un papel importante). Muchos de los rasgos característicos de la ciencia se configuran por la maquinaria psicológica que utilizan los científicos, individual y colectivamente, en sus estudios acerca del mundo (Ziman, 1993 op.cit.). Desde esta perspectiva la psicología cognitiva aporta a la naturaleza de la ciencia una mejor comprensión de los procesos cognitivos que realizan los científicos cuando desarrollan la actividad científica. Y, ésta aporta también el conocimiento sobre las características personales de los científicos (por ejemplo, la creatividad, cómo realizan las observaciones, la honestidad intelectual, etc.).

De este modo, el desarrollo de la epistemología, de la historiografía de la ciencia y la consolidación de otros de estudios como la sociología, la psicología y la antropología de la ciencia han tenido un papel sustancial en el desarrollo de nuevas descripciones para explicar qué es la ciencia y cómo progresa (Echeverría, 1998 op.cit.). Estas ideas acerca de la naturaleza de la ciencia dejan ver que la ciencia y la actitud de los científicos distan mucho de las visiones tradicionales, que habían emanado fundamentalmente desde la epistemología.

Por otra parte, la concreción de un concepto de naturaleza de la ciencia facilita una visión de la ciencia que dista ampliamente de los formatos rígidos e idealizados. La contribución de nuevos modelos epistemológicos, a los que se suman las aportaciones de las metaciencias, como las mencionadas, y otras metaciencias más recientes (la lingüística y la política de la ciencia), suponen también un nuevo punto de inflexión a las explicaciones que hasta entonces estuvieron sustentadas exclusivamente por la epistemología dominante.

Aunque la idea de naturaleza de la ciencia no es absoluta, se fundamenta en conceptos claves derivados de la epistemología y de otras metaciencias. Si bien este concepto se nutre de diversas metaciencias, las ideas derivadas de la epistemología tienen el peso más importante. De ahí que se considera que una comprensión significativa de la idea actual de la naturaleza de la ciencia sólo puede ocurrir a la luz de bases epistemológicas elaboradas previamente. Por esta razón hemos incorporado como referente teórico los modelos epistemológicos preexistentes, que revisamos a continuación.

### ***3.1.1.2 Modelos epistemológicos preexistentes de importancia para la enseñanza de las ciencias***

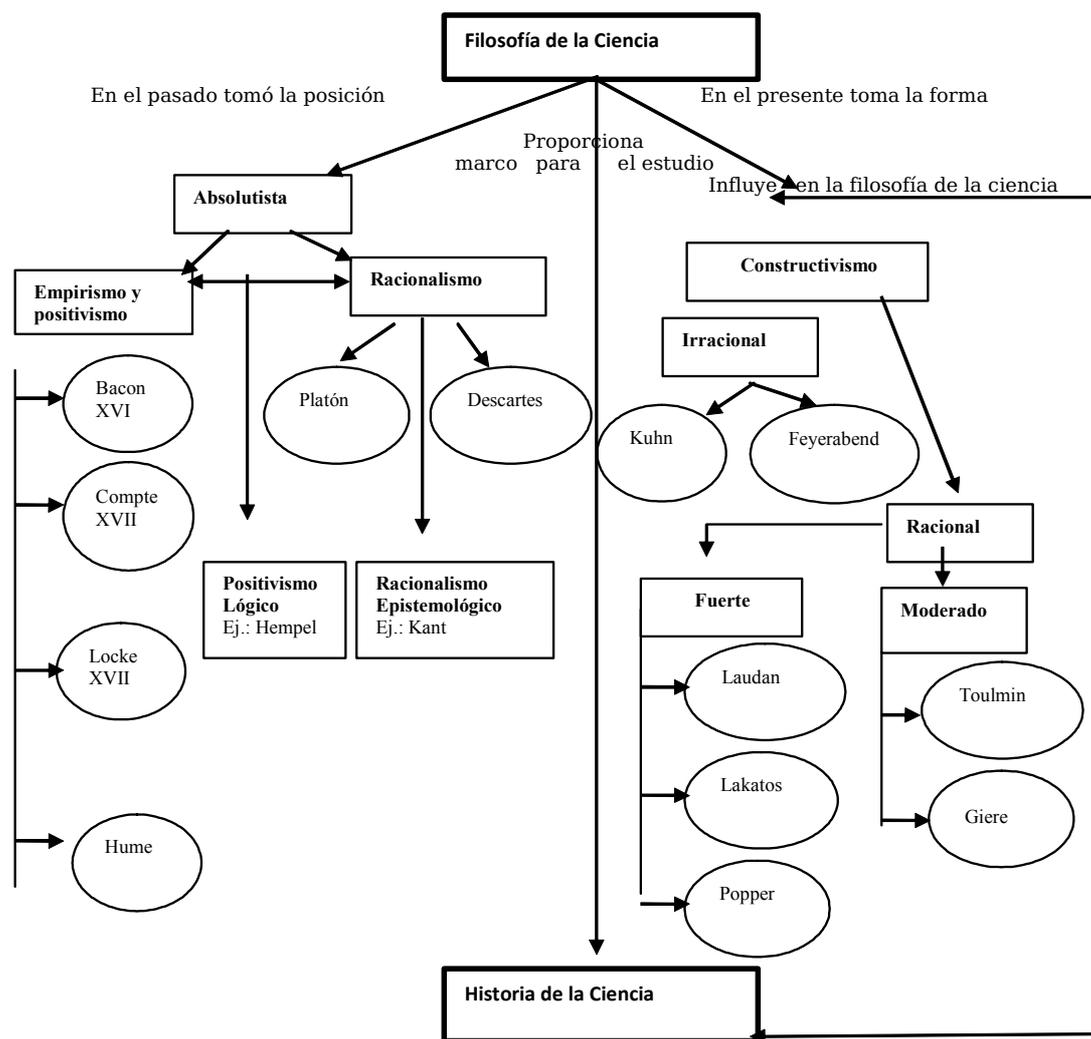
La filosofía de la ciencia dispone de distintos modelos epistemológicos para explicar qué es la ciencia. Aunque estos modelos compiten conceptualmente, a veces de modo contradictorio, tienen como característica común el compartir los mismos conceptos epistémicos (Izquierdo, 2000). Los conceptos epistémicos se pueden organizar en cuatro ejes que nos permiten comprender la diversidad de aspectos que conforman a la ciencia y que van mucho más allá del contexto de justificación que ha marcado el paso de la enseñanza de las ciencias durante muchas décadas. Según Losee (1981) estos conceptos epistémicos se pueden sintetizar en cuatro interrogantes fundamentales:

- ¿Qué características distinguen a la investigación científica de otros tipos de investigaciones?
- ¿Qué tipo de procedimientos siguen los científicos al investigar la naturaleza?
- ¿Qué condiciones debe satisfacer una explicación científica? y
- ¿Cuál es el estatus cognitivo de las leyes y de los principios científicos?

Por otra parte, la investigación didáctica ha aportado diversos marcos para los enfoques epistemológicos que tienen incidencia en la

educación científica (por citar algunos, Nussbaum, 1989; Mellado y Carracedo, 1993; Izquierdo, 2000 op.cit.). Cabe destacar la aportación de Izquierdo (2000), quien señala que los aspectos epistemológicos relevantes en la enseñanza de las ciencias derivan de dos corrientes fundamentales (Figura 3).

**Figura Nº 3. Modelos epistemológicos que han influido mayormente en la educación científica del siglo XX**



Fuente Izquierdo (2000)

Las dos corrientes fundamentales que señala esta autora son: la absolutista, representada por el empirismo, positivismo lógico y racionalismo, y la constructivista que, a diferencia de otros marcos,

incorpora modelos epistemológicos posteriores a los de la nueva filosofía de la ciencia, entre estos el modelo de Giere, de gran importancia para la investigación en didáctica de las ciencias. A continuación se exponen las características de los modelos de la ciencia que señala esta autora y que han tenido importancia en la enseñanza de las ciencias, y que, por esta razón, son también relevantes para los fines de este estudio:

### **A) Corrientes absolutistas**

En los siglos XVII y XVIII la epistemología se decanta en dos grandes corrientes: el empirismo y el racionalismo. El empirismo arranca con Bacon y continúa con Hobbes, Hume y Locke, que ponen el acento en la justificación del conocimiento a partir de los datos aportados por la experiencia sensible y tratan de establecer un método científico (inductivo y riguroso) apoyado en los datos de esta experiencia (Mellado y Carracedo, 1993). Por otra parte, el enfoque racionalista, iniciado en el siglo XVII por su creador René Descartes, destaca el papel de la razón y de los conceptos creados por la mente en el proceso de formación y fundamento del conocimiento científico (Estany, 1993).

Un siglo después surge Kant proponiendo el idealismo trascendental, con el cual intenta llegar a una síntesis del enfrentamiento entre el empirismo y racionalismo, estableciendo que todo el conocimiento científico, si bien tiene base en la experiencia sensible, tiene que ser encuadrado a priori en unas estructuras mentales para que pueda ser realmente conocido y adquiriera el rango de necesidad y universalidad que todo conocimiento científico debe poseer (Mellado y Carracedo, 1993 op.cit.).

Por otra parte, el enfoque empírico tuvo un rol importante en los primeros años del siglo XX en el llamado Círculo de Viena, dentro del cual se fundamenta la corriente epistemológica del positivismo lógico. El Círculo de Viena proyectó elaborar una filosofía científica que rompiera con toda la explicación metafísica y la filosofía imperante en los países germanos. Sus miembros trataron de producir una auténtica revolución filosófica apelando al proyecto de Comte de una ciencia unificada y a las epistemologías empiristas de Mach y de Wittgensen (Echeverría, 1998, op cit). El

positivismo lógico pone el énfasis en el estudio y desarrollo de la lógica matemática (Mellado y Carracedo, 1993 op.cit.). Para este modelo, la posibilidad de verificar los conocimientos pasa a ser el criterio fundamental para distinguir las ciencias empíricas de otros tipos de saber. Así, un enunciado es científico si es verificable, y, para ello, sus términos han de tener significado empírico. De este modo se excluyen del campo significativo todos los enunciados de la metafísica considerados por Carnap como pseudoproposiciones que no servían para describir objetivamente el mundo (Estany, 1993 op.cit.). Según el positivismo lógico (o neopositivismo), el progreso de la ciencia está ligado al proceso de reducción de teorías, entre los cuales hay dos perfectamente aceptables. Así, una teoría es reducible por otra si puede ser lógicamente derivable de ella, lo cual sólo puede suceder si ambas teorías son lógicamente consistentes entre sí y el vocabulario de la primera (la reducida) puede obtenerse a partir de la segunda, tanto en lo que respecta a la componente teórica como a la observacional, mediante definiciones o leyes-puente (Echeverría, 1999 op.cit.). Para el Círculo de Viena y, posteriormente, para otros filósofos de la ciencia, lo esencial del saber científico era su capacidad de predecir exactamente los fenómenos naturales (Echeverría, 1999 op.cit.). Este modelo de ciencia perdura hasta ahora y se conoce como concepción heredada (received view), ya que engloba al conjunto de ideas básicas que habían caracterizado al positivismo lógico y a la filosofía analítica de dicha época. Carnap, Hempel y Nagel son nombres claves en el desarrollo de esta concepción (otros autores como Achinstein, Bridgman e incluso Skinner hicieron también aportaciones importantes).

Igualmente, una de las ideas ampliamente aceptadas por los defensores de la concepción heredada es la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación que propone Reichenbach (1938). La idea central de Reichenbach consistió en prescindir de los procesos científicos reales tomando como objeto de la filosofía de la ciencia una reconstrucción lógica de las teorías. De acuerdo con esta propuesta, los filósofos no tienen que ocuparse de cómo llega a producirse un descubrimiento científico. Lo esencial era el resultado final de la investigación científica, es decir, los hechos descubiertos, las teorías

elaboradas, los métodos lógicos utilizados, y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones derivadas de las teorías. Según Reichenbach, las cuestiones relativas al contexto en que se verifican los descubrimientos, el origen histórico de los conceptos, de las leyes y teorías, y el modo en que sus descubridores han llegado a ellos no son objeto de la epistemología ni de la filosofía de la ciencia, sino de la historia, de la sociología y de la psicología, que consideraban externas a la ciencia. Según esta postura, los epistemólogos debían considerar como punto de partida el conocimiento ya elaborado. La distinción entre ambos contextos de la ciencia fue admitida por muchos filósofos de la ciencia, de tal manera que gran parte de los procesos de comunicación del conocimiento científico, como la enseñanza, la interacción entre los investigadores en los laboratorios, la recepción de los descubrimientos y los debates entre teorías contrapuestas, etc., se excluyeron del análisis epistemológico. Este enfoque tuvo gran influencia en la enseñanza de las disciplinas científicas, en la enseñanza de las ciencias, y en la elaboración de textos científicos y de estudio centrados exclusivamente en los productos finales del proceso (Echeverría, 1998 op.cit.).

## **B) Corrientes constructivistas**

Para efectos de este trabajo, la corriente constructivista la subdividiremos en nueva filosofía de la ciencia y en actual filosofía de la ciencia.

### **B.1) Nueva Filosofía de la Ciencia**

Aunque las críticas a la tesis de la concepción heredada se inician en los primeros años de la década de los cincuenta, existe un acuerdo casi total en que con la irrupción de “La estructura de las revoluciones científicas” de Thomas Kuhn en 1962 se rompe el consenso del enfoque absolutista. Así, todo el conjunto de puntos de vista sobre la ciencia surgidos desde la irrupción de Kuhn se agruparon bajo el nombre de Nueva Filosofía de la Ciencia. En general, las diversas escuelas que la conforman tienen en común negar la lógica formal como primera herramienta de análisis de la ciencia. De este modo dan paso a nuevas aproximaciones

epistemológicas que afirman que la ciencia sólo puede ser comprendida debidamente si se incluyen las categorías históricas, sociológicas y psicológicas (Zamora, 2003). En este sentido, Estany (1993 op.cit.) señala que los aspectos más importantes de esta corriente epistemológica convergen en dos vertientes que hacen referencia a:

- **El desarrollo de teorías y modelos sobre el contexto de descubrimiento:** Este hecho dio lugar al desarrollo de construcciones metaconceptuales dentro de los cuales se incluyen:
  - Los «paradigmas» de T. Kuhn
  - Los «programas de investigación» de I. Lakatos
  - El «evolucionismo» de S. Toulmin
  - La «carga teórica» de R. Hanson
  - El «anarquismo epistemológico» de P. Feyerabend
  - Los «problemas empíricos y conceptuales» de H. Laudan
  
- **La crítica a las principales tesis de la concepción heredada:** Esta vertiente se centró en el desarrollo de algunas tesis que se contraponen a las vertidas por la concepción heredada. Por lo cual, aunque se desarrolló fundamentalmente en el contexto de descubrimiento, también definió algunos aspectos que pertenecen al contexto de justificación. Entre las tesis compartidas por los filósofos de la nueva filosofía de la ciencia y que se contraponen a las de la concepción heredada se encuentran:
  - Una supuesta teoría del significado: el significado de todos los términos científicos, tanto si son factuales (observacionales) como teóricos, está determinado por la teoría o paradigma o ideal de orden natural que subyace a dichos términos o en los que están inmersos. Esta tesis, particularmente, se opone al punto de vista del

positivismo lógico, que señala la existencia de una relación absoluta e independiente entre «términos teóricos» y «términos observacionales».

- Una supuesta teoría de los problemas: que definiría el dominio de la investigación científica y de lo que puede considerarse una explicación como respuesta a aquellos problemas. Esta tesis se opone al intento de Hempel de hacer un análisis nomológico-deductivo y estadístico del concepto de explicación científica.
- Una supuesta teoría de la pertinencia: de los hechos para la teoría, de los grados de pertinencia y, en general, de la aceptabilidad o inaceptabilidad relativa de las diferentes conclusiones científicas (leyes, teorías o predicciones). Esta tesis se opone a la posibilidad de una «lógica inductiva» formal en el sentido carnapiano.

En otro sentido, Abimbola (1983) desde el ámbito de la didáctica de las ciencias sintetiza los principales aspectos del enfoque construido a partir de las aportaciones de diversos filósofos de la ciencia como Blackwell, Bronowsky, Brown, Feyerabend, Hanson, Kuhn, Lakatos, Toulmin, entre otros. Entre los principales aspectos que señala este autor respecto la epistemología se encuentran (Abimbola, 1983):

- El conocimiento, creencias y teorías que sostenemos determinan en gran medida lo que percibimos. Por lo tanto, las observaciones son dependientes de la teoría.
- Los científicos operan dentro de paradigmas aceptados, suposiciones, o programas de investigación. Los paradigmas determinan qué problemas resolver, los instrumentos, las técnicas de inferencia y los modelos a emplear.
- La lógica formal se niega como primera herramienta de análisis de la ciencia, y se reemplaza por una dependencia de las aportaciones de los estudios derivados de la historia de la ciencia.

La última decisión de las cuestiones científicas descansan en la comunidad científica.

- La investigación y la crítica continua, más que los resultados aceptados, son el núcleo de la ciencia.
- La ciencia tiene dos fases: la ciencia normal y la ciencia revolucionaria. La ciencia normal opera bajo un paradigma compartido y es responsable de causar las revoluciones científicas. Los acontecimientos más importantes en la historia de la ciencia son las revoluciones con cambios de paradigmas. Por lo tanto, el progreso de la ciencia es no-acumulativo, y, usualmente, implica un cambio de paradigma, el cual es inconmensurable.
- Los datos observacionales no permanecen igual desde una revolución científica a otra. Esto es nuevamente debido a que los paradigmas científicos son inconmensurables.

## **B.2) Actual Filosofía de la Ciencia**

Bajo esta definición se agrupan las numerosas visiones epistemológicas enmarcadas en los enfoques postmoderno y contemporáneo. El enfoque postmoderno agrupa a una gran diversidad de escuelas epistemológicas que, aunque sin un total consenso, emergen con el anarquismo epistemológico de Feyerabend en 1974. Los filósofos de esta corriente reinterpretan a Kuhn haciendo énfasis en el relativismo social y reconocen que no existen criterios lógicos y racionales puros para evaluar el conocimiento científico, ya que éste siempre está influido por el contexto social y por los intereses de quienes elaboran este conocimiento (Echeverría, 1999 op.cit.).

Por otra parte, el enfoque contemporáneo reúne una diversidad de escuelas que tienen en común el haber emergido en una época caracterizada por un gran desarrollo de la ciencia y la tecnología. El surgimiento de la tecnociencia (Big Science) se considera como la principal causa del giro que experimentó la filosofía de la ciencia en las dos últimas décadas del siglo veinte. Estos cambios dieron origen a una diversidad de

escuelas contemporáneas que, en estrecha colaboración con sociólogos, psicólogos cognitivos, historiadores, economistas, educadores y tecnólogos, participan en la reflexión de esta nueva disciplina. Así, la filosofía de la ciencia de los años ochenta y noventa queda definida como una disciplina polifacética que aglutina una diversidad de enfoques, como el analítico, estructuralista, cognitivo, semántico y evolucionista, entre otros, sin una tendencia dominante.

En otro sentido, Estany (1993 op.cit.) señala que la actual filosofía de la ciencia se puede abordar desde diversas perspectivas de análisis:

- Desde los problemas que plantea esta corriente epistemológica
- Desde las filosofías particulares
- Desde los modelos que toma de otras ciencias
- Desde las principales líneas de investigación

La tabla 12 expone una síntesis con las principales características de cada una de estas perspectivas.

**Tabla N° 12. Perspectivas y características de la actual filosofía de la ciencia**

Perspectivas de análisis de la actual filosofía de la ciencia (Estany, 1993):	Características (Enfoques, conceptos claves, filósofos más representativos etc.)
1. Problemas que plantea	No hay temas comunes que aglutinen a la comunidad de filósofos. Sin embargo, algunos temas de debates se centran en la relación realismo/antirrealismo, determinismo, antideterminismo y en la racionalidad de la ciencia.
2. Las diversas filosofías de la ciencia particulares	Aquí se incluyen las diversas filosofías regionales (Bunge, 1980), esto es, por ejemplo, la filosofía de la lógica, de la matemática, de la física, de las ciencias sociales, etc., motivadas por el interés de diversas disciplinas como la historia, antropología, geografía, sociología, arqueología, para adquirir el estatus científico.
3. Los modelos que toma la filosofía de la ciencia de otras ciencias	<p>1. <u>Sociología del conocimiento</u>: Influyó el desarrollo de la Sociología de la Ciencia con las aportaciones de R. K. Merton y luego con la Escuela de Edimburgo representada por B. Barnes y D. Bloor.</p> <p>2. <u>Ciencias Cognitivas</u>: Influida especialmente por el desarrollo de las Neurociencias. Un exponente importante de esta influencia es P. Churchland.</p>
4. Las grandes líneas de investigación o distintas concepciones	<p>1. <u>Concepción estructuralista de las teorías científicas</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fundada por J. Sneed.</li> <li>▪ Se considera una revisión de la concepción heredada.</li> <li>▪ Las teorías científicas son las entidades teóricas básicas de la ciencia.</li> <li>▪ Propone una axiomatización informal de las teorías científicas que supone la utilización de la teoría informal de conjuntos para caracterizar las teorías científicas.</li> <li>▪ La axiomatización de las teorías científicas constituye el criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia (según Moulines).</li> <li>▪ Supone una finalización de la disociación entre el contexto de descubrimiento y de justificación defendida por la concepción heredada.</li> </ul> <p>2. <u>Concepción semántica de las teorías científicas</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Representada por filósofos como Wojcicki, Przeleccki, Dalla Chiara, Torradlo, Suppe, Van Fraassen y Giere.</li> <li>▪ Propone la Teoría de Modelos para analizar las teorías científicas.</li> <li>▪ Una de las características principales de este enfoque es que relaciona las teorías científicas con el mundo externo.</li> <li>▪ Los conceptos de modelos, hipótesis y teoría tienen un significado concreto.</li> </ul>

*Fuente* Estany (1993)

En este apartado se han mostrado los modelos epistemológicos que han tenido un papel importante en la enseñanza de las ciencias. Esta importancia se debe a que se reconoce que se encuentran fuertemente arraigados en las ideas del profesorado, estudiantado y en prácticamente todos los ámbitos de la enseñanza de las ciencias. De ahí que se plantea la necesidad de promover cambios en el sentido de ampliar las visiones tradicionales con ideas más actuales, que incorporan, además de la epistemología, las aportaciones de otras metaciencias que son relevantes para la enseñanza de las ciencias. En este sentido, las aportaciones de la

investigación didáctica han tenido un papel relevante en diagnosticar las ideas predominantes, y también en la tarea de concretar y adaptar el conocimiento metacientífico a la necesidad que tiene la educación científica de encontrar un fundamento epistemológico, sociológico e histórico que tenga sentido para la enseñanza de las ciencias.

### ***3.1.2 Relevancia de la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias***

Aunque se acepta que no hay una sola representación de la naturaleza de la ciencia que sea capaz de describir toda la ciencia y la empresa científica, existen muchas evidencias que indican que la enseñanza de las ciencias transmite ideas de la naturaleza de la ciencia diferentes a las propuestas por la actual filosofía, historia y sociología de la ciencia. Para intentar explicar esta problemática se deben tener presentes las aportaciones de Robinson (1969), que abogaba por la inclusión de la epistemología en la educación científica como una manera de evitar la distorsión artificial de la idea de naturaleza de la ciencia que estaba induciendo la enseñanza de las ciencias. Este investigador afirmaba que la enseñanza de las ciencias estaba transmitiendo una visión equivocada de la ciencia. Y, además, añadía que en las aulas se promovía una dicotomía entre los procesos y los productos de la ciencia. En palabras del autor, lo que se hacía en las aulas era “separar lo inseparable” (las comillas se encuentran en el texto original), haciendo referencia a la absoluta negación de los procesos de la ciencia en la enseñanza. Junto a estas afirmaciones, Robinson propuso una hipótesis, aún vigente, que tuvo mucha influencia en la educación científica y que, esencialmente, sostiene que la teoría del profesor sobre la naturaleza de la ciencia, es decir, la epistemología del profesor, se podía comunicar explícita o implícitamente, y que esta epistemología podía afectar la actuación del profesor en el aula.

Hoy existe un amplio registro proveniente de la investigación didáctica que indica justamente la evidencia que aportó Robinson hace más de treinta años. Como ya se ha señalado, los antecedentes muestran que el profesorado sustenta una escasa información epistemológica y que muchas de sus ideas forman parte de principios epistemológicos anteriores a la

nueva filosofía de la ciencia (Adúriz-Bravo *et al.*, 2002). Lo cierto es que el currículo y el profesorado de ciencias se han movido dentro de límites más o menos tradicionales en lo que a ideas de la ciencia se refiere. Y, al mismo tiempo, todos estos antecedentes coinciden en la tendencia orientada a otorgar más importancia a los productos de la ciencia y a negar los aspectos acerca de cómo se ha construido dicho conocimiento (Mc Comas, 1998 op.cit.). Esta situación también se ha visto agravada por la imagen distorsionada de la ciencia que ha mostrado la mayoría de los currículos, y que se ha guiado, principalmente, por la lógica interna de la ciencia. Esta independencia implica aspectos como, por ejemplo, las características personales de los científicos y los elementos socio-históricos y económicos presentes en el desarrollo de la empresa científica, entre muchos otros. Hodson (1991 op.cit.) enfatiza esta problemática al señalar que la omisión de otros contextos de la ciencia se ha visto agravada también por la presencia en los currículos de contenidos epistemológicos confusos, contradictorios y basados en una dudosa filosofía de la ciencia. Así, todo ello se ha visto empeorado, ya que la mayoría de los currículos habían caído en el error de considerar que los aspectos metacientíficos se aprendían implícitamente por medio de la instrucción.

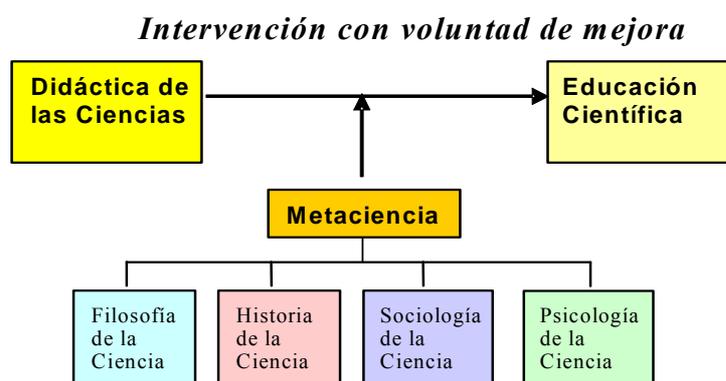
Por otra parte, Duschl (1985) en su citado trabajo "*Science Education and Philosophy of Science Twenty-Five Years of Mutually exclusive Development*" sostiene que la comunidad científica había ignorado el desarrollo de la historia y filosofía de la ciencia y las importantes implicaciones de estas metaciencias para la educación científica. También sostiene que la educación científica no estaba considerando las significativas aportaciones de las nuevas visiones de la naturaleza de la ciencia para mejorar la enseñanza. Este trabajo, junto a las aportaciones de Ennis (1979) y Miller (1983), tuvieron una influencia importante en el reconocimiento de las metaciencias como una herramienta fundamental para promover mejoras en la enseñanza de las ciencias. En este sentido, Ennis (1979 op.cit.) llama la atención al profesorado y a los diseñadores de currículos de ciencias sobre la necesidad de tomar en cuenta la filosofía de la ciencia para mejorar la enseñanza. Este autor argumenta que en los contenidos y en los métodos

de aprendizaje, particularmente en lo relativo al conocimiento científico de los procesos de la ciencia y al rol del trabajo de laboratorio, se transmiten implícitamente diversos mensajes sobre la idea de ciencia que se desarrolla.

De esta forma, a la vez que se producen avances importantes en la investigación didáctica, se acrecienta la idea que las visiones contemporáneas de la filosofía e historia de la ciencia deberían estar presentes en los nuevos currículos y en los programas de formación del profesorado (Hodson, 1991 op.cit).

Adúriz-Bravo *et al.*, (2002 op.cit) sostienen que en la actual didáctica de las ciencias hay un reconocimiento amplio de la relevancia que tienen las metaciencias en la enseñanza de las ciencias y de la estrecha conexión entre los aspectos de la naturaleza de la ciencia con la enseñanza de las ciencias naturales. Se reconoce el carácter instrumental y el valor de las metaciencias para promover una mejora sustancial de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La figura 4 esquematiza la relación que este autor señala se establece entre la didáctica de las ciencias con las metaciencias.

**Figura Nº 4. Relación que mantiene la didáctica de las ciencias con la educación científica y las diversas metaciencias que contribuyen a la naturaleza de la ciencia**



*Fuente* Adaptado de Adúriz-Bravo (2001)

Este autor sostiene que la didáctica de las ciencias puede favorecer la educación científica con las aportaciones que proponen, derivadas de las investigaciones relativas a la relación entre la enseñanza de las ciencias y la naturaleza de la ciencia o con los metaconocimientos del conocimiento científico.

En relación con estas afirmaciones, Adúriz-Bravo (2006) propone un modelo para enseñar los aspectos de la naturaleza de la ciencia (Ver Figura 5).

**Figura Nº 5. Ejes metacientíficos que comprende la idea actual de naturaleza de la ciencia**



Fuente Adaptado de Adúriz-Bravo (2005).

Este modelo se fundamenta en la relevancia de las metaciencias para intervenir en una mejora de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, de su comprensión, y de la propia enseñanza de las ciencias naturales.

En el mismo sentido Izquierdo (1996) ha señalado que la actual filosofía de la ciencia ha ahondado en la comprensión de las circunstancias individuales, técnicas y sociales que confluyen en la formación del conocimiento, mostrándonos las múltiples dimensiones del conocimiento científico. Para esta autora, esta nueva perspectiva de la ciencia se caracteriza por tener ahora:

- valor educativo
- objetivos humanos
- aspectos éticos, estéticos, didácticos y literarios
- aspectos disciplinares y profesionales
- las aventuras y peripecias de los científicos
- los condicionantes de un pensamiento lo más riguroso posible
- las posibilidades de construcción y reconstrucción de las ideas que proporciona el lenguaje

Estos aspectos de la ciencia provenientes de la epistemología y otras metaciencias son una aportación significativa para el diseño y desarrollo de la ciencia escolar (Izquierdo, 1996 op.cit.), ya que su inclusión en el aula de ciencias significa también hacer posible que el estudiantado contraste las diferencias entre la ciencia genuina y la pseudociencia. Según esta autora, este tipo de reflexión permitiría al estudiantado hacer posible este contraste y también comprenderlo. En este mismo sentido, Siegel (1991) considera que también favorece en el estudiantado el desarrollo de un pensamiento más crítico. Esta afirmación también se encuentra en Mathews (1998 b), quien señala que la habilidad para distinguir la ciencia de la pseudociencia depende de la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia.

Todas estas aportaciones permiten afirmar que los aspectos epistemológicos, históricos, sociológicos y psicológicos de la ciencia deberían estar en los fundamentos de los currículos de ciencias, así como también en la base de los programas de formación inicial y continua del profesorado, y de manera muy importante, en la base de la enseñanza de los contenidos científicos que se desarrollan en el aula.

### ***3.1.3 Aportaciones de la idea actual de la naturaleza de la ciencia a la enseñanza de las ciencias***

En la actualidad es posible encontrar numerosas representaciones de la naturaleza de la ciencia que tienen un amplio reconocimiento de muchos filósofos, historiadores y profesorado de ciencias (Schwartz y Lederman, 2002 op.cit.). Tal es el caso de la propuesta Ciencia para todos los americanos (*Science for Alls Americans*, 1990), que define la visión actual de la naturaleza de la ciencia según tres principios relevantes para la educación científica contemporánea:

- ▀ El mundo es comprensible y, aún así, la ciencia no puede proporcionar respuestas a todas las preguntas relacionadas con éste.
- ▀ La investigación científica depende de la lógica y está basada en la experiencia empírica, sin embargo implica la imaginación y la invención de explicaciones.
- ▀ La ciencia tiene un componente social y político.

En este mismo sentido, desde la investigación didáctica ha surgido un conjunto de ideas y afirmaciones sobre la naturaleza de la ciencia que son importantes para su enseñanza. Estos principios se han nutrido con las ideas aportadas desde la filosofía, historia y sociología de la ciencia y son de gran valor para la didáctica de las ciencias por las conexiones que establecen con la pedagogía y la psicología cognitiva (Adúriz-Bravo, 2001; Izquierdo *et al.* 1999). Estas aportaciones se han sintetizado en los siguientes principios que se han elaborado en este estudio a partir de dichos autores y de otros como Cleminson (1990), Giddings (1982),

Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003 op.cit), y Lederman (1985; 1992; 1999 ops.cits.):

- La ciencia es una empresa humana que tiene como finalidad interpretar el mundo utilizando las capacidades humanas de pensamiento teórico y de progreso para alcanzar un fin.
- La fuerza fundamental que dirige a la ciencia es la curiosidad e interés por el universo y no tiene relación con los resultados, aplicaciones o usos, así como con la generación de nuevos conocimientos.
- Una característica básica de la ciencia es la confianza en la susceptibilidad del universo físico para su mejor comprensión.
- La ciencia es un conocimiento incierto, tentativo y dinámico. Está sujeto a cambio y revisión por lo cual tiene un estatus temporal.
- No hay un solo método científico. Por el contrario, los científicos requieren desarrollar diversos métodos, los cuales quedan mejor caracterizados por algún atributo de valor más que técnico.
- La ciencia es subjetiva. La observación e interpretación de los datos depende de la teoría (*theory-laden*), así como también de la subjetividad personal de los científicos, esto es, los valores, el conocimiento y la experiencia previa.
- La ciencia se basa en la evidencia empírica. Esto significa que la ciencia se basa o deriva de la observación del mundo natural. La evidencia empírica se recoge e interpreta sobre la base de perspectivas comunes de los científicos.
- Los nuevos conocimientos científicos se producen por actos creativos de la imaginación aliados con los métodos de la investigación científica. Y, además, implica necesariamente la inferencia y la invención de explicaciones.
- La adquisición de nuevos conocimientos científicos es problemático y complejo.

Todas estas afirmaciones se ven complementadas y reafirmadas con las aportaciones de Mc Comas *et al.* (1998), quienes resaltan la acción de mejora que realiza la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. Estos autores, a partir de las aportaciones de diversas investigaciones, sintetizan en cinco sentencias la importancia de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias:

**1. La naturaleza de la ciencia incrementa el aprendizaje de los contenidos científicos:** El desarrollo de una visión actual de la ciencia, a diferencia de la visión estática tradicional, promueve la integración de los conceptos científicos favoreciendo el aprendizaje de estos. Esto se propone como una alternativa para superar las visiones estáticas que impiden ver la ciencia como un conocimiento tentativo, dinámico, y como un grupo de hechos que sólo requieren ser memorizados.

**2. El conocimiento de la naturaleza de la ciencia incrementa la comprensión de la ciencia:** El conocimiento y comprensión de los aspectos de la naturaleza de la ciencia son necesarios para evaluar las fortalezas y debilidades del conocimiento científico. Esta comprensión permite al profesorado superar el desconocimiento del significado de los conceptos de ley, teoría, hipótesis, y ayuda a comprender las reglas y métodos de la ciencia para guiar el estudio de las disciplinas científicas. Además, la comprensión de la naturaleza de la ciencia favorece el desarrollo de un pensamiento menos cínico de la empresa científica. La escasa o nula comprensión de estos aspectos impide al profesor incorporar aspectos filosóficos de la ciencia en la enseñanza. Algo similar ocurre al desconocer los aspectos históricos de la actividad científica.

**3. La naturaleza de la ciencia incrementa el interés por la ciencia:** El desarrollo de una mayor sensibilidad por el desarrollo del conocimiento científico, puede hacer que la propia ciencia y su enseñanza sean más interesantes. La incorporación de elementos epistemológicos, históricos y sociológicos del conocimiento científico en la enseñanza, humaniza la ciencia y transmite la idea que aprender ciencias es más una gran aventura que un trivial proceso de memorización de información. No se trata de enseñar la filosofía de la ciencia pura, pero sí indicar que es una

disciplina que ayuda a conocer los procesos implicados en el desarrollo del conocimiento científico.

**4. El conocimiento de la naturaleza de la ciencia incrementa la toma de decisiones:** Es necesario tener una exacta visión de cómo funciona la ciencia para tomar decisiones informadas. Este conocimiento permitirá diferenciar la ciencia de la tecnología, el conocimiento de los beneficios y perjuicios de productos derivados de la ciencia y que forman parte de la vida diaria (vacunas, medicamentos, transgénicos, etc.), el conocimiento de las innovaciones, y la importancia de la investigación básica y de las consecuencias sociales asociadas con las aportaciones económicas a la ciencia.

**5. El conocimiento de la naturaleza de la ciencia incrementa la calidad de la instrucción:** Es necesario que el profesorado de ciencias participe en una formación acerca del tema para que puedan alcanzar una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Esta comprensión provee de mejores herramientas para promover cambios en las visiones ingenuas del estudiantado y le facilita la comprensión de los aspectos psicológicos de cómo el estudiante aprende ciencias. La comprensión de la naturaleza de la ciencia es útil como agente desequilibrante para cambiar las visiones de la enseñanza y aprendizaje de la ciencias del profesorado.

Estas afirmaciones resumen muchas de las ideas actuales de la naturaleza de la ciencia, por lo que su inclusión en los distintos niveles de la educación científica (desde el currículo a la práctica de aula) supone el desarrollo de una visión fundamentada y más amplia de la ciencia.

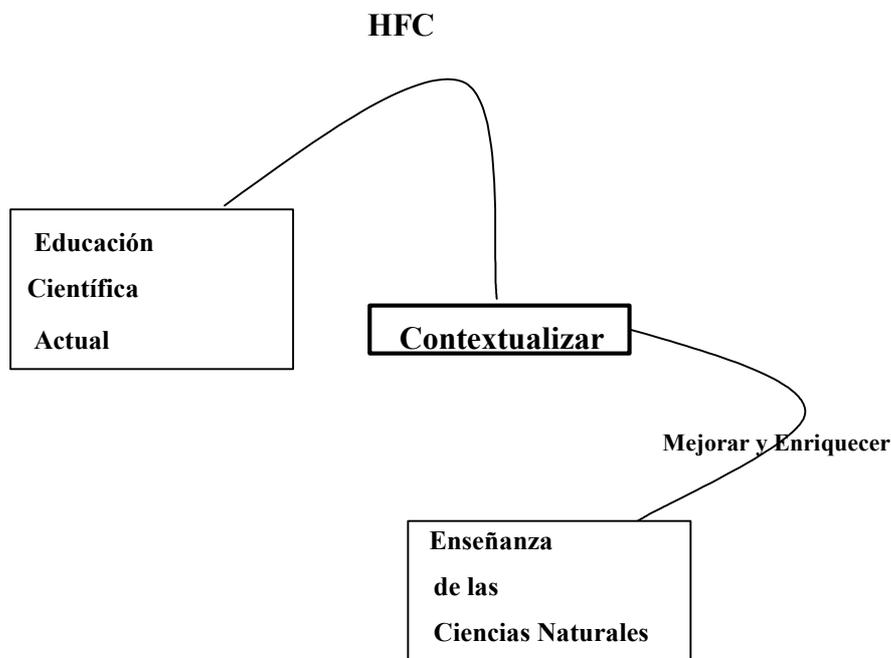
De este modo, se ha visto la relación entre la naturaleza de la ciencia y las implicaciones para la enseñanza de las ciencias, ahora se ha de revisar y exponer de manera más precisa de qué modo favorecen las metaciencias a la mejora de la enseñanza de las ciencias.

### **3.1.4 Rol de la filosofía y de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias**

Cabe señalar que desde hace más de treinta años la didáctica de las ciencias viene reconociendo la importancia de las metaciencias y, particularmente, de la filosofía e historia de la ciencia (HFC) para la actual educación científica (e.g. Abd-El- Kalick 2005 op.cit.; Abimbola, 1983 op.cit.; Duschl, 1988; Hodson, 1994; Izquierdo *et al.*, 2003; Matthews, 1994 op.cit.; Robinson, 1969 op.cit.; Rothman, 1969, entre otros).

Si esquematizamos el rol de las metaciencias y, más específicamente, de la filosofía e historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, tenemos que la educación científica actual recurre a la historia y filosofía de la ciencia con el fin de encontrar los elementos metacientíficos que le permiten una mejor contextualización del conocimiento científico en las aulas de ciencias. (Figura 6).

**Figura Nº 6. Rol de la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) en la enseñanza de las ciencias**



Las metaciencias hacen posible que la ciencia se enseñe en su contexto filosófico e histórico, así como en el sociológico, axiológico, ético y tecnológico (Mathews, 1994), para enriquecerla y mejorarla.

Las metaciencias, particularmente, la filosofía e historia de la ciencia tienen finalidades que son de gran valor para la enseñanza de las ciencias (Izquierdo, 1996 op.cit.). Algunas de estas finalidades se sintetizan en las siguientes afirmaciones (según Driver *et al.*, 1996; Hodson, 2003; Kølsto, 2001b; Leach *et al.*, 1997; Matthews, 1994; 1998 a, b; Monk y Osborne, 1997):

- **Un fin personal directo:** Es necesario que el estudiantado y las personas, en general, adquieran un sentido de lo que es la ciencia y el manejo de la tecnología.
- **Un fin democrático:** Es fundamental educar a los ciudadanos en los aspectos de la ciencia que nos afectan socialmente. La educación epistemológica se reconoce mundialmente como un fin importante de la educación obligatoria por su capacidad democratizadora de informar de las decisiones científico-tecnológicas a la población en general.
- **Un fin cultural:** La ciencia es otra forma de cultura y como tal influye en el estilo de desarrollo que está teniendo la sociedad actual.
- **Un fin axiológico:** Es necesario comprender que la ciencia tiene una axiología. Los científicos y la actividad científica conllevan una multiplicidad de valores, y es necesario que el estudiantado comprenda estos valores y la moral de la comunidad científica.
- **Un fin instruccional:** La comprensión de los aspectos metacientíficos de la ciencia influye favorablemente en el aprendizaje del conocimiento científico.
- **Un fin multicultural:** Las metaciencias tienen un rol importante en promover una visión multicultural de la ciencia, que implica, por ejemplo, discusiones referidas al género, situación

medioambiental, controversias acerca de la teoría de la evolución y el lugar de la religión en la ciencia, entre otros tantos problemas que forman parte de la vida diaria.

Por otra parte, en la comunidad de la educación científica existe un amplio consenso que el análisis de las distintas visiones epistemológicas de la ciencia favorece la comprensión de la propia naturaleza de la ciencia (e.g. Adúriz-Bravo, 2001 op.cit.; Matthews, 1994, 1997 a,b; 1998 a,b; Mc Comas *et al.*, 1998 op.cit.), así como también una mejor comprensión del significado de las ideas científicas y de la relación de los distintos conceptos científicos (Lin y Chen, 2002; Lin y Chiu, 2004; Mc Comas *et al.*, 1998; Mc Comas y Olson, 1998; Songer y Linn, 1991; Tsai, 1998). A la vez, el análisis histórico de la ciencia tiene un papel importante en los procesos de integración, los cuales implican la generación de representaciones más complejas y abstractas de los conceptos científicos (Luffiego, 2001) que producen mejoras en el aprendizaje de la ciencia (Driver *et al.*, 1996 op.cit.).

Se ha mencionado que las HFC mejoran y enriquecen la enseñanza de las ciencias. De este modo se puede decir que la filosofía e historia de la ciencia son relevantes para la enseñanza de las ciencias por las siguientes razones:

- **Humanizan la ciencia:** Las HFC humanizan la ciencia al acercarla a los intereses personales, éticos, culturales y políticos (Mathews, 1994 op.cit.). Hay consenso que la ciencia es una producción intelectual valiosa y, como tal, debe formar parte de la cultura integral de los ciudadanos (Adúriz-Bravo, 2005 op.cit.).
- **Mejoran la comprensión de la propia ciencia:** Las HFC aportan elementos teóricos que permiten la reflexión sobre el conocimiento científico favoreciendo una mejor comprensión de la ciencia, sus alcances y sus límites (Adúriz-Bravo, 2005 op.cit.).
- **Promueven el desarrollo del pensamiento crítico:** Las HFC contribuyen al desarrollo e incremento del pensamiento crítico y reflexivo (Mathews, 1994 op.cit.). Y también proporcionan

valiosas y rigurosas herramientas de pensamiento y de discurso, como la lógica formal (Adúriz-Bravo, 2005 op.cit.).

- **Mejoran el diseño de la enseñanza de las ciencias:** Las HFC contribuyen a generar ideas, materiales, recursos, enfoques y textos (Adúriz-Bravo, 2005), favoreciendo de este modo el desarrollo de clases más estimulantes y reflexivas (Mathews, 1994).
- **Mejoran el aprendizaje de la ciencia:** Las HFC pueden ayudar a superar diversos obstáculos en el aprendizaje asociados con los contenidos científicos, los métodos y valores de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2005).
- **Mejoran la formación del profesorado:** Las HFC tienen una importancia primordial en la formación inicial y continua del profesorado de ciencias (Mathews, 1994). Por ello, en la actualidad, la epistemología se considera una dimensión trascendental del conocimiento profesional docente (Adúriz-Bravo *et al.*, 2002 op.cit.). Experiencias teórico-prácticas con docentes de ciencias muestran que la incorporación de la epistemología favorece el pensamiento divergente y la actitud crítica, rigurosa y flexible, que son imprescindibles en todo profesor e investigador.

En síntesis, con la epistemología se refuerza el campo procedimental y actitudinal, además de la profundización conceptual de la disciplina que se enseña (Colombo de Cudmani y Salinas de Sandoval, 2004). Un profesor formado en HFC está capacitado para desarrollar en el estudiantado habilidades de pensamiento y de acción, que son relevantes para entender que es la ciencia, sus fines y métodos (Mathews, 1994 op.cit.). También Adúriz-Bravo (2001) y Adúriz-Bravo *et al.* (2002 op.cit.) enfatizan la necesidad que el profesorado de ciencias desarrolle una visión de segundo orden de las relaciones entre la epistemología y la educación científica. Adúriz-Bravo sostiene que esta tarea ayudará al profesorado a explicitar, comunicar y estructurar sus ideas acerca de la construcción del conocimiento científico y permitirá utilizar de manera intencionada las

aportaciones de la epistemología para mejorar la calidad de su práctica profesional.

La preocupación hacia la formación inicial y continua del profesor de ciencias en los aspectos metacientíficos se ha reflejado en diversas propuestas que tienen como objetivo central promover una mejor comprensión de aspectos epistemológicos, históricos, sociológicos y psicológicos de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2001 op.cit.). Una de estas propuestas es la que desarrolla este mismo autor (Adúriz-Bravo *et al.*, 2002), pero también hay otras propuestas, como las recogidas en *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, editada por Mathews (1998 b).

En otro sentido, a pesar del valor intrínseco de estas propuestas se ha criticado que la mayoría de ellas se encuentran fundamentadas en la Nueva Filosofía de la Ciencia dejando de lado otros elementos provenientes de corrientes epistemológicas surgidas posteriormente. Se han identificado muchas propuestas de mejora que presentan una visión parcial de la evolución de los modelos epistemológicos. Por tal razón, Adúriz-Bravo (2001op.cit.) ha expresado su desacuerdo argumentado que:

- Algunas adaptaciones de la epistemología que se usan en la didáctica de las ciencias son insuficientes e inadecuadas.
- Las escuelas epistemológicas actuales ocupan un lugar marginal en la didáctica de las ciencias.
- Se pueden tomar diferentes elementos teóricos de la epistemología con un criterio pragmático guiado por los valores de la didáctica de las ciencias.

Sobre esta situación Adúriz-Bravo (2001) realza que lo importante es evitar el dogmatismo y el desplazamiento de una a otra visión sin fundamento. En un sentido similar Hodson (1991 op.cit.) sostiene que un profesor instruido en la historia y filosofía de la ciencia puede ayudar al estudiantado a entender cómo la ciencia capta y no capta el mundo real, subjetivo y vivo. Este autor sostiene que para lograr este nivel de

comprensión y de explicación es necesario que el profesor se instruya adecuadamente según las aportaciones más clásicas, así como también con las más recientes de la epistemología y de otras metaciencias. En este mismo sentido es la reflexión que realiza Matthews (1997a) en la editorial de *Science & Education*:

“La enseñanza de la naturaleza de la ciencia debe realizarse evitando el adoctrinamiento, porque lo fundamental es que el estudiantado llegue a desarrollar creencias razonadas sobre la ciencia. Las opiniones del estudiantado deben criticarse y corregirse, pero es finalmente quien debe elaborar sus propias decisiones y tomar posiciones informadas al respecto. Básicamente, la enseñanza de estos contenidos se debería realizar juzgando el grado de sofisticación de las creencias del estudiantado para luego presentarles aspectos de la naturaleza de la ciencia que sean inteligibles para ellos” (p.327).

Al igual que muchos otros investigadores, Mathews (1994 op.cit.) enfatiza la diferencia entre ser educados en ciencias y formados en ciencias. Este autor propone que el profesorado debería ser formado en historia y filosofía de la ciencia, ya que estas metaciencias contribuyen claramente a una rica comprensión de los distintos aspectos que las conforman. Asimismo, Miller (1983) defiende la importancia de las HFC en el sentido de la trascendencia que tienen estas metaciencias para lograr una alfabetización científica más profunda y crítica.

De esta manera, una vez que ya existe cierta claridad respecto a la importancia de fundamentar la educación científica desde las metaciencias y se sabe cuáles son sus fines, parece importante clarificar qué aspectos de las metaciencias son necesarios de incorporar a la enseñanza de las ciencias para lograr los amplios fines que persigue.

### ***3.1.5 Los contenidos metacientíficos fundamentales para la enseñanza de las ciencias***

Diversos investigadores han realizado aportaciones significativas sobre los aspectos de la epistemología que es necesario recuperar para

mejorar la enseñanza de las ciencias. En este sentido, Ennis (1979 op.cit.) propone que hay que dirigir la atención sobre tres aspectos que son áreas-problema:

- La estructura de la ciencia
- La naturaleza del método científico
- El valor de los juicios de los científicos

Al mismo tiempo, Ennis (1979) relaciona seis áreas de interés de la epistemología para el profesorado de ciencias:

- El método científico
- Los criterios de un pensamiento crítico sobre enunciados empíricos
- La estructura de las disciplinas científicas
- La explicación científica
- La valoración de las opiniones de los científicos
- La realización de pruebas

En este mismo sentido, Hodson (1985 op.cit.) señala que el mayor énfasis debe ponerse en interrogantes como:

- ¿Cuáles son los métodos de la ciencia?
- ¿Cuál es el rol y el estatus de las teorías científicas?
- ¿Cómo se valida el conocimiento científico?

Hodson (1985, op.cit.) explica que las propuestas del modelo epistemológico de Kuhn (1992) tienen equivalencia directa con los elementos de la psicología en la teoría constructivista del aprendizaje. Por esto, desarrolla un modelo según el cual los objetivos que propone pueden abordarse en diferentes grados de prioridad durante tres estados de la

educación científica, estableciendo una analogía con el desarrollo de los paradigmas científicos de Kuhn:

1. Educación científica pre-paradigmática
2. Educación científica dentro del paradigma
3. Educación científica revolucionaria

Hodson (1985 op.cit.) considera que en los currículos de ciencias se deberían incluir, para una mejor validez epistemológica, el desarrollo de los siguientes aspectos de la ciencia y su metodología:

1. El establecimiento de los propósitos y los métodos de la ciencia
2. La adquisición de conceptos científicos
3. La adquisición de estructuras teoréticas y el incremento del nivel de sofisticación
4. La exploración, utilización y desarrollo de estructuras teoréticas para explicar y predecir los fenómenos
5. Las pruebas rigurosas de las consecuencias y aplicabilidad de las explicaciones teoréticas
6. La consideración y evaluación de las teorías rivales

En iniciativas posteriores se han incorporado además de estos aspectos epistemológicos, los históricos, sociológicos, cognitivos, éticos y axiológicos sobre la ciencia, porque el objetivo fundamental es promover una visión amplia en la cual no se descarten ideas derivadas de modelos epistemológicos contemporáneos.

En los últimos diez años se han generado varias propuestas de contenidos metacientíficos factibles de incorporar a la enseñanza de las ciencias. Estas propuestas combinan una gran diversidad de aspectos de la naturaleza de la ciencia, pero la mayoría concuerda ampliamente acerca de los que deberían ser fundamentales.

A continuación se señalan algunas propuestas de contenidos que combinan distintos aspectos de la metaciencias, generados desde la didáctica de las ciencias, para desarrollar en distintos niveles en la enseñanza de las ciencias:

 **Mc Comas *et al.* (1998)**

Estos autores aportan catorce aspectos de la naturaleza de la ciencia obtenidos a partir de diversos estándares internacionales, y que conformarían una visión más o menos consensuada de los aspectos de la naturaleza de la ciencia necesarios para la enseñanza de las ciencias:

- El conocimiento científico tiene un carácter tentativo.
- El conocimiento científico confía fuertemente, aunque no enteramente, en la observación, la evidencia empírica, los argumentos racionales y en el escepticismo.
- No existe una sola vía para hacer ciencia (entonces no hay un método científico universal).
- La ciencia intenta explicar los fenómenos naturales.
- Las leyes y teorías tienen distintos roles en la ciencia, entonces el estudiantado debe notar que las teorías no provienen de las leyes.
- Las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia.
- El nuevo conocimiento científico debe informarse de manera clara y abierta.
- Los científicos debe guardar un registro exacto para revisar y replicar.
- Las observaciones están cargadas de teoría.
- Los científicos son creativos.
- La historia de la ciencia revela un carácter evolutivo y revolucionario.

- La ciencia es una parte de la tradición social y de la cultura.
- La ciencia y la tecnología se impactan mutuamente.
- Las ideas científicas están afectadas por el medio social e histórico.

 **Lederman (1999)**

- El conocimiento científico es tentativo (sujeto a cambio).
- El conocimiento científico tiene una base empírica. Basado y /o derivado de la observación del mundo natural.
- El conocimiento científico es subjetivo. Depende de la observación.
- La ciencia implica necesariamente inferencias, imaginación y creatividad. Implica la invención de explicaciones.
- La ciencia implica la inferencia y la observación.
- La ciencia se encuentra inmersa en un ámbito social y cultural.
- La ciencia implica observación, inferencia, creatividad y es tentativa. La ciencia utiliza la observación y la inferencia. En parte, el conocimiento científico es producto de procesos de inferencia, de la imaginación y de la creatividad de los científicos.
- La ciencia implica subjetividad y se desarrolla en un contexto social y cultural.
- El conocimiento científico es, eventualmente, empírico, y se basa y deriva de la experimentación y la observación.
- La ciencia elabora modelos científicos que no son copias de la realidad. Las teorías científicas son análogas a los modelos científicos en el sentido que las teorías son explicaciones inferidas de los fenómenos observables. Mientras las teorías

explican los fenómenos observables, las leyes son descripciones de patrones discernibles o regularidades de los fenómenos.

#### **Schwartz y Lederman (2002, 2009)**

- La ciencia es tentativa o sujeta a cambio y revisión. Esta característica incluye aspectos como:
  - La ciencia está basada en la evidencia empírica.
  - La evidencia empírica es recogida e interpretada en base a las perspectivas de los científicos (subjetividad, dependencia de la teoría para la observación e interpretación), así como de la subjetividad personal de los científicos, sus valores, conocimientos y experiencias previas.
  - La ciencia es producto de la imaginación y de la creatividad humana.
  - La dirección y los productos de la investigación científica están influidos por la sociedad y la cultura en las cuales la ciencia se desarrolla.
- Las diferencias entre observación e inferencia.
- Diferencias entre teorías y leyes.

#### **Bartholomew *et al.* (2004)**

- La ciencia utiliza métodos experimentales para probar ideas, técnicas básicas y el uso de controles. Una sola prueba raramente es suficiente para establecer un conocimiento.
- La ciencia cambia si hay nuevas evidencias o nuevas interpretaciones de la evidencia anterior.
- La ciencia usa un rango de métodos y aproximaciones, y no existe un solo método o una sola aproximación.

- La ciencia desarrolla hipótesis y predicciones acerca de los fenómenos naturales, y este proceso es esencial para el desarrollo de nuevo conocimiento.
- La ciencia tiene un fundamento histórico.
- La ciencia es una actividad humana que implica creatividad e imaginación, pasión e inspiración, y algunas ideas científicas son un gran logro intelectual.
- La ciencia implica un proceso continuo y cíclico de preguntar y buscar respuestas que dejan a la vez nuevas preguntas. Este proceso conduce a la emergencia de nuevas teorías y técnicas que requieren probarse empíricamente.
- La ciencia implica habilidades de análisis e interpretación de datos. El conocimiento científico no emerge sólo desde los datos, sino a través de la interpretación y construcción de teorías que requieren la expresión de habilidades sofisticadas. Es posible que los científicos lleguen legítimamente a diferentes interpretaciones de los mismos datos produciéndose desacuerdos.
- La ciencia es una actividad colectiva y competitiva. Así, aunque los individuos pueden realizar contribuciones significativas, el trabajo científico se desarrolla colectivamente y es de naturaleza multidisciplinaria e internacional. El nuevo conocimiento, generalmente, es compartido y aceptado por la comunidad científica y debe sobrevivir a un proceso de crítica y revisión por pares.

De estas propuestas se extrae que hay muchos puntos comunes acerca de los aspectos de la naturaleza de la ciencia que son relevantes para la enseñanza de las ciencias. Y, esta concordancia permite visualizar la superación de la falta de consenso que había existido. Estos acuerdos se han fundamentado a partir de las evidencias aportadas por diversos estudios sobre el tema y, también, porque se ha incrementado

notoriamente la atención en esta dimensión de la ciencia dentro del ámbito de la enseñanza de las ciencias.

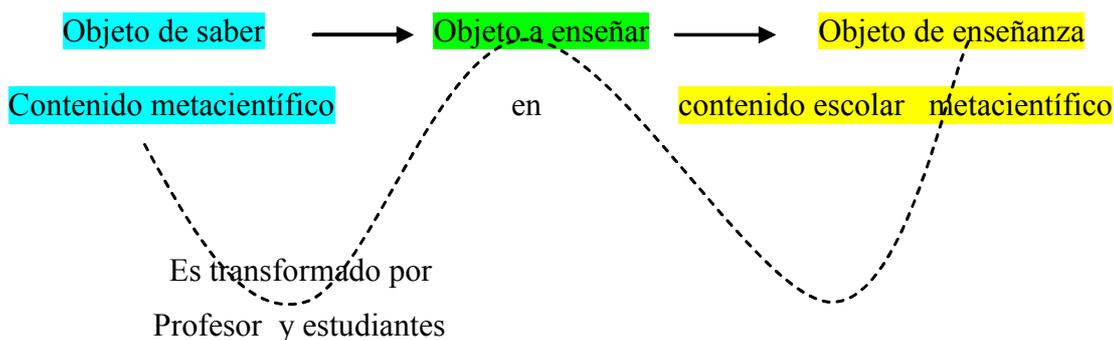
Izquierdo *et al.* (2003 op. cit.) explican que la relevancia de fundamentar epistemológicamente la educación científica viene dada por la necesidad que en las aulas de ciencias se desarrolle una enseñanza razonable y razonada, y, a la vez, que esté fundamentada en un sistema coherente de ideas y que sea válido. Al mismo tiempo, la educación científica debe estar al alcance del estudiantado, sin importar si seguirá o no estudios futuros en alguna disciplina científica. Según estos autores debe primar una enseñanza que explique al estudiantado los fenómenos naturales más relevantes que necesita comprender para vivir en la sociedad de hoy.

Por otra parte, Abd-El-Kalick *et al.* (2000a) afirman que el profesorado requiere algo más que conocimientos básicos sobre la naturaleza de la ciencia para enseñar adecuadamente los contenidos metacientíficos. El profesorado, además de un discurso adecuado acerca de la naturaleza de la ciencia, requiere apropiarse de un amplio conocimiento de ejemplos, demostraciones, y de los aspectos históricos de la ciencia. En este sentido, es necesario que desarrolle la capacidad de contextualizar adecuadamente la enseñanza de los conocimientos científicos con ejemplos o historias acerca de la historia de la ciencia. Y, además, debe estar preparado para diseñar actividades que hagan posible que los objetivos metacientíficos sean accesibles y comprensibles al estudiantado.

Consideramos que el modelo de transposición didáctica de Chevallard (1991) es un referente teórico válido para confirmar la necesidad de transformar constructivamente los contenidos metacientíficos en la práctica de aula. Chevallard denominó transposición didáctica al proceso que transforma el objeto de saber a un objeto de enseñanza. En este sentido, desde nuestro enfoque y fines, el objeto de saber que define este autor se correspondería con los contenidos metacientíficos. Estos contenidos requieren transformarse en objeto de enseñanza, que se correspondería con el contenido de la naturaleza de la ciencia. Este proceso de transformación del objeto de saber al que alude Chevallard debe ocurrir en el aula de manera intersubjetiva entre el profesor, que

suponemos sabe del contenido metacientífico, y los alumnos, que ya cuentan con un saber experiencial, por ejemplo, sus creencias sobre lo que es la ciencia y la actividad científica (Díaz, 2003). La figura 7 representa este proceso de transposición de los contenidos metacientíficos, que son el objeto de saber que ha de transformarse en objeto a enseñar en la forma de un contenido metacientífico escolar. Como señala este esquema, este contenido ha de transformarse entre el profesorado y el estudiantado.

**Figura Nº 7. Transposición didáctica del contenido metacientífico (naturaleza, de la ciencia) en el aula con la participación del profesorado y del estudiantado**



*Fuente* Adaptado de Chevallard (1991)

Así, el conocimiento metadisciplinar del profesor de ciencias se traduce en un elemento fundamental para evitar inducir, en palabras de Chevallard, obstáculos epistemológicos que puedan impedir los procesos de ruptura necesarios para el aprendizaje (Paruelo, 2003).

### ***3.2 Las ideas de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias***

En este apartado se exponen elementos teóricos que intentan definir los aspectos fundamentales que conforman el pensamiento metacientífico del profesorado de ciencias. De igual modo se intenta definir y clarificar las

diferencias entre una concepción, una creencia y una actitud, así como los aspectos fundamentales derivados de las investigaciones sobre las concepciones, visiones, ideas, preconcepciones y actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia.

### ***3.2.1 El pensamiento del profesor de ciencias***

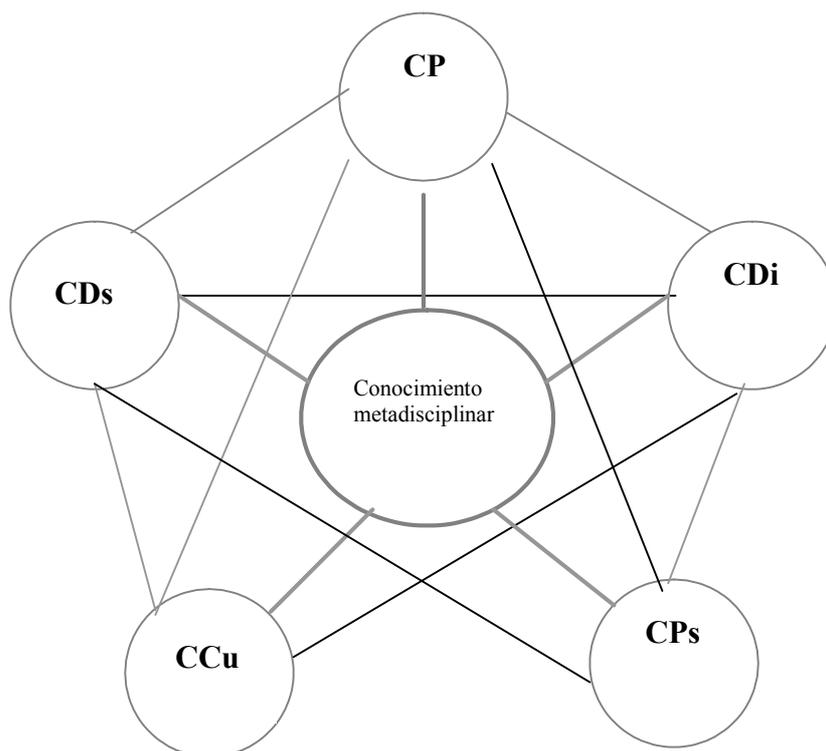
Hasta mediados de los años setenta las investigaciones sobre el profesor estaban centradas en el aprendizaje y en el estudio de la conducta, y en la formación basada en competencias técnicas para la enseñanza (Martínez *et al.*, 2001). A partir de los años ochenta la investigación educativa amplía el campo de estudio y el pensamiento del profesor de ciencias adquiere mayor relevancia. La investigación educativa, en especial la referida a la didáctica de las ciencias naturales, reorienta sus objetivos centrándose en indagar lo que piensa y hace el profesor (Gil, 1991 *op.cit.*). Este punto de vista es reforzado con los planteamientos que recalcan el papel que pueden tener las creencias, ideas, metáforas, actitudes y hábitos de comportamiento del profesor, ya que se considera que pueden orientar la acción del profesor tanto en un sentido favorable como desfavorable (Porlán, 1989).

Muchas investigaciones se centraron en la idea que debía existir algún tipo de conexión entre lo que el profesor piensa y lo que hace en el aula (Clark y Peterson, 1986; Hewson y Hewson, 1987). Así, Clark y Peterson (1986) proponen un modelo de relaciones con una conexión recíproca entre el pensamiento del profesor y la acción. Según estos autores, el pensamiento del profesorado incluye teorías y creencias, planificación, y decisiones, mientras que la acción incluye efectos observables como la conducta del profesor en el aula y la conducta y logros del estudiantado.

Se entiende que el profesor, ya sea principiante o experto, es un mediador que transforma el contenido en representaciones comprensibles para el estudiantado (Mellado, 1996 *op.cit.*). De esta forma, el profesorado guiará la enseñanza según las creencias, ideas, metáforas y actitudes que posea. Según diversos autores (Furió, 1994; Haney *et al.*, 1996; Van Driel *et al.*, 2005) estas creencias, ideas, concepciones, pueden constituir un

obstáculo importante que impide al profesor implicarse adecuadamente en la implementación de las innovaciones que se proponen en las reformas educativas. Por tanto, la dimensión metadisciplinar pasa a ser un elemento central del conocimiento profesional docente, que es capaz de estructurar a los restantes conocimientos (Mellado y Carracedo, 1993 op.cit.). En este sentido, Adúriz-Bravo (2001 op.cit.) propone un modelo del pensamiento del profesor de ciencias en el cual el conocimiento metadisciplinar es el elemento que estructura los otros conocimientos (Figura 8).

**Figura Nº 8. Modelo del pensamiento del profesor de ciencias que representa el conocimiento metadisciplinar como la dimensión que es capaz de estructurar a las demás dimensiones**



(CP: Conocimiento pedagógico, CDs: Conocimiento disciplinar, CDi: Conocimiento didáctico, CCu: Conocimiento curricular, CPs: Conocimiento psicológico)

*Fuente* Adaptado de Adúriz-Bravo (2001 op.cit.)

Adúriz-Bravo *et al.* (2002 op.cit.) señalan que “la dimensión metacientífica (filosófica, histórica y sociológica) es una de las parcelas

fundamentales del conocimiento profesional docente, capaz de dar estructura y coherencia a las demás” (p. 466). De ahí que es posible afirmar la relevancia que los aspectos epistemológicos, históricos, y sociológicos de la ciencia se encuentren en la base de la formación pedagógica y disciplinar del profesor de ciencias.

De este modo, los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia, tanto desde su relevancia hasta los contenidos fundamentales, se han ido perfilando, creemos adecuadamente, con las aportaciones de la propia investigación didáctica. Se ha constatado que hay un cierto consenso sobre los contenidos o los aspectos fundamentales de la naturaleza de la ciencia necesarios de incorporar en la enseñanza de las ciencias.

Ya se ha señalado que las ideas, creencias, actitudes del profesorado y estudiantado, en relación con la problemática que se estudia, tienen un papel relevante para el logro de los objetivos educativos, pero también lo tienen para un adecuado desarrollo personal en la sociedad actual. Las actitudes, ideas o concepciones sobre la ciencia se han caracterizado por tener una expresión inconsciente e implícita, y las tendencias actuales abogan justamente, por promover una mejor comprensión y su explicitación. Se sabe que los procesos educativos están influidos por múltiples variables, pero cada vez hay un mayor acuerdo y reconocimiento en que lo que piensa el profesor de ciencias sobre la ciencia tiene un impacto cada vez mayor en el éxito de los estudiantes y de la propia enseñanza de las ciencias.

En España, y también a nivel internacional, la literatura especializada ha utilizado con mucha frecuencia las nociones de concepción, preconcepción, creencia y actitud para señalar las diversas ideas que sostienen el profesorado y estudiantado. De ahí que consideremos necesario clarificar los conceptos utilizados con mayor frecuencia en la investigación didáctica. A modo de interrogantes podemos indagar en ¿Qué se quiere decir cuando se habla de concepción, de creencias o de actitudes docentes?, ¿Es adecuado utilizar alternativamente cada uno de estos conceptos?

### ***3.2.2 Creencia, concepción y actitud***

Para Ponte (1999) las creencias y concepciones son conceptos que tienen distintos significados y para los cuales es difícil proponer una definición. En contraste, Thompson (1984) señala que las diferencias entre ambos conceptos son demasiado pequeñas como para invertir tiempo en su análisis. Sin embargo, en la literatura se pueden encontrar algunas definiciones.

Las creencias pueden entenderse como verdades personales incontrovertibles, idiosincrásicas que tienen un componente afectivo y evaluativo, y residen en la memoria episódica (Nespor, 1987).

Por otra parte, no existe claridad total acerca de la fuente en que se generan las creencias docentes. En este sentido, se afirma que pueden ser el resultado de la reflexión sobre las experiencias de la vida o bien el resultado de los procesos de socialización experimentados durante la etapa escolar. Zeichner y Tabachnick (1981) avanzan en sus explicaciones y afirman que el profesorado durante su etapa escolar ha internalizado grupos de creencias que permanecen en estado de latencia durante la formación universitaria y que llegan a ser, en muchos casos, la principal fuerza para impulsar la práctica de aula. Como resultado de este extenso proceso educativo el profesorado en activo y en formación inicial llega a tener numerosas creencias sobre diversos aspectos relacionados con la enseñanza, como, por ejemplo, el rol que tiene la educación en la sociedad, sobre los aspectos positivos y negativos de las clases de ciencias, y sobre muchas otras áreas.

Por otra parte, una concepción se concibe como un substrato conceptual que juega un papel importante en el pensamiento y la acción proporcionando puntos de vista del mundo a modo de organizadores de conceptos (Ponte, 1992; 1994). A la vez, Thompson (1992) señala que una concepción es “una estructura mental general que abarca las creencias, los significados, los conceptos, las proposiciones, las reglas, las imágenes mentales, las preferencias y los gustos” (p.30). En un ámbito más específico, Contreras (1998) señala que una concepción es un conjunto de posiciones que un investigador asume que un profesor tiene respecto de su

práctica. Aunque este autor la define específicamente para la enseñanza y aprendizaje de la matemática, también es posible extrapolarla a otras disciplinas, como las ciencias naturales. Ponte (1999) enfatiza que las concepciones son difíciles de estudiar, puesto que son, normalmente, subconscientes y huidizas.

Se estima que las creencias ponen de manifiesto cosas que se consideran verdades sobre algún ámbito, y las concepciones serían las principales nociones que describen ese ámbito. De ahí que las concepciones se consideren un constructo más general, que pueden utilizarse para estudiar aspectos en los que las personas, en este caso el profesor, no parecen sostener creencias muy sólidas (Ponte, 1999). Las creencias y las concepciones del profesorado formarían parte de lo que Bruner (1996) ha denominado con el término *Folk Pedagogy* o Pedagogía Popular. Bruner afirma que el profesorado sostiene una diversidad de creencias, concepciones y presunciones que decretan la práctica de aula. Según este autor el profesor utiliza esta pedagogía popular para tomar decisiones educativas de acuerdo a lo que cree que es lo mejor para sus estudiantes.

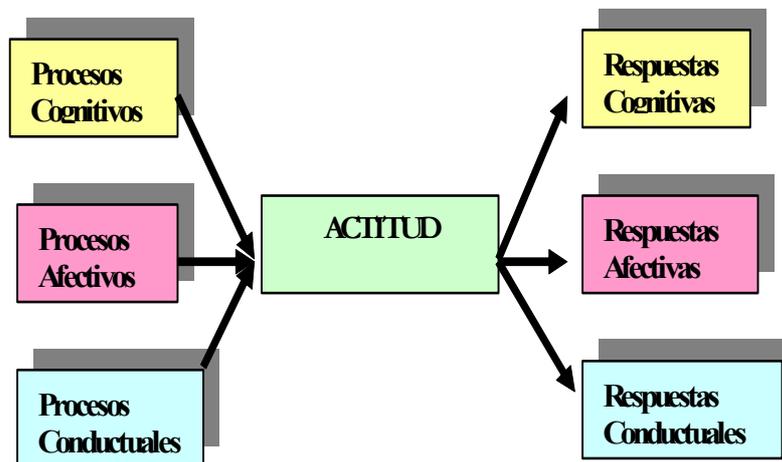
Pajares (1992) afirma que el conjunto de creencias sobre un objeto o situación particular pueden llegar a formar verdaderas agendas de acción. A su vez, las creencias, dentro de las actitudes, se conectan entre sí, y, a la vez, con otras actitudes. De este modo, las actitudes del profesor acerca de una situación educativa particular pueden incluir creencias que están conectadas con problemas externos a los netamente educativos, como pueden ser los de naturaleza social, religiosa, referidos a la raza, etc. Según este mismo autor, todo este complejo entramado es el que, finalmente, crea los valores que guían la vida de las personas, desarrollan y mantienen otras actitudes, interpretan información, y determinan la conducta, en este caso del profesor.

En otro sentido, las actitudes tienen una importancia primordial en el ámbito de la psicología social y desde allí se ha extendido a otros campos, como el de la educación. El concepto de actitud tiene múltiples definiciones, aquí aportamos la definición de Eagly y Chaiken (1998): "La actitud es una tendencia psicológica que es expresada para evaluar una

entidad particular con algún grado de favor o disfavor” (p.269). Desde esta definición, el objeto de la actitud (que es sobre lo cual tenemos una u otra actitud) y el proceso mental de evaluación, son los elementos esenciales de la actitud. El objeto de la actitud puede tener distintos atributos: concreto, abstracto, inanimado, personas o grupos (Eagly y Chaiken, 1998). Respecto la tendencia a evaluar es importante considerar que esta no es directamente observable. Además, en este proceso intervienen ciertos estímulos (por ejemplo, el objeto de la actitud) y ciertas respuestas. Se asume que esta respuesta está fundamentada en la experiencia y puede tener varias manifestaciones observables.

Rosenberg y Hovland (1960) proponen un modelo con tres componentes de la actitud ((Figura 9).

**Figura Nº 9. Representación del Modelo de los tres componentes de la actitud**



*Fuente Rosenberg y Hovland (1960)*

Según este modelo una actitud es el producto de la combinación de procesos cognitivos, afectivos y conductuales y que tiene como resultado

manifestaciones cognitivas, afectivas y conductuales. En síntesis, la actitud es una combinación de estos tres modos distinguibles de experiencias hacia el objeto de la actitud

En un sentido similar, en el ámbito local, Manassero *et al.* (2001 op.cit.) sostienen que para que exista una actitud hacia un objeto determinado es necesario que básicamente existan las siguientes condiciones:

- Alguna representación cognoscitiva de dicho objeto. Aquí es donde es posible encontrar las creencias y demás componentes cognitivos, como el conocimiento, la manera de encarar al objeto, etc., hacia el objeto de la actitud.
- Un elemento afectivo / evaluativo que se expresa en el sentimiento a favor o en contra de este objeto.
- El componente conductual, que sería el resultado de la combinación de los aspectos cognitivos y afectivos que promueven la expresión de determinadas conductas.

La literatura sobre el tema ha recurrido a vocablos como actitud, creencias, opiniones, concepciones, conocimiento, visiones para referirse al conjunto de ideas que están fuera del campo estricto del conocimiento científico (por ejemplo, las relaciones CTS, la naturaleza de la ciencia, los valores de la ciencia, la alfabetización científica). Estos constructos, aunque son de diferente naturaleza, se han utilizado como sinónimos en la investigación didáctica para significar el pensamiento del profesor.

En la didáctica de las ciencias el estudio de las actitudes ha tenido un camino largo y difícil (Vázquez, Manassero & Acevedo, 2005). Schibechei (1984) y Shrigley y Koballa (1992) consideran que esta situación se ha debido a la ausencia de un marco teórico sólido sobre el cual justificar su utilización y a las dificultades asociadas con una adecuada evaluación. Sumado a esto, muchos de los contenidos que tienen incorporados los nuevos programas de ciencias, como las relaciones CTS, la alfabetización científica y la naturaleza de la ciencia, son temas de naturaleza compleja,

polifacética, tentativa y cargada de valores, lo que hace aún más difícil evaluar u observar la actitud hacia dichos aspectos.

En cuanto a las actitudes del profesorado, si bien se han producido avances importantes, aún no existe un cuerpo de conocimientos establecido universalmente que permita decidir unívocamente sobre la valoración de las respuestas que se aportan en algún tema en concreto. Sólo es posible contar con acuerdos limitados y conjeturas razonables no exentas de controversias. Esto significa que no hay un sistema seguro para la valoración de las ideas del profesorado. De ahí que el profesor decide una valoración, positiva o negativa, que es un concepto que implica más a la actitud que a un conocimiento (Manassero *et al.*, 2004 op.cit.).

En cuanto a la valoración de las actitudes hacia temas específicos como las metaciencias hay que considerar que la mayoría del profesorado no ha tenido una formación regular sobre estos temas. Debido a esto, Manassero *et al.* (2004 op.cit.) han señalado que esta situación no permitiría afirmar que las ideas del profesorado lleguen a conformar propiamente una concepción, sino que es más factible encontrarlas más próximas a valoraciones u opciones personales.

Todos estos elementos nos han llevado a considerar en este estudio que el concepto de actitud sería el más apropiado para definir las ideas, las opiniones que sustenta el profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia que se estudiaran en esta investigación.

### ***3.2.3 Las ideas de la naturaleza de la ciencia que predominan en la enseñanza de las ciencias***

La enseñanza de las ciencias transmite una diversidad de ideas, visiones de la naturaleza de la ciencia que no se corresponden con los planteamientos más recientes derivados, principalmente, de la epistemología, así como de la historia y sociología de la ciencia. Entre las aportaciones relevantes sobre este aspecto consideramos las de Mc Comas (1998). Este autor en su clásico trabajo "Mitos sobre la naturaleza de la ciencia que transmite la enseñanza de las ciencias" sintetiza quince mitos

sobre la ciencia que transmite la enseñanza de las ciencias al estudiantado. Según este autor la enseñanza de las ciencias, a través de la propia institución, el profesorado y los libros de textos, entre otros, transmite numerosas ideas erróneas sobre distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia que ha sintetizado en las siguientes afirmaciones o mitos:

 **Mito 1. Las hipótesis pasan a teorías y las teorías a leyes:** La idea errónea es que las hipótesis, teorías y leyes se ven como formas del mismo conocimiento que evolucionan de acuerdo al grado de comprobación.

 **Mito 2. Las leyes y otras ideas científicas son absolutas:** Este mito implica dos aspectos:

- Se cree que las leyes científicas son de igual importancia que las teorías y, por lo cual, no se aprecia que los conocimientos de la ciencia son tentativos.
- Se piensa que todas las leyes científicas son iguales. No se aprecia que hay tipos básicos de leyes, como las determinísticas, por ejemplo las leyes de la física, y las probabilísticas, por ejemplo algunas leyes de la biología.

 **Mito 3. Las hipótesis son conjeturas bien informadas:** Este mito tiene relación con la idea que las hipótesis son conjeturas. Lo cierto es que el término hipótesis puede tener múltiples definiciones. Una hipótesis puede ser predictiva, explicativa o generalizable, por lo cual es fundamental tener una clara visión del contexto en el cual se utiliza.

 **Mito 4. Existe un método científico general y universal:** Este mito se basa en la noción que existe un sólo método que es seguido por todos los científicos y caracterizado por una serie de etapas: definición del problema, reunir información, formulación de hipótesis, observaciones relevantes, pruebas de hipótesis, formar las conclusiones e informar los resultados.

 **Mito 5. La evidencia acumulada puede terminar en conocimiento científico seguro:** Este mito hace referencia a la idea que la evidencia acumulada a través de la inducción dará como resultado a una nueva ley o teoría a través de un procedimiento o proceso mecánico.

 **Mito 6. La ciencia y sus métodos proveen pruebas absolutas:** Este mito hace alusión a la idea que los productos de la ciencia deben ser válidos, cuando el sello de la ciencia es lo contrario, es decir, estar sujeta a nuevas revisiones cuando se presenta nueva información.

 **Mito 7. La ciencia es más procedimental que creativa:** Este mito se fundamenta en la idea que la ciencia se desarrolla según un método procedimental y donde la creatividad del que investiga parece no tener ningún valor.

 **Mito 8. La ciencia y sus métodos pueden responder todas las preguntas:** Este mito se fundamenta en la supuesta infalibilidad de los métodos de la ciencia para responder a todas las preguntas, pero hay muchas preguntas a las cuales los científicos no pueden responder. Según el principio de falsación (Popper, 1979 op.cit.) sólo las ideas científicas son potencialmente falsables.

 **Mito 9. Los científicos son particularmente objetivos:** Este mito alude a la supuesta objetividad de los científicos cuando aplican los procedimientos hasta llegar a las conclusiones. Sin embargo, las contribuciones de la filosofía y psicología de la ciencia revelan que la objetividad es imposible de lograr.

 **Mito 10. Los experimentos son la principal ruta para llegar al conocimiento científico:** Este mito se fundamenta en la supuesta primacía de la experimentación en la actividad científica sin que se reconozcan otras vías como la observación, análisis, especulación, investigación bibliográfica, entre otras.

 **Mito 11. Las conclusiones científicas son revisadas para su exactitud:** Este mito expone la creencia que los científicos están permanentemente revisando los resultados y conclusiones que obtienen.

Esta idea se opone a la realidad, la cual muestra que los científicos ponen más atención a las conclusiones cuando éstas atacan el paradigma que prevalece en ese momento.

 **Mito 12. La aceptación de un nuevo conocimiento sigue un camino recto:** Este mito señala la idea errónea que cuando se produce una exacta interpretación de la evidencia, ésta se aceptará inmediatamente por la comunidad científica.

 **Mito 13. Los modelos de la ciencia representan la realidad:** Este mito hace referencia a que las ideas y descripciones de la ciencia corresponden a la realidad externa de los científicos. Una de las limitaciones centrales de la ciencia es que la verdadera naturaleza de la realidad nunca puede ser conocida, porque no existe ninguna entidad omnisciente que pueda responder a los interrogantes de la ciencia.

 **Mito 14. Ciencia y tecnología son idénticas:** Es una idea común creer que la ciencia y la tecnología son lo mismo, cuando la ciencia, a diferencia de la tecnología, no tiene necesariamente un fin práctico.

 **Mito 15. La ciencia tiene un propósito solitario:** Este mito sostiene la idea que los grandes descubrimientos de la ciencia se han realizado por grandes científicos, por lo tanto, la ciencia debe ser un propósito solitario e individual. En contraste, las aportaciones de la sociología de la ciencia sobre el trabajo de los científicos muestran que las ideas científicas raramente provienen de una mente individual y que la mayoría de los científicos forma parte de una comunidad científica.

A las ideas de Mc Comas (1998) se suma la relevante aportación que han realizado en el ámbito nacional Fernández *et al.* (2002 *op.cit.*). Estos autores analizan los resultados de numerosos estudios nacionales e internacionales vinculados con las concepciones, creencias, ideas previas sobre la ciencia que transmite la enseñanza de las ciencias y, en particular, el profesorado. Clasifican las ideas detectadas en estos estudios en diversas categorías a las que denominan visiones deformadas y del análisis que realizaron han elaborado las siguientes categorías:

- 📖 **Concepción empiroinductivista y ateórica:** Que resalta el papel de la observación y experimentación por sobre la teoría.
- 📖 **Concepción rígida de la actividad científica:** Que resalta una idea exacta y algorítmica de la actividad científica.
- 📖 **Concepción aproblemática y ahistórica:** Que resalta los conocimientos ya elaborados, en los productos finales de la ciencia.
- 📖 **Concepción exclusivamente analítica:** Que resalta la ausencia del trabajo de consenso, de la unificación de criterios, de conceptos e ideas, de la interrelación entre distintos campos, entre otros aspectos.
- 📖 **Concepción meramente acumulativa del desarrollo científico:** Que resalta el crecimiento lineal y acumulativo que omite los múltiples procesos implicados en el desarrollo de la ciencia.
- 📖 **Concepción individualista y elitista de la ciencia:** Que resalta el individualismo y soledad del trabajo científico.
- 📖 **Concepción descontextualizada y socialmente neutra de la ciencia:** Que ignora las relaciones entre la ciencia, tecnología y sociedad, y en la idea simplista de la ciencia como factor único y absoluto de progreso.

En muchos aspectos estas visiones deformadas concuerdan con la clasificación realizada por Mc Comas. Creemos que ambos análisis se complementan favorablemente y facilitan la comprensión de las ideas o actitudes que se pueden encontrar en el profesorado y estudiantado sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Así es como cerramos este apartado centrado en la naturaleza de la ciencia y los aspectos que la vinculan con la enseñanza de las ciencias y las actitudes del profesorado y estudiantado. Una vez revisados los conceptos teóricos fundamentales vinculados con la naturaleza de la ciencia cabe centrarnos en los factores del aula que pueden influir en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante las clases de ciencias.

### ***3.3 Los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula***

Ausubel y Novak (1983) señalan que el aprendizaje se encuentra influido por variables intrapersonales y por variables afectivo-sociales o situacionales. Las variables intrapersonales corresponden a todos aquellos factores objetivos de orden intelectual, como la estructura cognitiva, la disposición respecto al desarrollo y la capacidad intelectual. Los factores situacionales corresponden a todos aquellos factores afectivos y sociales asociados con el proceso de aprendizaje. Sobre esto Ausubel señala, a la vez, que existen diversos factores que estarían influyendo en el aprendizaje:

- **Motivación y autoconcepto:** Este factor hace referencia a la disposición del estudiantado hacia el aprendizaje. Esta actitud dependerá en gran medida del sentido que el estudiantado sea capaz de atribuir a la tarea.
- **El profesor:** Constituye una de las variables que más influye en el aprendizaje, tanto por el grado de conocimiento que tiene de su disciplina, como por el estilo para organizar y presentar el material, y por su capacidad para comunicar y transmitir valores al estudiantado.

Los modelos ideales del profesor han cambiado. En la actualidad se acepta que el pensamiento del profesor es la variable que más influye en la conducta del docente en el aula. Este pensamiento se organiza en torno a esquemas de conocimiento que incluyen creencias, teorías personales, estrategias, procesos de intervención y evaluación de la enseñanza. Estos esquemas se agrupan en diferentes configuraciones de reglas, principios prácticos e imágenes que permiten al profesorado tomar decisiones y resolver problemas, y pueden considerarse como construcciones con un alto nivel de inmutabilidad y resistencia a cambiarse.

- **Factores sociales en el aprendizaje:** Los factores sociales influyen tanto en el ámbito cognitivo como en el actitudinal y de los valores. Sobre el ámbito cognitivo la influencia es indirecta y afecta al grado y al tipo de motivación del estudiante. Es necesario tener en cuenta que los significados personales del estudiantado están en relación con los significados implícitos y explícitos de los otros, incluidos los del profesorado. Lo cierto es que esta variable tiene un papel importante dentro de los actuales paradigmas de la enseñanza de las ciencias, como el constructivismo, y, como tal, lo consideramos de una importancia relevante como factor situacional dentro de nuestro estudio.
- **Los contenidos de aprendizaje:** El énfasis sobre lo que se considera necesario aprender depende de la posición ideológica que tomamos como punto de partida. De ahí que la selección de contenidos tiene un significado mayor que una simple elección de temas. Por tal razón, rescatamos la idea que el aprendizaje de actitudes se encuentra indisolublemente ligado a situaciones afectivas. Igualmente, las experiencias previas del estudiantado y la actitud del profesorado y sus intervenciones tienen un rol fundamental frente a toda la diversidad de actitudes que serán modelos de construcción de nuevas actitudes. Visto así, la actitud del profesorado sobre las actitudes del estudiantado tendrá un rol preponderante en la internalización de nuevas actitudes por parte del estudiantado.
- **El contexto del aula:** Es imposible no considerar el contexto del aula en una situación de enseñanza y aprendizaje. El pensamiento y la práctica del profesorado y del estudiantado está condicionado y mediatizado por el tipo de clima que se genera en el aula.

Por su parte, Lederman (1992) sostiene que una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del profesorado es una condición necesaria, pero no suficiente, para promover el desarrollo de visiones sobre la naturaleza de la ciencia en el aula. Con esta afirmación Lederman quiere enfatizar la necesidad que las investigaciones deben ir

más allá de las concepciones del profesorado y estudiantado, y considerar también el complejo grupo de variables citadas por Ausubel y Novak (1983) que pueden influir en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula.

En este sentido las aportaciones de Lederman (1985, 1986, 1999 op.cit.) y Lederman y Druger (1985 op.cit.), Lederman y Zeidler (1987), entre otros, han sido fundamentales para profundizar en este aspecto. Lederman y Zeidler (1987) han identificado diversas variables situacionales relacionadas con cambios en las concepciones del estudiantado. Estas aportaciones llevaron a señalar que durante la instrucción hay en juego variables que contribuirían a la compleja relación que se establece entre las concepciones docentes y la práctica de aula. Estas variables o factores situacionales mediatizarían, bien favoreciendo o bien impidiendo, la adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente. Estos autores han delimitado numerosos factores de aula que encontraron en el análisis de las prácticas docentes y que ejercerían influencia en la traslación de la naturaleza de la ciencia con estudiantado de enseñanza secundaria. Organizan estos factores en cinco categorías que tendrían relación con la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente:

1. La aproximación instruccional del profesorado,
2. Características específicas del contenido,
3. Características no instruccionales del profesorado,
4. Características del estudiantado, y
5. La atmósfera de la clase.

Hay también otros estudios en esta misma línea que indican diversas variables que estarían mediando la traslación de los contenidos de la naturaleza de la ciencia en el aula. Algunas de estas variables son:

- La presión para cubrir los contenidos del programa (Abd-El-Khalick y Lederman, 1998; Duschl y Wright, 1989; Hodson, 1993 op.cit.).

- Factores relacionados con principios de manejo y organización de la clase (Hodson, 1993 op.cit.; Lederman, 1995).
- Las habilidades del estudiantado y su motivación (Abd-El-Khalick y Lederman, 1998; Brickhouse y Bodner, 1992; Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1999 op.cit.).
- Las obligaciones institucionales que debe cumplir todo profesor (Brickhouse y Bodner, 1992).
- La experiencia en la enseñanza (Brickhouse y Bodner, 1992; Lederman, 1999).

Hay evidencias más específicas acerca de la actitud de disconformidad que expresa el profesorado sobre la naturaleza de la ciencia y la ausencia de recursos y experiencia para evaluar adecuadamente la comprensión de este tipo de contenidos en el estudiantado. También de la deficiente comprensión de este tipo de contenidos por parte del profesorado, que, aunque están presentes en el programa de estudio, hace que los evite (Abd-El-Khalick y Lederman, 1998).

De este modo, consideramos que estos referentes teóricos son los adecuados para fundamentar nuestra posición de que, además de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia del profesorado y estudiantado, hay otras variables que se expresan durante la práctica de aula que también influyen en la enseñanza y aprendizaje de los contenidos metacientíficos.

### ***Síntesis del capítulo***

Este capítulo ha dejado ver que la idea de la naturaleza de la ciencia se ha construido sólidamente debido a las aportaciones de las metaciencias y de la investigación didáctica centradas en este tema. Estas aportaciones confirman con solidez la relevancia que tiene para la enseñanza de las ciencias el desarrollo de los aspectos metacientíficos del contenido que se enseña. Sin embargo, el logro de este objetivo, así como el desarrollo de los aspectos metacientíficos fundamentales, no es una tarea fácil. El desarrollo

de contenidos de orden metacientífico requiere actitudes y ciertas condiciones que hasta ahora no se han superado adecuadamente. Entre los obstáculos más relevantes se señala la actitud del profesorado sobre los distintos aspectos de la ciencia, ya que se reconoce que tiene muchas ideas que reducen notoriamente la posibilidad de promover un concepto más realista de la ciencia en el estudiantado.

Se ha visualizado que la práctica docente y lo que ocurre en el aula de ciencias, tiene un rol importante en la presencia o ausencia de los aspectos de la naturaleza de la ciencia. Los antecedentes han mostrado que la enseñanza de los aspectos metacientíficos ocurre bajo condiciones muy particulares de práctica docente. El desarrollo de unas buenas prácticas docentes que promuevan la comprensión de la naturaleza de la ciencia, parece requerir un conocimiento de la ciencia, tanto a nivel de contenido disciplinar como metacientífico, que no siempre ha ido a la par en la formación del profesorado de ciencias.



## **PARTE III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Marco teórico del diseño metodológico

Diseño de la investigación



---

En este **apartado III** se exponen los elementos centrales de la metodología de la investigación. Se compone de dos capítulos: el primer capítulo que expone los elementos teóricos que fundamentan la metodología utilizada en la investigación, en cual se especifican los aspectos epistemológicos, relevancia, fortalezas y debilidades de la metodología mixta, entre otros; y el segundo capítulo describe el diseño metodológico del estudio, en el que se detallan los métodos, técnicas de recogida de datos, las características de los instrumentos, el análisis de la información, así como algunas características de las muestras participantes en el estudio y el contexto en que se desarrolla el estudio.

---

## ***CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO DEL DISEÑO METODOLÓGICO***

En este capítulo se exponen los fundamentos que justifican la decisión de utilizar una metodología mixta de investigación para abordar las preguntas de investigación y los objetivos del estudio. Consideramos fundamental utilizar distintas técnicas de recogida de datos, lo que nos condujo invariablemente hacia la combinación de los enfoques cuantitativos y cualitativos de investigación. La integración de ambas aproximaciones nos pareció la estrategia más adecuada para responder del modo más enriquecedor posible a las preguntas que guían el estudio.

### ***4.1 Enfoque metodológico de la investigación***

Este apartado hace referencia a dos aspectos: la naturaleza del objeto de estudio y los fundamentos que justifican en este estudio la utilización del método mixto de investigación (*Mixed Methods Research*). Se intenta clarificar los aspectos fundamentales de este paradigma de investigación, su definición, su fundamento epistemológico, sus fines y objetivos, las diferencias respecto de los paradigmas cuantitativo y cualitativo de investigación, las fortalezas y debilidades, y el rol que tiene en la investigación social.

#### ***4.1.1 La naturaleza del objeto de estudio***

El objeto de estudio son las actitudes del profesorado de ciencias y del estudiantado de enseñanza secundaria sobre la naturaleza de la ciencia y los factores de aula que pueden influir en la traslación de estos aspectos durante la práctica.

En términos generales nuestro objeto de estudio está representado por las actitudes que tienen y transmiten el profesorado y el estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia. De este modo nos posicionamos en lo que muestra el profesorado y el estudiantado sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia y en el qué y cómo se expresan estas actitudes, y también en factores que pueden ser relevantes para la traslación de los contenidos metacientíficos durante la práctica docente.

### **La naturaleza epistemológica del estudio**

En tanto nuestro interés es conocer lo que dice y hace el profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia, nos acercamos a un tipo de estudio que considera las prácticas humanas como un referente importante a estudiar. En nuestro estudio esta práctica se focaliza en el contexto educativo de las ciencias naturales y, de manera particular, en las aulas de ciencias.

Entendemos la enseñanza de las ciencias como un proceso social complejo donde las actitudes del profesorado y estudiantado, así como las interacciones y el clima que promueven, tienen un rol importante. Durante la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se ponen en juego numerosas ideas y creencias, de las cuales los protagonistas muchas veces no son conscientes de ello. Por esta razón intentamos conocer las ideas metacientíficas del profesorado de ciencias respecto al conocimiento que enseñan, y, al mismo tiempo, las ideas metacientíficas del estudiantado acerca del conocimiento que aprenden. Igualmente, consideramos fundamental profundizar acerca de qué variables enfatizan durante estos procesos, que puedan facilitar o bien obstaculizar la presencia de los aspectos metacientíficos del contenido científico que se expresa durante la práctica de aula.

#### ***4.1.2 Metodología mixta de investigación***

La metodología mixta de investigación se define como una clase de investigación en la cual los investigadores combinan técnicas, métodos, aproximaciones, conceptos o lenguaje cuantitativo y cualitativo dentro de una misma investigación (Johnson y Onwuegbuzie, 2004). Tiene como rasgo sobresaliente el pluralismo metodológico o eclecticismo que, según sus defensores, permite derivar en un tipo de investigación de mejor nivel en comparación con una investigación que implica un solo método. Estos mismos autores afirman que la utilización de una metodología mixta dentro de un mismo estudio puede resultar altamente favorable para avanzar en una mejor comprensión de los conceptos y los problemas que se investigan en las ciencias sociales.

Estas ideas reflejan con claridad nuestra posición respecto al método mixto de investigación. Durante la preparación de la investigación pensamos que la propia naturaleza del tema que se abordaba (compleja, relevante, rica en matices, conceptos e ideas, y multidisciplinar) era la que nos estaba emplazando a decidir una combinación de métodos. Consideramos que esta estrategia nos proporcionaría mejores oportunidades para responder del mejor modo a las preguntas de investigación.

Es necesario tener en cuenta que la combinación de ambos métodos no sólo significa la combinación de diferentes vías de recogida de datos y de análisis, sino también la combinación de distintas visiones filosóficas acerca del mundo social, así como nuestra propia visión y, cómo ésta, toma lugar dentro de este contexto. También implica la combinación de profundidad y amplitud que puede derivar en la generación de nuevas ideas y una mejor comprensión del problema que se estudia. En síntesis, el método mixto de investigación puede entenderse como la exploración de las diferencias; un forum para el diálogo o bien una oportunidad para una mejor comprensión de diferentes vías de ver, conocer y evaluar (Greene y Caracelli, 2003).

El método mixto de investigación intenta legitimar el uso de múltiples aproximaciones más que restringir u obstaculizar el trabajo de los investigadores para responder a las preguntas de investigación. En este sentido se afirma que es una forma creativa y expansiva que en ningún caso limita la forma de la investigación. Es inclusivo, pluralista y complementario, y sugiere a los investigadores seguir una aproximación ecléctica acerca de la selección del método y del pensamiento y en la conducción de la investigación. No se debe olvidar que la esencia de todo método de investigación es seguir las preguntas de investigación por medio de vías que aporten la mejor oportunidad para la obtención de respuestas favorables o de mayor riqueza explicativa sobre el problema que se investiga.

Johnson y Turner (2003) afirman que, para desarrollar de manera efectiva el método mixto, quienes investigan han de considerar las características más relevantes de los métodos cuantitativo y cualitativo.

Según estos mismos autores, lograr una clara comprensión de las fortalezas y debilidades de ambas aproximaciones metodológicas sitúa a los investigadores en posición de combinar lo mejor de ambos métodos y consideran, asimismo, que esta idea es el principio fundamental del método mixto de análisis. La tabla 13 expone algunas de las ventajas de las metodologías cuantitativas y cualitativas de investigación.

**Tabla N° 13. Principales fortalezas de los métodos cuantitativos y cualitativos de investigación**

Ventajas método cuantitativo	Ventajas método cualitativo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba y valida la construcción de teorías acerca de cómo y porqué ocurren los fenómenos.</li> <li>• La prueba de hipótesis se construye antes de la recogida de datos. La información obtenida se puede generalizar cuando los datos se basan en muestreo aleatorio de un tamaño suficiente.</li> <li>• La facilidad para obtener los datos permite hacer predicciones cuantitativas.</li> <li>• Los investigadores pueden construir situaciones que eliminan la influencia de confusiones de muchas variables. Permite una mayor credibilidad en la medición de la relación causa-efecto.</li> <li>• La recogida de datos usando métodos cuantitativos es relativamente rápida.</li> <li>• Aporta precisión, cantidad y datos numéricos.</li> <li>• El análisis de los datos consume menos tiempo.</li> <li>• Los resultados de la investigación son relativamente independientes del investigador (efecto del tamaño, significación estadística).</li> <li>• Puede tener una alta credibilidad con pocas personas.</li> <li>• Es útil para estudiar un amplio número de personas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos están basados en categorías de significado.</li> <li>• Es útil para estudiar en profundidad un limitado número de casos.</li> <li>• Es útil para describir fenómenos complejos.</li> <li>• Provee información de casos individuales.</li> <li>• Puede comparar casos cruzados y análisis.</li> <li>• Provee una comprensión y descripción de los fenómenos que forman parte de la experiencia personal de la gente.</li> <li>• Puede describir ricamente detalles, fenómenos, así como su situación y profundidad en el contexto local.</li> <li>• Los investigadores identifican factores contextuales y fijos relacionados con el fenómeno de interés.</li> <li>• El investigador puede estudiar la dinámica de los procesos.</li> <li>• El investigador puede usar primariamente el método cualitativo como teoría central y generar inductivamente una teoría tentativa y explicativa acerca del fenómeno.</li> <li>• Puede determinar cómo los participantes “interpretan constructos”.</li> <li>• Los datos usualmente son recogidos de modo natural.</li> <li>• La aproximación cualitativa responde a situaciones locales, condiciones y necesidades.</li> </ul>

*Fuente Johnson y Turner (2003)*

De acuerdo a los principios que se señalan, quien investiga debe recoger múltiples datos utilizando diferentes estrategias, aproximaciones y métodos, con el fin que la combinación sea el mejor reflejo del complemento de las fortalezas de cada método y no una superposición de las debilidades que manifiestan cada uno por separado. El uso efectivo de este principio es la fuente esencial de justificación para realizar una

investigación basada en este método. Esto es debido a que se considera que el producto resultante del método mixto es superior al obtenido si se recurre a un solo método (Johnson y Onwuegbuzie, 2004 op.cit.).

A continuación se exponen algunas características del método mixto de investigación relacionadas con sus fundamentos filosóficos, objetivos, el rol que tiene en la investigación, los tipos de diseños metodológicos que permiten plantear:

### **Fundamentos filosóficos del método mixto de investigación**

El método mixto es denominado el tercer paradigma de investigación, y ofrece una lógica y una práctica alternativa a las dos aproximaciones clásicas, la cuantitativa y cualitativa. Se ha de tener en cuenta que el fin del método mixto no es reemplazar ninguna de estas dos aproximaciones, sino extraer los aspectos positivos y minimizar los aspectos negativos de ambos métodos a través de un sólo estudio, o a través de diversos estudios. En relación con esta afirmación, se ha de considerar, además, que el método mixto no ofrece una perfecta solución a las debilidades que muestran los enfoques cuantitativos y cualitativos. De ahí que se señale que este método debe usar los métodos y fundamentos filosóficos que intenten hacer viables las ideas aportadas por ambas aproximaciones metodológicas.

Existe un continuo debate en torno a la perspectiva filosófica que fundamenta el método mixto de investigación. En este sentido, Johnson y Onwuegbuzie (2004 op.cit.) y Tashakkori y Teddlie (1998) consideran que el pragmatismo es la perspectiva filosófica que sustenta esta metodología, no obstante, Rocco *et al.* (2003) señalan, además del pragmatismo, la posición dialéctica.

Para clarificar modelos y sus diferencias la tabla 14 expone un resumen con las características más relevantes de los paradigmas más importantes usados en la investigación en ciencias sociales, dentro de los cuales se encuentra el pragmatismo.

**Tabla Nº 14. Los cuatro paradigmas más importantes usados en la investigación social**

<b>Paradigma</b>	<b>Positivismo</b>	<b>Post-positivismo</b>	<b>Pragmatismo</b>	<b>Constructivismo</b>
<b>Métodos</b>	Cuantitativo	Primariamente cuantitativo	Cuantitativo y cualitativo	Cualitativo
<b>Lógica</b>	Deductiva	Primariamente deductiva	Deductivo e inductivo	Inductivo
<b>Epistemología</b>	Objetivo. El conocer y el conocimiento es un dualismo.	Dualismo modificado. La búsqueda de lo probablemente y objetivamente verdadero.	Puntos de vista objetivo y subjetivo.	Punto de vista subjetivo. Quien conoce y el conocimiento son inseparables.
<b>Axiología</b>	La investigación es libre de valores.	La investigación involucra valores, pero éstos pueden ser controlados.	Los valores juegan un rol importante en la interpretación de resultados.	La investigación está limitada por los valores.
<b>Ontología</b>	Realismo ingenuo	Realismo crítico o trascendental.	Acepta la realidad externa. Elección de explicaciones.	Relativismo.
<b>Relaciones causales</b>	Causas reales temporalmente precedentes o simultáneas con efectos.	Hay algunas leyes, y una razonable y estable relación entre los fenómenos del mundo. Este puede ser conocido de modo imperfecto. Las causas son identificables en un sentido probabilístico que cambia en el tiempo.	Puede haber relaciones causales, pero éstas nunca permitirán el total conocimiento.	Todas las entidades se conforman simultáneamente unas a otras. Es imposible distinguir causas desde los efectos.

*Fuente* Tashakkori y Teddlie (1998)

Así, en la tabla 15 se exponen algunas de las características más relevantes del pragmatismo.

**Tabla Nº 15. Características generales del pragmatismo**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intenta encontrar la media entre el dogmatismo filosófico y el escepticismo, y encontrar una solución factible de realizar para algunos antiguos dualismos filosóficos que no tenían ninguna explicación histórica.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechaza el dualismo tradicional (racionalismo/empirismo, realismo/antirealismo, liberalismo/determinismo, apariencia platónica/hechos reales, subjetivismo/objetivismo) y, generalmente, prefiere versiones más moderadas y de sentido común o dualismos filosóficos basados en cómo ellos pueden trabajar en resolver problemas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce la existencia e importancia de la naturaleza del mundo físico, así como la emergencia del mundo social y psicológico que incluye el lenguaje, cultura, instituciones humanas y el pensamiento subjetivo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pone una amplia mirada de la realidad y de la influencia del mundo interior humano en acción.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento se ve como algo que puede construirse y basarse en la realidad del mundo que experimentamos y vivimos en él.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recoloca la históricamente popular distinción epistémica entre el objeto interno y externo con el naturalismo y el proceso orientado a la transacción organismo-ambiente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La justificación viene a ser en la forma en que Dewey lo llamó aceptabilidad garantizada.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acuerdo con Pierce, el razonamiento no debe ser una forma de cadena que tiene uniones débiles, pero sí un cable delgado con numerosas fibras íntimamente conectadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las teorías se ven instrumentalmente (ellas puede ser verdades y estas verdades tienen diferentes grados basados en cómo ellas comúnmente actúan; la laboriosidad se juzga especialmente sobre el criterio de predictibilidad y aplicabilidad).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprueba el eclecticismo y pluralismo (las teorías y perspectivas pueden ser útiles, la observación, la experiencia y experimentos son todos vías útiles para lograr una mejor comprensión de las personas y del mundo).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece el método pragmático para resolver el tradicional dualismo filosófico, así como para hacer elecciones metodológicas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La investigación humana (lo que hacemos en nuestro día a día, así como nuestra interacción con el ambiente) se ve como algo que puede ser análogo a la investigación experimental y científica. Todos tratamos nuestras cosas de la manera que vemos el mundo, resolvemos los problemas y cómo nos ayudamos a sobrevivir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acepta un fuerte y práctico empirismo, así como patrones para determinar qué es el mundo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las visiones son verdaderas y con significado, y el conocimiento es tentativo y cambia en el tiempo. Lo que obtenemos de las investigaciones debe verse como una verdad provisional.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las verdades instrumentales tienen distintos niveles (a veces se estima que unas son más importantes que otras). Las verdades instrumentales no se estancan.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prefiere la acción a filosofar (el pragmatismo es en cierto sentido, una anti-filosofía).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprueba la práctica teórica (La teoría informa para una práctica efectiva; está presente la idea de praxis).</li> </ul>

*Fuente Johnson y Onwuegbuzie (2004)*

Al mismo tiempo, al pragmatismo se le reconocen diversas debilidades. Algunas de estas se exponen en la tabla 16.

**Tabla N° 16. Debilidades que se reconocen a la corriente filosófica pragmática**

- La investigación básica puede recibir menos atención que la investigación aplicada, porque puede parecer que produce más resultados prácticos inmediatos.
- El pragmatismo puede promover cambios cuantitativos más que cambios fundamentales, estructurales o revolucionarios en la sociedad.
- Los investigadores, desde un marco transformador-emancipador, sugieren que los investigadores pragmáticos fallan a veces en proveer una respuesta satisfactoria a la pregunta ¿Para qué cuestiones es útil una solución pragmática?
- Que signifique útil y práctico puede tener un significado menos explícito para los investigadores.
- Las teorías pragmáticas de verdad muestran dificultades con los casos de creencias y proposiciones útiles, pero no ciertas, y con creencias y proposiciones no útiles, pero ciertas.
- Muchos ven el pragmatismo como una vía para retomar algunas de las tradicionales disputas filosóficas y éticas. Aunque el pragmatismo se ha trabajado moderadamente bien, cuando se pone bajo el microscopio muchos filósofos corrientes lo rechazan, porque falla la lógica de muchas de estas disputas.
- Algunos neopragmáticos como Rorthy (y postmodernistas) rechazan completamente la correspondencia de verdad en alguna forma, lo cual es un problema para muchos filósofos.

*Fuente Johnson y Onwuegbuzie (2004).*

A pesar de todas las controversias, convenimos con Johnson y Onwuegbuzie (2004 op.cit) que el método mixto de investigación permite hacer uso del método pragmático y de diversas corrientes filosóficas. Este eclecticismo filosófico posibilita una diversidad de formas lógicas de investigación, favoreciendo la combinación de distintos métodos para investigar, por ejemplo:

- La inducción, que promueve el descubrimiento de patrones.

- La deducción, que promueve la prueba de teorías e hipótesis.
- La abducción, que promueve el descubrimiento y relaciones en lo mejor de un conjunto de explicaciones para comprender un resultado.

Teddlie y Tashakkori (2003) responden a la pregunta ¿Qué ocurre cuando deseamos utilizar ambos métodos en una investigación?: “A major advantage of mixed methods researchs is that it enables the researcher to simultaneously answer confirmatory and exploratory questions, and therefore verify and generate theory in the same study” (p. 15). De ahí que se considera que el método mixto amplía la visión sobre un mismo problema enriqueciendo el trabajo de los investigadores.

### **Objetivos fundamentales del método mixto**

En cuanto a los objetivos de la metodología mixta se consideran cinco propósitos fundamentales que van más allá de la triangulación que tradicionalmente se consideró como el fin central. Estos propósitos son:

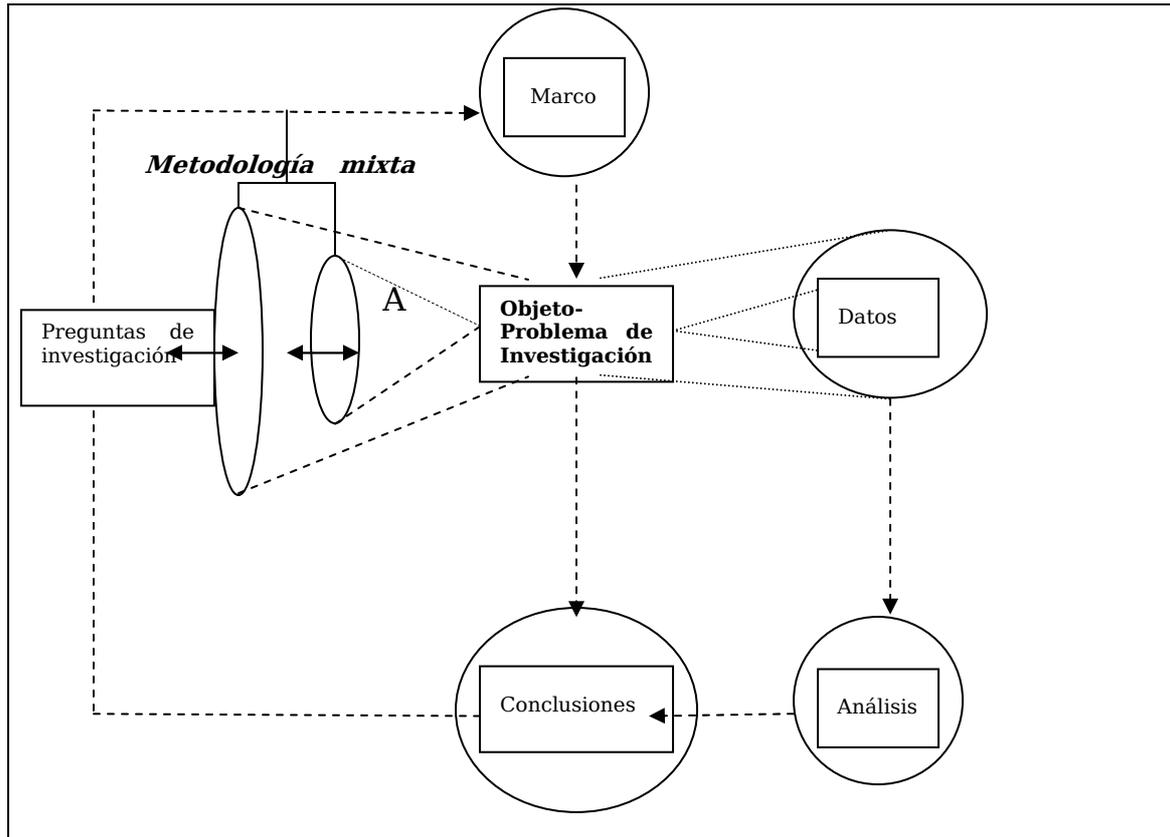
- Triangulación: Para ver convergencias de resultados.
- Complementaridad: Para visualizar o examinar sobreposiciones o diferentes facetas de un fenómeno.
- Iniciación: Para descubrir paradojas, contradicciones y nuevas perspectivas.
- Desarrollo: Uso secuencial de métodos, como los resultados del primer método informan el uso del segundo método.
- Expansión: Se refiere a la combinación de métodos agregando ampliación y focalización al proyecto.

### **Rol de la metodología mixta**

Entendemos que el rol de la metodología mixta es análogo a la función que cumplen las lentes (objetivos de distinta resolución) en un microscopio óptico en el sentido que el o los observadores investigan con el

microscopio el objeto a través del mismo ocular, pero utilizando objetivos de distintas resoluciones (Figura 10).

**Figura N° 10. Función de lentes de distinta resolución que tiene la metodología mixta de investigación para observar un mismo problema de investigación**



*Fuente Adaptado de Newman et al. (2003)*

La observación del objeto, en nuestro caso el problema que investigamos, con el objetivo de menor resolución (en la figura, lente A) puede corresponder a mirar el objeto-problema desde una perspectiva cuantitativa, que aporta la riqueza de la amplitud y de la cantidad en relación con la muestra y la cantidad de respuestas que es posible recoger. Al cambiar de objetivo, observamos el mismo objeto-problema con el objetivo de mayor resolución, en la figura, la lente B, que se corresponde con mirar el objeto-problema desde la perspectiva cualitativa, que aporta la

riqueza de la profundidad. El microscopio óptico correspondería al método mixto, ya que, al contar con lentes que reflejan la luz de distinta manera sobre un mismo objeto-problema, permite visualizarlo con mayor claridad favoreciendo una mejor comprensión de este.

### **Ventajas y desventajas del método mixto**

Morse (2003) señala que una de las principales ventajas de la metodología mixta de investigación es permitir a los investigadores el desarrollo de un estudio más amplio y completo.

Según Morse (2003) el dominio de la investigación es menos constreñido, ya que tanto los datos cuantitativos como cualitativos incrementan su disponibilidad para utilizarse en la investigación social. Este mismo autor sostiene que toda técnica de recogida de datos tiene limitaciones, pero la combinación de técnicas de las dos aproximaciones clásicas puede neutralizar o bien cancelar las desventajas de cada uno de los métodos.

Por otra parte, se reconoce que la investigación cualitativa es la forma legítima de investigación en las ciencias sociales y su valor para la obtención de información contextualizada. Sin embargo, hay que observar también que para una mejor comprensión de toda la complejidad de los fenómenos sociales se requiere la utilización de distintos tipos de métodos. De ahí que se señale que la combinación de distintos métodos sólo puede favorecer la investigación en este campo de estudio.

La tabla 17 expone ventajas y desventajas de este enfoque según este autor.

**Tabla N° 17. Principales ventajas y desventajas del método mixto de investigación**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las palabras, dibujos y la narrativa pueden utilizarse para agregar significado a los números.</li> <li>• Los números pueden usarse para agregar precisión a las palabras, dibujos y a la narrativa.</li> <li>• Puede proveer las fortalezas de los métodos cuantitativos y cualitativos.</li> <li>• Los investigadores pueden generar y probar teorías fundadas.</li> <li>• Puede responder a un amplio y más completo rango de preguntas de investigación, porque los investigadores no están confinados a un solo método o aproximación.</li> <li>• Un investigador puede usar las fortalezas de un método adicional para reducir las debilidades en otro método utilizando ambos en un estudio.</li> <li>• Puede proveer fuertes evidencias para una conclusión a través de la convergencia y corroboración de la información obtenida en la investigación.</li> <li>• Puede agregar un nivel de comprensión al estudio, que se puede perder cuando se utiliza un sólo método.</li> <li>• Puede usarse para incrementar la generalización de resultados.</li> <li>• Los métodos cuantitativo y cualitativo utilizados de manera combinada producen un conocimiento más completo, que necesariamente informa de la teoría y la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser difícil para un solo investigador desarrollar ambos métodos, especialmente si se esperan usar dos o más aproximaciones, frecuentemente; esto puede significar requerir un grupo de investigadores.</li> <li>• Los investigadores han de aprender acerca de múltiples métodos y aproximaciones, y comprender cómo combinarlos apropiadamente.</li> <li>• Los puristas metodológicos concuerdan que se debe siempre trabajar dentro de uno de ambos métodos y no de ambos.</li> <li>• Es más caro.</li> <li>• Consume más tiempo.</li> <li>• Algunos detalles del método mixto de investigación recuerdan la necesidad de que los investigadores los tengan en cuenta desde el inicio, como, por ejemplo, los aspectos referidos al problema de la combinación de paradigmas, cómo analizar los datos cuantitativos y cualitativos, y cómo interpretar el conflicto de resultados.</li> </ul>

*Fuente Morse (2003)*

 **Diseño de una investigación con el método mixto**

El método mixto de investigación, en tanto combina métodos cuantitativos y cualitativos, supone una triangulación de los datos derivados de ambos tipos metodológicos. A la vez, entendemos por triangulación el proceso que implica la combinación de datos obtenidos en un mismo estudio.

En la investigación social se han identificado tres modelos fundamentales de triangulación:

- Triangulación para reconciliar datos cuantitativos y cualitativos.
- Triangulación para comparar datos cualitativos de múltiples fuentes.
- Triangulación de perspectivas múltiples derivadas de múltiples observadores.

En este estudio recurrimos al primer método de triangulación, porque nuestro interés es efectivamente reconciliar datos de tipo cuantitativo y cualitativo. Esta reconciliación significa, para nosotros, complementar los datos derivados de las distintas fuentes.

Por otra parte, Tashakkori y Teddlie (1998) proponen una taxonomía para organizar el diseño de una investigación con el método mixto:

➤ **Diseño de estatus equivalente.** Este diseño puede implicar los siguientes procedimientos:

- Secuencial:
  - CUALITATIVO/ CUANTITATIVO
  - CUANTITATIVO/ CUALITATIVO
- Paralelo/ Simultáneo:
  - CUALITATIVO + CUANTITATIVO
  - CUANTITATIVO + CUALITATIVO

➤ **Diseño Dominante-menos Dominante.** Este diseño puede implicar los siguientes procedimientos:

- Secuencial:
  - CUALITATIVO/ cuantitativo
  - CUANTITATIVO/ cualitativo
- Paralelo/Simultáneo
  - CUALITATIVO + cuantitativo
  - CUANTITATIVO + cualitativo

► **Diseño con multiniveles:** El investigador utiliza diferentes tipos de métodos en diferentes niveles de agregación. Los datos, por ejemplo, pueden analizarse cuantitativamente en el nivel estudiantes, cualitativamente al nivel de la clase, cuantitativamente a nivel de la escuela, etc.

Este estudio se inscribe dentro del diseño de estatus equivalente del tipo paralelo/simultáneo. Según este esquema, el investigador, para responder a las preguntas, conduce el estudio utilizando, igualmente, las aproximaciones cualitativas y cuantitativas. Según este modelo, los datos cuantitativos y cualitativos se recogen al mismo tiempo y se analizan de modo complementario. El esquema que define este patrón de diseño es el que se muestra en la Figura 11.

**Figura Nº 11. Diseño de investigación del método mixto del tipo paralelo/simultáneo**



---

*Fuente* Tashakkori y Teddlie (1998 op.cit.)

Se hace énfasis en la importancia de organizar los procesos de la investigación para poder precisar en qué momento(s) tiene lugar la integración de las aproximaciones cuantitativas y cualitativas. Esta integración puede ocurrir en una o más etapas seguidas, en distintas etapas o bien en todas. Esta combinación puede ocurrir dentro de las preguntas de investigación, dentro de la recogida de datos o bien dentro del análisis e interpretación de los datos (Tashakori y Teddlie, 1998 op.cit.). En este sentido, nuestro estudio se vincula con el método mixto a nivel de la recogida de datos, ya que esta etapa combina técnicas cuantitativas con estrategias cualitativas, con las cuales se ha pretendido recoger

información para responder adecuadamente a las preguntas y los objetivos del estudio. Al respecto Creswell *et al.*, (2003) señalan distintos escenarios en los que se pueden integrar los métodos cuantitativo y cualitativo (ver tabla 18).

**Tabla N° 18. Escenario para la integración de los métodos cuantitativos y cualitativos**

	Problema de investigación/ Preguntas	Recogida de datos/ Métodos	Análisis de datos/ Procedimientos	Interpretación
Cuantitativo	Confirmatorio. Basado en resultados.	Instrumentos. Observación. Documentos. Datos orientados hacia procesos cerrados. Hipótesis predeterminadas.	Análisis estadístico. Estadística inferencial.	Generalizaciones. Predicciones basadas en la interpretación de teorías.
Cualitativo	Exploratorio. Basado en el proceso. Descriptivo. Interesado en los fenómenos.	Entrevistas. Documentos. Observación audiovisual. Procesos determinados por el participante. Procesos abierto-cerrados. Orientado a texto/imagen.	Descripción. Identificación de temas por categorías. Observa las interconexiones entre categorías/temas (verticalidad y horizontalidad).	Particularización. Contextualización. Amplio. Interpretación personal. Responder a preguntas.

*Fuente Creswell et al. (2003)*

Con esta presentación de la metodología utilizada en esta tesis y la caracterización de la metodología mixta nos acercamos a los distintos aspectos que conforman el diseño de la investigación que se expone.

## ***CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN***

En este capítulo se presentan los aspectos vinculados al diseño de la investigación. De esta manera se exponen los métodos de investigación, así como también las técnicas e instrumentos utilizados en el estudio, su relevancia y la justificación de su utilización. Se describen adecuadamente las características de los métodos, técnicas, estrategias e instrumentos de recogida de datos. También se realiza una descripción de los contextos en los cuales se desarrolló el estudio, que incluye una caracterización general de la muestra de profesores y estudiantes que han participado en el estudio cuantitativo, así como también de la muestra de profesores que participaron en el estudio cualitativo.

### ***5.1 Diseño de la metodología de la investigación***

Entendemos por diseño de una investigación el procedimiento para recoger, analizar e interpretar los datos y realizar el escrito con la información obtenida.

La figura 12 muestra el esquema del diseño metodológico de este estudio que se ha organizado en las siguientes etapas:

 **Etapa I. Preguntas de Investigación:** Las preguntas de investigación del estudio se planifican para responderse mediante datos obtenidos por medios cuantitativos y cualitativos.

 **Etapa II. Recogida de datos:** Se realizó en base a las dos aproximaciones metodológicas:

- **Cuantitativa:** En el estudio se recogen datos cuantitativos para responder a las preguntas relacionadas con las actitudes hacia la naturaleza de la ciencia y de los factores del aula que se relacionan con la traslación de estos aspectos en la práctica de aula. Por medio de un cuestionario de respuestas cerradas se recogen datos cuantitativos en una muestra amplia de profesores y estudiantes. En la muestra seleccionada para el estudio cualitativo se recogen datos a través de una observación

sistemática por medio de una pauta de escala dicotómica, que mide la presencia/ausencia de los factores del aula.

- **Cualitativa:** Las estrategias cualitativas de recogida de datos, como la observación cualitativa y la entrevista semiestructurada, se desarrollan con la muestra de tres profesores seleccionados.

#### **Etapa III. Análisis:**

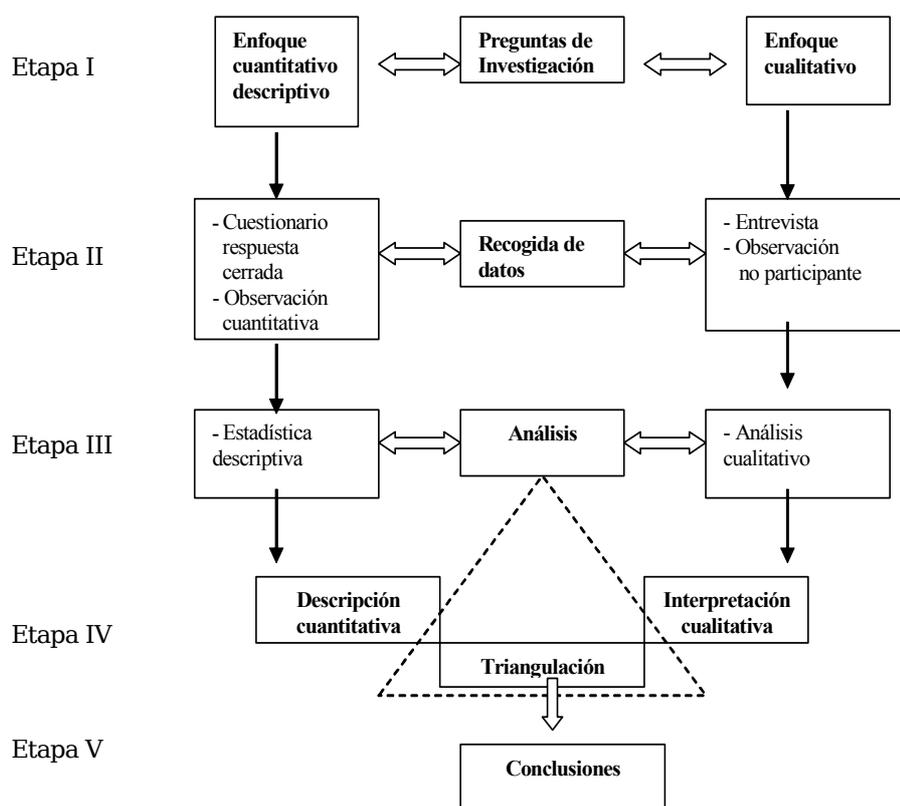
- **Cuantitativo:** Se realiza análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos cuantitativamente.
- **Cualitativo:** Se realiza análisis cualitativo de la observación registrada por los medios audiovisuales y de las entrevistas realizadas a los tres profesores de la muestra.

 **Etapa IV. Interpretación:** La información obtenida se interpreta según cada método.

 **Etapa V. Triangulación:** En esta etapa se triangulan la información aportada por las aproximaciones cuantitativas y cualitativas.

 **Etapa VI. Conclusiones:** Se elaboran las conclusiones en base a la información derivada de los análisis de los datos cuantitativos, cualitativos, y la triangulación.

**Figura Nº 12. Esquema del diseño de la investigación**



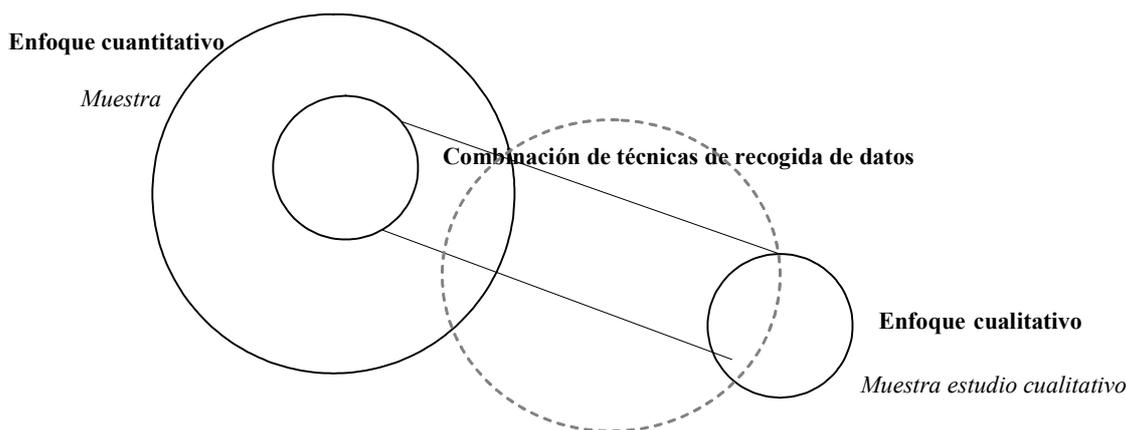
**5.1.1 Métodos utilizados en la investigación**

Debido a que nuestra intención es comprobar la teoría existente, realizar generalizaciones, explorar-describir-interpretar-explicar actitudes y fenómenos presentes en la práctica de aula relacionados con la traslación de los contenidos de la naturaleza de la ciencia, convenimos en utilizar el método de muestreo intencional, que forma parte del muestreo no probabilístico, derivado de la investigación cuantitativa y hacer una selección de tres profesores de la muestra. La combinación de técnicas

cuantitativas y de estrategias cualitativas de recogidas de datos se ha considerado la más apropiada para responder las preguntas de investigación.

El esquema de la Figura 13 representa el modelo que utilizamos para la selección de las muestras. De la muestra cuantitativa se extrae la muestra que corresponde a los tres profesores participantes en el estudio cualitativo.

**Figura Nº 13. Representación de los métodos de muestreo utilizados para la recogida de los datos en la investigación**



### **A) Metodología cuantitativa utilizada en el estudio**

En la investigación social, la investigación cuantitativa se circunscribe dentro del paradigma positivista y post-positivista. Tiene como fin fundamental la explicación, control y predicción de los fenómenos que se estudian y que, en algunos casos, puede incluir métodos cualitativos.

En cuanto a la naturaleza de la realidad (ontológica) se dice que es singular, tangible, fragmentable y convergente.

La relación sujeto-objeto es independiente, muestral y se considera libre de valores.

La metodología cuantitativa tiene como principales propósitos la obtención de generalizaciones libres del tiempo y del contexto en que se estudia el problema.

Las explicaciones causales son causas reales, temporalmente precedentes y simultáneas. Axiológicamente se suponen libres de valores.

### **Muestreo intencionado**

Para el estudio cuantitativo de las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia se ha considerado el muestreo intencionado, que forma parte del muestreo no probabilístico. Nuestro interés estaba centrado en recoger por medio del cuestionario de actitudes la opinión de un amplio número de profesores de ciencias y de estudiantes de los Institutos Públicos de Enseñanza Secundaria de la ciudad de Barcelona. Por tal razón nos centramos en este tipo de muestreo.

Definimos una muestra como un modelo de la población que se utiliza para la obtención de información acerca de la totalidad de la población. Nuestra muestra es el profesorado y estudiantado de los Institutos de Enseñanza Secundaria del municipio de Barcelona. En cuanto al profesorado, interesaba que la muestra representara el máximo número de Institutos de cada distrito, por ello nuestra muestra de profesores provino de la mayoría de los centros de Enseñanza Secundaria. Tuvimos limitaciones que nos impidieron recoger datos de todos los institutos del municipio, no obstante, éstos se encuentran ampliamente representados. Más adelante en el apartado referido al contexto del estudio se expone más información al respecto.

El desarrollo de investigaciones en el ámbito educativo, en nuestro caso con profesores de ciencias y sus estudiantes, dentro de su propio contexto, tiene algunas limitaciones que no pueden dejar de considerarse y que no pueden superarse por la metodología cuantitativa más pura, lo cual es un justificante más que apoya la decisión de combinar los métodos cuantitativos y cualitativos.

## **B) Metodología cualitativa utilizada en el estudio**

Muchos problemas educativos implican una compleja interacción de variables que eluden la indagación cuantitativa, lo que sugiere la necesidad de desarrollar técnicas que permitan realizar estudios más específicos. Para estos fines la investigación cualitativa parece ser la más apropiada, ya que el foco de atención está centrado en descripciones detalladas de situaciones, acontecimientos, personas, interacciones y comportamientos que son observables.

Aunque se definen diversos propósitos para la investigación cualitativa, convenimos con Maxwell (1998) en que los más relevantes son cinco:

- La **comprensión de significados**, de los sucesos, situaciones y acciones que implican a los participantes en el estudio, y de las explicaciones que otorgan a sus vidas y experiencias. En este tipo de investigación no interesa sólo los sucesos físicos y las conductas que tienen lugar, sino también el sentido que dan los participantes y sobre cómo sus propias comprensiones influyen en sus conductas. Las perspectivas de las personas sobre los acontecimientos y acciones no sólo son medidas en términos de verdades o falsedades, sino que son parte de la realidad que se trata de comprender. La focalización sobre el significado es fundamental para conocer qué es conocer en la aproximación interpretativa en las ciencias sociales.
  
- La **comprensión del contexto particular** dentro del cual los participantes actúan y la influencia que tiene el contexto sobre sus acciones. Los investigadores en este campo estudian típicamente un número relativamente pequeño de individuos y situaciones preservando la individualidad en cada uno de sus análisis, más que la recogida de datos a partir de muestras grandes. Esto permite disponer de una mejor comprensión de cómo ocurren los sucesos, acciones y el significado de la forma de la circunstancia única en que ocurre.

- La **identificación no anticipada de los fenómenos** y su influencia y generación de nuevas teorías fundamentadas sobre las anteriores.
- La **comprensión de los procesos** por los cuales los acontecimientos y acciones tienen lugar. Una de las mayores ventajas de este tipo de investigación es su habilidad para coger los procesos que originan determinados resultados, los que resultan normalmente pobres si se realizan por medio de una investigación experimental o cuantitativa.
- El **desarrollo de explicaciones causales** que no pueden ser aportadas por la investigación cuantitativa. El desarrollo de este tipo de explicaciones no es una tarea sencilla, y no es distinto a la investigación cuantitativa en el sentido que requiere identificar y negociar con la validez más plausible para proponer explicaciones causales y luego discutirlos.

Estos aspectos nos aportan elementos relevantes para tomar estrategias de la metodología cualitativa en el estudio desarrollado con los tres profesores seleccionados de la muestra cuantitativa, con el fin de cumplir con los objetivos relativos a las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia y sobre los objetivos vinculados con los factores de aula.

### **Muestra cualitativa**

La investigación educativa tiene entre sus métodos la selección de una muestra pequeña que se investiga en su propio contexto para comprender las acciones y fenómenos dentro del contexto educativo. El estudio de estas características constituye una estrategia de investigación que favorece un mejor análisis de la realidad educativa.

El estudio cualitativo ocurre en un contexto natural, ya que no se construye ni modifica por el investigador. En este sentido quien investiga busca en el mundo real las respuestas a las preguntas que se plantea. En nuestro estudio el contexto natural es la práctica de aula de tres profesores

de ciencias de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de Ciencias de la naturaleza y de la salud.

El estudio con tres profesores permite una explicación más precisa del problema que se estudia. Esta mirada permite complementar y enriquecer la información obtenida por las técnicas cuantitativas en relación con las actitudes de los profesores y los factores de aula. Así, nos permite profundizar en la descripción de las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia, pero también nos permite, identificar, explicar, y comprender el rol que tienen distintos factores de aula en la traslación de estos contenidos durante la práctica docente.

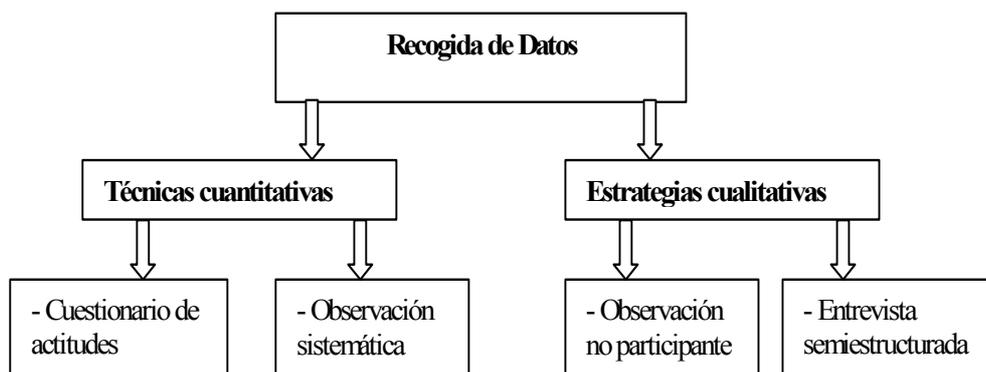
El estudio de las prácticas docentes tiene sentido en tanto la experiencia de las personas, en el estudio representada por los profesores y estudiantes, se aborda de manera global u holística, y se entiende inmersa en un conjunto de relaciones y variables y no separada de ellas.

En este estudio el investigador tiene un rol de observador no participante, porque, aunque observa las diversas acciones que ocurren durante la práctica de aula, no interviene directamente en este proceso. De ahí que se considera que quien investiga, según este método, debe desarrollar una sensibilidad especial hacia las situaciones y experiencias consideradas en su globalidad y las cualidades que la regulan.

### ***5.1.2 Técnicas, estrategias e instrumentos de recogida de datos***

El diseño de la investigación combina técnicas de recogida de datos derivados de las metodologías cuantitativas y cualitativas. Esta combinación de técnicas y estrategias de las dos aproximaciones metodológicas es la expresión de la metodología mixta utilizada en el estudio. Para nuestro estudio convenimos utilizar las técnicas más apropiadas de cada aproximación pensando en el tipo de datos que necesitábamos para dar sentido a la investigación y dar respuesta lo mejor posible a las preguntas de la investigación. La figura 14 resume las técnicas e instrumentos de recogida de datos cuantitativos y cualitativos utilizados en el estudio.

**Figura N° 14. Técnicas, estrategias e instrumentos de recogida de datos cuantitativos y cualitativos utilizados en el estudio**



### A) Técnicas e instrumentos cuantitativos de recogida de datos

Para la recogida de datos cuantitativos se han utilizado dos técnicas: el cuestionario cuantitativo y la observación cuantitativa que se explican a continuación:

➤ **Cuestionario cuantitativo:** El cuestionario se considera el principal método para recoger datos. En la investigación social es posible encontrar tres tipos básicos de cuestionarios: Cuestionario cualitativo: es un cuestionario no estructurado, exploratorio, de preguntas abiertas y orientadas a indagar con cierto grado de profundidad; Cuestionario mixto: es un cuestionario que incluye una combinación de preguntas abiertas y cerradas; y Cuestionario cuantitativo: es un cuestionario completamente estructurado con preguntas cerradas que deben responderse por medio de una escala de puntos. La escala Likert es la más común.

En el estudio se ha utilizado el método del cuestionario cuantitativo con escala Likert. A continuación se exponen las características del instrumento cuantitativo que hemos utilizado para recoger los datos cuantitativos acerca de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia del profesorado y estudiantado.

### **A.1) Cuestionario para valorar las actitudes del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**

Las preguntas aplicadas en este estudio se han extraído del Cuestionario de Opinión sobre Ciencia-Tecnología y Sociedad (COCTS, Manassero *et al.*, 2001). Este cuestionario COCTS es una adaptación del cuestionario Views of Science, Technology and Society (VOSTS, Aikenhead y Ryan, 1989). Manassero *et al.* (2001), después de una serie de pruebas y análisis, han reformulado una versión del VOSTS en castellano y catalán que refunde los 114 ítems originales, incluye otros nuevos con el mismo formato y está adaptado al contexto cultural español. Este nuevo cuestionario contiene 100 ítems para investigar las actitudes acerca de la ciencia, tecnología y sociedad.

El COCTS es un cuestionario que consta de un tipo de ítem con un formato similar al de elección múltiple. Se inicia con un encabezado de pocas líneas donde se plantea un problema respecto al cual se desea conocer la actitud de la persona que responde, y le sigue una lista de frases que señalan diversas justificaciones sobre el tema. Cada ítem contiene un apartado con otras tres opciones fijas que recogen diferentes razones para no contestar las anteriores. La figura 15 expone un ejemplo del modelo de pregunta del cuestionario: el tipo de enunciado, de las frases, la escala y las categorías aportadas por el panel de jueces.

**Figura Nº 15. Ejemplo de un ítem del cuestionario COCTS**

10211 Definir qué es la tecnología puede resultar difícil porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:											
	Grado de Acuerdo									Cat.*	
	Bajo	Medio			Alto						
A	Muy parecida a la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
B	La aplicación de la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
C	Nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
D	Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
E	Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
F	Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
G	Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores; y para el progreso de la sociedad.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
H	Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinaria, aparatos).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
Si alguna de las frases siguientes es aplicable a las opciones anteriores, escribe la letra de la opción a su lado											
1. No lo entiendo.											
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.											
3. Ninguna de estas opciones satisface básicamente mi opinión.											

(\*) La categoría se indica con: A (adecuada), P (plausible) e I (ingenua), correspondiente a cada opción.

*Fuente Manassero et al. (2001).*

Como se observa en la figura 15, las frases de los ítems del cuestionario tienen además una valoración sustentada en tres conceptos: Adecuada (A), Plausible (P), Ingenua (I), y cada una señala una determinada condición sobre la afirmación que acompaña:

- **Adecuada:** Si la frase expresa una opinión adecuada sobre la actitud que se evalúa. Este concepto significa que la idea que contiene la frase es coherente con los conocimientos de la filosofía, historia y sociología de la ciencia.
- **Plausible:** Si la frase no es totalmente adecuada, pero expresa algunos aspectos aceptables. Este concepto explica que la frase no es totalmente adecuada ni totalmente ingenua.
- **Ingenua:** La frase expresa un punto de vista que no es adecuado ni plausible. La idea de la frase que acompaña no es coherente

con los actuales planteamientos de la filosofía, historia y sociología de la ciencia.

Un panel de jueces valoró cada una de las frases del cuestionario COCTS según el grado de acercamiento y coherencia de estas afirmaciones con los planteamientos aportados por la filosofía, historia y sociología de la ciencia. La valoración final de cada frase se realizó en base a votos mayoritarios de los jueces.

En relación con la clasificación de las frases en adecuadas, plausibles o ingenuas hay que tener en cuenta que entre los jueces no hubo acuerdo unánime en todos los casos. Esta falta de acuerdo no se restringe exclusivamente a las ideas de la naturaleza de la ciencia que sostienen los ítems del cuestionario, sino que es más bien una constante que aún no es posible resolver. Al respecto Acevedo *et al.*, (2007a) sostienen que el consenso sobre este tema es un problema no resuelto y que hasta ahora es fuente de muchas diferencias. No obstante estas diferencias, comprensiblemente evidenciadas entre los propios filósofos de la ciencia, la didáctica de las ciencias ha sido capaz de establecer algunos aspectos fundamentales que pueden servir de indicadores de las ideas factibles de incluir en la enseñanza de las ciencias, y que se consideran útiles y necesarias para promover una mejor comprensión de la ciencia en los estudiantes.

Por otra parte, se propugna un pluralismo epistemológico que consideramos la enseñanza de las ciencias tiene la responsabilidad de promover, más aún cuando los antecedentes señalan tendencias más cercanas a modelos tradicionales. Existen antecedentes suficientes que confirman que la enseñanza de las ciencias transmite una multiplicidad de ideas de la ciencia que parece afectar al aprendizaje del conocimiento científico y al grado de cultura científica que requiere el estudiantado, en tanto forman parte de una cultura donde la ciencia tiene un valor importante.

Es posible que las afirmaciones de los ítems del cuestionario COCTS no reflejen siempre la idea más adecuada de la ciencia, pero, aún así, consideramos que la clasificación que se ha hecho de las frases es hasta

ahora una buena aportación para reconocernos en una u otra posición. La propia métrica de respuesta múltiple aporta un valor añadido, asimismo el contenido de las frases y las afirmaciones que contienen los ítems en sí mismos, aportan elementos que pueden generar la reflexión sobre el tema.

La valoración de cada frase, ítems o categorías de frases aportan un valor que representa el grado de adecuación de la actitud en relación con la idea de la naturaleza de la ciencia. No obstante, se señala que estas actitudes nunca son tan claras, sino que se observan como una combinación de distintas posturas que se nutren de variadas ideas. En este instrumento la valoración de la actitud se construye sobre el carácter adecuado/plausible/ingenuo de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Para las **opciones clasificadas como adecuadas**, la actitud más valiosa será aquella que reconoce un ajuste total con el tipo de proposición. La actitud menos valiosa será aquella que muestra el patrón contrario, es decir, reconoce un ajuste nulo con la posición adecuada.
- Para las **opciones clasificadas como ingenuas**, la actitud más valiosa será aquella que muestra un ajuste nulo con este tipo de proposición. La actitud menos valiosa será la que muestra el patrón contrario, es decir, un ajuste total con la posición ingenua.
- Para las **opciones clasificadas como plausibles**, caracterizadas por una adecuación parcial de sus contenidos, las actitudes más valiosas serán aquellas que muestran un ajuste parcial o mediano con esta posición, ya que ésta es la manera más apropiada de reconocer su carácter incompleto o parcial. Las actitudes menos valiosas serán aquellas que están más alejadas de este carácter parcial.

La métrica del cuestionario COCTS emplea un modelo de respuesta múltiple (en adelante MRM). Este modelo de respuesta permite que la persona pronuncie su grado de acuerdo sobre todas las frases alternativas de cada ítem sobre una escala tipo Likert de nueve puntos. Este formato permite a la persona expresar sus puntos de vista sobre una amplia gama

de aspectos de cada tema, que tal vez no aparecerían en una respuesta abierta y en un modelo de respuesta única. Como consecuencia, la actitud conformada por la valoración de los distintos aspectos contemplados en las opciones es bastante rica y completa (Vázquez *et al.*, 2006).

Con el MRM se obtiene un indicador cuantitativo llamado índice actitudinal que es el valor numérico normalizado (-1,+1) obtenido desde la puntuación directa de la respuesta aportada en cada una de las frases. Este índice actitudinal representa la actitud global sobre el tema en cuestión. Tiene un rango fijo de variación que va desde +1 a -1 semejante a un coeficiente de correlación de Pearson. En este sentido, la actitud es más valiosa cuanto más se acerca el índice al valor positivo +1. Y, por el contrario, la actitud es menos valiosa cuanto más se acerca al valor negativo -1. Los índices actitudinales se generan dividiendo la valoración resultante de la escala por el rango en función de la categoría asignada a cada una de ellas (adecuada, plausible, ingenua, respectivamente).

Según esta escala, las frases adecuadas se valoran tanto más alto cuando la puntuación de la persona se aproxima a nueve, las ingenuas cuanto más cercana esté a uno, y las plausibles cuanto más cercana esté del cinco (valor central de la escala).

Por lo tanto, según este modelo es factible obtener distintos índices actitudinales:

- **Índices actitudinales globales:** de toda la muestra sobre un rango amplio de datos y por cada categoría de análisis.
- **Índices actitudinales específicos:** de un ítem y de una frase.

Cada índice aporta información sobre el grado de adecuación que tiene la muestra sobre el tema y permite visualizarlos con distintos niveles de profundidad: desde el más general, como el índice actitudinal global (de toda la muestra para cada categoría), al índice actitudinal por frase (de toda la muestra sobre una frase), pasando por el índice actitudinal por ítem. La Figura 16 expone los detalles del modelo de respuesta múltiple y las puntuaciones que permiten la obtención de los índices actitudinales para cada frase según la categoría.

**Figura N° 16. Significado de las puntuaciones de las frases adecuadas, plausibles e ingenuas a partir de las puntuaciones aportadas por los participantes**

Modelo de respuesta múltiple (MRM) para un ítem del COCTS  
(Significado de las puntuaciones directas de acuerdo/desacuerdo con cada frase alternativa, asignaciones de puntos en la escala de valoración y procedimientos de cálculo de los índices actitudinales a partir de las puntuaciones directas)

Categorías	Núm. de frases	Escala de valoración: transformación de las puntuaciones directas										Puntuaciones actitudinales directas			Índices de actitud de categoría					
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	Máx.	Fórmula	Mín.	Máx.	Fórmula	Mín.				
Escala directa																				
Grado de acuerdo		Total	Asi total	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	Asi nulo	Nulo	Máx.	Fórmula	Mín.	Máx.	Fórmula	Mín.				
Adecuadas	Na	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	+4Na	$\Sigma a_j$	-4Na	+1	$I_a = \frac{\Sigma a_j}{4Na}$	-1				
Plausibles	Np	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	+2Np	$\Sigma p_j$	-2Np	+1	$I_p = \frac{\Sigma p_j}{2Np}$	-1				
Ingenuas	Nn	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	+4Nn	$\Sigma n_j$	-4Nn	+1	$I_n = \frac{\Sigma n_j}{4Nn}$	-1				
Total	N											Índice de actitud global			1	$I = \frac{I_a + I_p + I_n}{3}$	-1			

aj: Puntuación de valoración directa para la frase adecuada j.  
 pj: Puntuación de valoración directa para la frase plausible j.  
 nj: Puntuación de valoración directa para la frase ingenua j.  
 Na, Np, Nn: Número de frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles" o "ingenuas".  
 $\Sigma$ : Suma las puntuaciones directas desde j = 1 a j = Na (j = Np o j = Nn) para el conjunto de las frases pertenecientes a cada una de las categorías "adecuadas", "plausibles" o "ingenuas".

Fuente Manassero et al. (2004)

### Selección de los ítems del cuestionario utilizado en el estudio de las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia

La selección de los ítems del cuestionario utilizado en el estudio se realizó en base a cinco categorías que consideramos que sintetizaban los aspectos de la naturaleza de la ciencia más relevantes para la enseñanza de las ciencias. En base a estos criterios se seleccionaron veintiún ítems del cuestionario COCTS (se mantuvieron los número originales de los ítems), que en conjunto abordan distintas afirmaciones sobre los aspectos de la naturaleza de la ciencia que indagamos en el profesorado y el estudiantado. Los veintiún ítems seleccionados aportan un total de ciento veintisiete frases (127). De estas ciento veintisiete frases, treinta y tres (33) son adecuadas, cuarenta y cinco (45) plausibles, y cuarenta y nueve (49)

ingenuas. Así, cada una de estas frases, ítems y categorías aportará índices actitudinales que nos permitirán analizar y discutir las tendencias en las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre los distintos aspectos que valoran. La tabla 19 sintetiza esta información exponiendo las cinco categorías de análisis, así como la idea central de la naturaleza de la ciencia que valora, y los ítems del cuestionario COCTS seleccionados para el cuestionario utilizado en este estudio.

**Tabla Nº 19. Categorías de análisis de los aspectos de la naturaleza de la ciencia consideradas en el estudio de las actitudes del profesorado y estudiantado**

Categorías de la naturaleza de la ciencia	Idea central	Ítems COCTS
<b>I. La ciencia es de naturaleza tentativa</b>	El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión.	10111, 90521, 90651, 70721, 90411, 10113, 90711, 91121, 70221, 70711, 20821, 20211
<b>2. Multiplicidad metodológica</b>	La ciencia utiliza múltiples métodos. No hay un método científico único y verdadero.	90611, 90621
<b>3. Rol de la observación e inferencia en la ciencia</b>	Diferencia e importancia de la observación y la inferencia en el desarrollo del conocimiento científico.	90111, 90311
<b>4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas</b>	Las hipótesis, teorías y leyes científicas tienen roles diferenciados en la ciencia. Conforman el cuerpo de conocimientos que construye la ciencia para explicar los fenómenos que estudia.	91011, 90511, 90631
<b>5. Relación Ciencia-tecnología</b>	La tecnología como ciencia aplicada y las relaciones entre ambas y con diferentes ramas de la ciencia.	10411, 10211

A continuación se expone cada una de las categorías con las ideas centrales de la naturaleza de la ciencia, la relación de ítems del cuestionario COCTS seleccionados para la valoración de las actitudes con la valoración cualitativa de cada una de las frases que contienen (A: adecuada, P: plausible, I: ingenua):

**1. Primera categoría. El conocimiento científico es tentativo:** Esta categoría hace referencia a los aspectos de la naturaleza de la ciencia que explican, desde los actuales planteamientos de la epistemología, cómo se

construye y cómo progresa la ciencia. La idea de la ciencia como un conocimiento tentativo, que se opone a la idea de conocimiento absoluto, se construye en base a planteamientos aportados por la nueva y actual filosofía de la ciencia y de la historia y sociología de la ciencia, que comprenden ideas como que la ciencia es de naturaleza dinámica, subjetiva, empírica, cambiante, y parte de la cultura. La inclusión de estos aspectos permite valorar en qué medida las actitudes del profesorado y estudiantado se acercan o no a estos planteamientos. Dada la relevancia que tiene este aspecto en la enseñanza de las ciencias, esta primera categoría, a su vez, considera cuatro subcategorías con ideas centrales que explican con mayor precisión la naturaleza tentativa de la ciencia. En función de estas ideas se han seleccionado doce ítems que valoran adecuadamente estos aspectos. La Tabla 20 expone los elementos sustanciales de esta categoría y subcategorías, y los ítems del cuestionario COCTS seleccionados.

**Tabla Nº 20. Ideas centrales y los ítems del cuestionario COCTS para la primera categoría**

Categoría	Idea central (subcategorías)	Ítem COCTS
<b>I. La ciencia es de naturaleza tentativa</b>	1. El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión, es dinámico y no una estática acumulación de información.	10111, 90521, 90651, 70721, 90411
	2. El conocimiento científico está basado en la evidencia empírica. Rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas.	10113, 90711
	3. El conocimiento científico es subjetivo, porque la observación e interpretación de la evidencia empírica están influidas por la “perspectiva de la corriente científica actual” y también por la subjetividad personal de cada científico (valores, experiencia, formación académica, etc.).	91121, 70221
	4. La dirección y productos de la investigación científica están influidos por los factores sociales y la cultura en la cual se desarrolla.	70711, 20821, 20211

A continuación, en la tabla 21 se exponen los doce ítems del cuestionario de actitudes que valoran los aspectos de la naturaleza de la ciencia referidos en esta primera categoría.

**Tabla Nº 21. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la primera categoría**

ÍTEM	CAT.
<b>1. ÍTEM 10111:</b> Definir qué es la ciencia es difícil, porque es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:	
a. El estudio de campos tales como biología, geología y física.	P
b. Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).	A
c. Explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan.	P
d. Realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.	P
e. Inventar o diseñar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales).	I
f. Buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación, mejorar la agricultura).	P
g. Una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.	P
h. Un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.	A
i. No se puede definir la ciencia.	I
<b>2. ÍTEM 90521:</b> Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente. Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	
a. Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.	I
b. En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.	I
c. Porque los científicos hacen investigaciones para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar con su trabajo.	P
d. Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	A
e. Los científicos no hacen suposiciones. Investigan una idea para averiguar si es verdadera. No suponen que sea verdad.	I
<b>3. ÍTEM 90651:</b> Los científicos no deberían cometer errores en su trabajo, porque los errores retrasan el avance de la ciencia:	
a. Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.	I
b. Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la técnica avanzará más de prisa.	I
<b>Los errores NO PUEDEN EVITARSE:</b>	
c. Aunque después los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta alcanzar un acuerdo.	P
d. Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	A

e. En la mayoría de los casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. Ésta progresa detectando y corrigiendo los errores del pasado.	P
<b>4. ÍTEM 70721:</b> Un equipo de científicos de cualquier parte del mundo (por ejemplo América, África, Asia) investigarían el átomo básicamente de la misma manera que un equipo de científicos de nuestro país. Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo:	
a. Porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.	I
b. Porque los científicos comparten sus opiniones.	P
c. Cada equipo de científicos tienen sus propios métodos e ideas. Esto no tiene nada que ver con el país donde viven. Cada uno es diferente.	I
<b>Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente:</b>	
d. Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología disponible.	P
e. Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.	I
f. Porque la manera de hacer ciencia depende de la educación y la tecnología disponible.	A
g. Porque las diferentes condiciones sociales, los recursos, ideas y cultura afectan a todo, incluyendo los métodos usados por los científicos.	A
<b>5.- ÍTEM 90411:</b> Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro. El conocimiento científico cambia:	
a. Porque los científicos más jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes o para detectar errores en la investigación original "correcta".	P
b. Porque el conocimiento antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	A
c. El conocimiento científico PARECE cambiar porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.	I
d. El conocimiento científico PARECE cambiar, porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.	I
<b>6. ÍTEM 10113:</b> El proceso de hacer ciencias se describe mejor como:	
a. Todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.	P
b. El método científico.	I
c. Descubrir el orden que existe en la naturaleza.	P
d. El uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.	I
e. La aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.	P
f. Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.	A
<b>7. ÍTEM 90711:</b> Aunque hagan predicciones basadas en conocimientos rigurosos, los científicos e ingenieros sólo pueden decirnos lo que probablemente puede ocurrir. No pueden decirnos con total seguridad lo que ocurrirá. Las predicciones NUNCA son seguras:	
a. Porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.	A
b. Porque los conocimientos exactos cambian a medida que se hacen nuevos descubrimientos, y por tanto, las predicciones cambiarán siempre.	P
c. Porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada.	A
d. Porque los científicos nunca tienen todos los hechos. Siempre hay datos que faltan.	P

e. Depende. Las predicciones son seguras sólo en la medida que existen conocimientos exactos e información suficiente.	P
<b>8. ÍTEM 91121:</b> Los científicos de diferentes campos ven una misma cosas desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H <sup>+</sup> hace que los químicos piensen en la acidez de una sustancia y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico. Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos:	
a. Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente en un campo que en otro.	A
b. Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente, dependiendo del punto de vista particular de cada científico o de lo que ya conoce.	P
<b>Las ideas científicas tienen el MISMO significado en todos los campos:</b>	
c. Porque la idea se refiere al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista que tenga el científico.	I
d. Porque todos los campos de la ciencia están estrechamente relacionados entre sí.	P
e. Para permitir la comunicación entre científicos de diferentes campos. Los científicos deben estar de acuerdo en el uso de los mismos significados.	P
<b>9. ÍTEM 70221:</b> Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sentimientos subjetivos o por motivaciones personales:	
a. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría apoyarse adecuadamente y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.	I
b. Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría se haya comprobado con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.	A
c. Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.	I
d. Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones estarán influidas, en alguna medida por sus propios sentimientos, por su opinión sobre la teoría o por beneficios personales, tales como la fama, seguridad en el empleo o dinero.	A
e. Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría o en los beneficios personales, tales como la fama, seguridad en el empleo o dinero.	P
<b>10. ÍTEM 70711:</b> Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones a las que llegan. <u>De hecho, el país marca diferencias:</u>	
a. Porque la educación y la cultura afectan a todos los aspectos incluyendo la formación de los científicos y su manera de pensar sobre un problema científico.	A
b. Porque cada país tiene un sistema diferente para enseñar ciencias. La forma en qué se enseña a resolver problemas establece diferencias en las conclusiones que alcanzan los científicos.	P
c. Porque el gobierno e industria de un país sólo ayudarán económicamente los proyectos científicos que se ajusten a sus necesidades. Esto condiciona lo que un científico estudiará.	A
d. Depende. La forma en qué un país prepara a sus científicos puede establecer diferencias en algunos científicos. Pero otros científicos se basan en sus opiniones personales.	P
<b>El país NO marca diferencias:</b>	
e. Porque los científicos ven los problemas de manera personal, independientemente del país donde se prepararon.	I
f. Porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.	I
<b>11. ÍTEM 20821:</b> ¿La sociedad influye en la ciencia?	

a. La sociedad no influye demasiado en la ciencia.	I
b. La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.	I
c. Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más dispuestos a estudiarlo.	A
d. La sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable, basándose en nuestros valores morales y éticos.	A
e. La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.	P
f. La sociedad influye sobre la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	A
g. La sociedad acepta o rechaza tecnología, creando así mayor o menor demanda a la ciencia.	P
<b>12. ÍTEM 20211:</b> La investigación científica en nuestro país sería mejor si estuviera más estrechamente dirigida por las empresas (por ejemplo, compañías de alta tecnología, comunicaciones, farmacéuticas, forestales, mineras o manufactureras). Las empresas principalmente deberían dirigir la ciencia:	
a. Porque un control más estrecho por parte de las empresas haría la ciencia más útil y lograría descubrimientos más rápidamente, gracias a sus comunicaciones, mejor dotación económica y más competitividad.	I
b. Para mejorar la cooperación entre la ciencia y la tecnología, y por tanto, resolver los problemas juntos.	P
c. Pero las instituciones del gobierno o públicas deberían poder decir algo sobre lo que la ciencia pretende conseguir.	P
<b>Las empresas NO deberían dirigir la ciencia:</b>	
d. Porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).	P
e. Porque si lo hacen las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieran afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por la empresa).	A
f. Porque los descubrimientos científicos importantes y trascendentales que benefician a los ciudadanos requieren un ejercicio de la ciencia sin limitaciones de nadie.	P

*Fuente Manassero et al. (2001)*

**2. Segunda categoría. Multiplicidad metodológica:** Esta segunda categoría sostiene que no existe un método científico único y verdadero. Este planteamiento se fundamenta en las explicaciones generadas a partir de las aportaciones de la nueva filosofía de la ciencia. Esta idea de metodología científica contrasta con las visiones tradicionales que transmite la enseñanza de las ciencias sobre la existencia de un método científico único caracterizado por una serie de pasos mecánicos a seguir. La tabla 22 expone la idea central de la categoría, y los dos ítems del cuestionario COCTS seleccionados para valorar la actitud del profesorado y del estudiantado sobre este aspecto.

**Tabla N° 22. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la segunda categoría**

Categoría	Idea central	Ítems COCTS
II. Multiplicidad metodológica	La ciencia utiliza múltiples métodos. No hay un método científico único y verdadero.	90611, 90621

La tabla 23 presenta los ítems 13 (90611) y 14 (90621) que componen esta categoría. Ambos ítems aluden a distintas ideas de la metodología de la ciencia con los cuales se espera valorar las actitudes de profesores y estudiantes acerca de la metodología científica.

**Tabla N° 23. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la segunda categoría**

ITEM	CAT.
<b>13. ÍTEM 90611:</b> Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:	
a. Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.	I
b. Registrar datos cuidadosamente.	I
c. Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.	I
d. Obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.	I
e. Comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.	I
f. Postular una teoría y después crear un experimento para probarla.	I
g. Plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.	P
h. Una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.	P
i. Una actitud que guía a los científicos en su trabajo.	I
j. Considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente un método científico.	A
<b>14. ÍTEM 90621:</b> Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico:	
a. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por lo tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.	I
b. El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos.	I
c. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	A
d. Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).	P
e. Muchos descubrimientos científicos se han hecho por casualidad, y no siguiendo el método científico.	P

*Fuente Manassero et al. (2001)*

3. **Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia:** Esta categoría alude a una necesaria combinación de procesos de observación e inferencia en la actividad científica. Esta visión se contrapone a las ideas más tradicionales que enfatizan la observación e inducción como procesos centrales de la ciencia. La enseñanza de las ciencias también considera fundamental la observación y otorga un lugar menos importante o bien ausente a la inferencia, la imaginación y la creatividad de los científicos en la construcción del conocimiento científico. La tabla 24 expone la idea central de esta categoría y los ítems que la valoran.

**Tabla Nº 24. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la tercera categoría**

Categoría	Idea central	Ítems COCTS
<b>III. Rol de la observación y de la inferencia</b>	Diferencia e importancia de la observación y la inferencia en la construcción del conocimiento científico.	90111, 90311

La tabla 25 muestra los ítems 15 (ítem 90111) y 16 (ítem 90311) que componen esta tercera categoría. Estos ítems hacen referencia a distintas ideas acerca de la observación e inferencia científica. Hemos considerado ambos ítems para valorar las actitudes del profesorado y estudiantado acerca del rol y naturaleza de estos procesos de la ciencia.

**Tabla Nº 25. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la tercera categoría**

ÍTEM	CAT.
<b>15. ÍTEM 90111:</b> Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías:	
a. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	A
b. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.	A
c. Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	I
d. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	I
e. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	I
<b>16. ÍTEM 90311:</b> Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea:	
a. Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.	I

b. Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.	I
c. Los científicos clasifican la naturaleza de la manera más simple y lógica posible, pero esta forma no es necesariamente la única.	P
d. Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar la confusión en su trabajo.	A
e. Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.	A
f. Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	A

*Fuente Manassero et al. (2001)*

**4. Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas:**

Esta categoría hace referencia a las características y rol que tienen las hipótesis, teorías y leyes de la ciencia. Desde las actuales perspectivas, las teorías de la ciencia son la base de la investigación científica. Este aspecto se relaciona también con la idea de subjetividad de la ciencia, ya que los científicos al interpretar una teoría lo hacen también desde sus propias visiones, que implican aspectos personales, como la creatividad e imaginación, en la generación de nuevas explicaciones. En esta categoría se han incluido tres ítems que hacen referencia a la naturaleza y rol de las hipótesis, teorías y leyes de la ciencia. La enseñanza de las ciencias enfatiza fuertemente una visión jerarquizada de estos conocimientos que no se corresponde con la realidad.

La tabla 26 presenta la idea central de esta categoría y los ítems del cuestionario COCTS seleccionados para valorar las actitudes del profesorado y estudiantado sobre este aspecto de la naturaleza de la ciencia.

**Tabla Nº 26. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la cuarta categoría**

Categoría	Idea central	Ítem COCTS
IV. Hipótesis, Teorías y Leyes	En la ciencia, las hipótesis, teorías y leyes científicas tienen roles diferenciados.	91011, 90511, 90631

La tabla 27 expone los ítems 17 (91011), 18 (90511) y 19 (90631) extraídos del cuestionario COCTS para valorar la actitud del profesorado y estudiantado acerca del papel y la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas. Los tres ítems seleccionados contienen diversas de

afirmaciones que derivan de ideas tradicionales y actuales sobre la naturaleza y función de las hipótesis, teorías y leyes.

**Tabla Nº 27. Ítems del cuestionario COCTS para valorar las actitudes para la cuarta categoría**

ÍTEM	CAT.
<b>17. ÍTEM 91011:</b> Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS Y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa usted? Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:	
a. Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.	I
b. Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.	I
c. Pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.	P
d. Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por lo tanto, la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.	P
e. Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.	A
f. Depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.	I
<b>18. ÍTEM 90511:</b> Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta las teorías y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes. Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes:	
a. Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.	I
b. Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.	I
c. Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.	I
d. Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las teorías se basan en ideas científicas que son ciertas en menos de un 100 %, y, por eso, no se puede probar que las teorías sean verdaderas. Sin embargo, las leyes se basan sólo en hechos y son seguras al 100 %.	I
e. Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto, las teorías no pueden convertirse en leyes. Sin embargo, con pruebas que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).	A
<b>19. ÍTEM 90631:</b> Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente hasta que se hace el descubrimiento. Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:	
a. Porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos en una pared.	I
b. Porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento.	I
c. Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso también hay una parte de ensayo y error, de acertar y fallar.	A

d. Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.	A
e. La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.	I
<b>Los descubrimientos científicos NO ocurren como resultado de una serie lógica de investigaciones:</b>	
f. Porque con frecuencia los descubrimientos resultan de juntar piezas de información previamente no relacionadas entre sí.	P
g. Porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.	P

*Fuente Manassero et al. (2001)*

**5. Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología:** Esta categoría sostiene dos ideas esenciales: un reconocimiento que la ciencia y la tecnología son dos formas de conocimiento; y, que ambas formas de conocimiento se vinculan de manera muy estrecha. La ciencia no trabaja aislada, sino que, como se plantea desde la propia epistemología, de la historia y sociología de la ciencia, la actividad científica exige la colaboración de equipos multidisciplinarios que incluyen a los propios científicos, ingenieros y técnicos. Las demandas de la sociedad requieren una estrecha colaboración entre ambos campos, incluso hasta romperse la separación disciplinar. De ahí que es cada vez más común encontrar el concepto de tecnociencia que fundamenta este vínculo.

La tabla 28 expone la idea central de esta categoría y los dos ítems del cuestionario COCTS para valorar este aspecto.

**Tabla Nº 28. Idea central y los ítems del cuestionario COCTS para la quinta categoría**

Categoría	Idea central	Ítems COCTS
V. Relación ciencia y tecnología	La ciencia y la tecnología se vinculan estrechamente. .	10411, 10211

La tabla 29 expone los ítems 20 (10411) y 21 (10211) utilizados para valorar la actitud del profesorado y estudiantado acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología.

**Tabla N° 29. Ítems del cuestionario COCTS utilizados para valorar las actitudes para la quinta categoría**

ÍTEM	CAT.
<b>20. ÍTEM 10411:</b> La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:	
a. Porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver cómo la tecnología podría ayudar a la ciencia.	I
b. Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	A
c. Porque aunque son diferentes, actualmente están unidas tan estrechamente que es difícil separarlas.	A
d. Porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver cómo la ciencia puede ayudar a la tecnología.	I
e. Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.	P
<b>21. ÍTEM 10211:</b> Definir qué es la tecnología puede resultar muy difícil, porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:	CAT.
a. Muy parecida a la ciencia.	P
b. La aplicación de la ciencia.	I
c. Nuevos procesos, instrumentos, maquinarias, herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores, o aparatos prácticos para el uso de cada día.	P
d. Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.	P
e. Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.	P
f. Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).	P
g. Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores, y para el progreso de la sociedad.	A
h. Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinarias, aparatos).	P

*Fuente Manassero et al. (2001)*

A continuación se desarrollan los aspectos fundamentales que hacen referencia a la observación cuantitativa que se desarrolla durante la práctica docente de los tres profesores, con el objetivo de valorar la presencia/ausencia de factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia.

 **Observación cuantitativa:** Este tipo de observación se caracteriza por utilizar un instrumento estandarizado durante la observación. Esta técnica se utiliza durante la observación de la práctica de aula para valorar cuantitativamente la presencia o ausencia de los factores de aula.

El instrumento es una pauta de observación que se compone de una lista de cuarenta y cuatro variables clasificadas en cinco categorías, que

corresponden a los cuarenta y cuatro factores de aula aportados por Lederman (1986 op.cit.) y Lederman y Zeidler (1987 op.cit.). La pauta de observación contiene una escala dicotómica, que valora cuantitativamente la presencia/ausencia de factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia. El observador mide la presencia del factor con el valor uno (1) y la ausencia del factor con el valor menos uno (-1). Se considera la presencia si dicho factor se expresa en algún momento durante la práctica de aula, y la ausencia si dicho factor no se expresa en ningún momento durante la práctica de aula.

La escala permite obtener un valor que se ha denominado índice del factor del aula, que es un valor numérico relativo que fluctúa entre los valores menos uno (-1) y uno (+1). Este índice se obtiene calculando el promedio de las presencias y ausencias de cada factor en el total de sesiones observadas por cada profesor. El valor resultante es un indicador del grado de presencia que tiene el factor durante cada una de las sesiones observadas por cada profesor. Este índice puede tener distintos significados:

- Indicará una alta presencia del factor en el aula cuánto más positivo y cercano sea al valor +1.
- Indicará una presencia muy débil o nula del factor en las prácticas de aula cuanto más cercano sea al valor menos uno (-1).

De acuerdo a este modelo es posible obtener índices en distintos niveles: por cada factor de aula, por categoría de factores, por cada profesor y un índice general. En cada situación el índice mostrará la tendencia que sigue el factor.

## **A.2) Pauta de observación de los factores de aula**

Como se señaló más arriba, esta pauta se compone de cuarenta y cuatro variables (factores de aula) que representan diversas variables relacionadas con la práctica de aula y que estarían asociadas con la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente.

A continuación se exponen las cinco categorías y los factores de aula que las componen:

### 1. Primera categoría. Aproximación a la instrucción del profesor:

Esta categoría se compone de diecinueve (19) factores que hacen referencia a las características de la instrucción que desarrolla el profesor. La tabla 30 muestra los diecinueve factores de aula esta categoría y su significado.

**Tabla Nº 30. Factores de aula que componen la primera categoría. Aproximación a la instrucción del profesor**

I. APROXIMACIÓN A LA INSTRUCCIÓN DEL PROFESOR	Presencia	Ausencia
1. <b>Anécdotas:</b> El profesor usa historias, analogías, ejemplos para ilustrar conceptos.		
2. <b>Dinámica:</b> La presentación del profesor es enérgica, teatral y con una buena inflexión de la voz.		
3. <b>Sucesos de evocación:</b> La efectividad del material presentado.		
4. <b>Discurso:</b> La exposición del profesor es monopolizadora con o sin involucrar al estudiante.		
5. <b>Frecuencia preguntas:</b> La frecuencia con que el profesor pregunta o inquiriere a los estudiantes.		
6. <b>Fragmentación:</b> La presentación del profesor sigue un flujo libre y secuencia lógica.		
7. <b>Preguntas alto nivel:</b> La frecuencia con que el profesor utiliza preguntas de más alto nivel.		
8. <b>Desviación de la instrucción:</b> La relación de tópicos periféricos con el concepto principal		
9. <b>Ajustes:</b> La valorización y ajustes de los niveles de comprensión de la clase.		
10. <b>Periodo revisión:</b> El tiempo de la clase destinado a revisar material presentado en clases previas.		
11. <b>Predictibilidad:</b> El modo de presentación es inflexible respecto al contenido.		
12. <b>Solución de problemas:</b> La utilización de preguntas abiertas-cerradas o eventos de discrepancia.		
13. <b>Receptividad:</b> La receptividad del profesor a preguntas iniciadas por estudiantes.		
14. <b>Rapidez:</b> La tentativa del profesor para cubrir la cantidad de material que había predeterminado.		
15. <b>Trabajo pasivo:</b> El propósito de la clase se orienta a escribir ejercicios o leer textos.		
16. <b>Exploración:</b> El uso de preguntas de seguimiento a respuestas de los estudiantes.		
17. <b>Estimulación:</b> La frecuencia de uso de estímulos positivos.		
18. <b>Humor:</b> El uso de chistes, historias humorísticas entre la instrucción.		
19. <b>Variedad de medios:</b> El uso de diversos materiales y medios instruccionales durante la presentación de los contenidos.		

*Fuente* Adaptado de Lederman y Zeidler (1987)

2. **Segunda categoría. Características del contenido específico:** Esta segunda categoría se compone de quince (15) factores relacionados con

aspectos metacientíficos del conocimiento científico. Esta categoría es la que expone de manera más precisa distintos aspectos vinculados con contenidos de la naturaleza de la ciencia. La tabla 31 indica los distintos factores que componen esta categoría y su significado.

**Tabla Nº 31. Factores de aula que componen la segunda categoría. Características del contenido específico**

II. CARACTERÍSTICAS DEL CONTENIDO ESPECÍFICO	Presencia	Ausencia
20. <b>Amoral:</b> El profesor presenta un conocimiento científico amoral.		
21. <b>Lenguaje antropomórfico:</b> El profesor acepta y usa lenguaje antropomórfico.		
22. <b>Creatividad:</b> El profesor tiene una idea del conocimiento científico como un producto de la imaginación y creatividad humana.		
23. <b>Constructos arbitrarios:</b> El profesor enfatiza la naturaleza arbitraria y la utilidad de los constructos científicos.		
24. <b>Progreso:</b> El profesor enfatiza la naturaleza tentativa del conocimiento científico.		
25. <b>Relativismo:</b> El profesor admite la incertidumbre del conocimiento científico.		
26. <b>Exactitud del lenguaje:</b> El profesor pone énfasis en una exacta definición de la terminología científica.		
27. <b>Información errónea:</b> El profesor presenta información errónea.		
28. <b>Implicación moral/ética:</b> El profesor enfatiza las implicaciones morales/éticas creadas por la ciencia.		
29. <b>Parsimonia:</b> El profesor presenta un conocimiento científico exhaustivo en oposición a uno específico.		
30. <b>Cantidad de material:</b> El profesor presenta una excesiva cantidad de temas.		
31. <b>Relevancia:</b> El profesor enfatiza la práctica natural de temas.		
32. <b>Superficialidad:</b> Las explicaciones de los fenómenos son correctos pero inadecuados.		
33. <b>Validación:</b> El profesor enfatiza la importancia de la validación empírica del contenido.		
34. <b>Interdisciplinariedad:</b> El profesor enfatiza la interdisciplinariedad de varias ciencias.		

*Fuente* Adaptado de Lederman y Zeidler (1987)

**3. Tercera categoría. Características no instruccionales del profesor:** Esta categoría se compone de tres (3) factores que hacen referencia a actitudes socioafectivas del profesorado durante la práctica en relación con la enseñanza y con los estudiantes. La tabla 32 señala los tres factores de esta categoría y su significado.

**Tabla Nº 32. Factores de aula que componen la tercera categoría. Características no instruccionales del profesor**

III. CARACTERÍSTICAS NO-INSTRUCCIONALES DEL PROFESOR	Presencia	Ausencia
35. <b>Conducta:</b> El profesor es agradable.		
36. <b>Impersonal:</b> El profesor tiene interés en socializar con los estudiantes antes o después de la clase.		
37. <b>Desviación no-instruccional:</b> El profesor comenta historias no relacionadas con el contenido que está presentado.		

*Fuente Lederman y Zeidler (1987)*

**4. Cuarta categoría. Características de los estudiantes:** Esta categoría se compone de tres (3) factores que hacen referencia a características del estudiantado en relación con el compromiso que adquieren en el aula con el aprendizaje. Esta categoría pone de relieve el papel del estudiante en el proceso de comprensión de los aspectos de la naturaleza de la ciencia. La tabla 33 muestra los tres factores y su significado.

**Tabla Nº 33. Factores de aula que componen la cuarta categoría. Características de los estudiantes**

IV. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIANTES	Presencia	Ausencia
38. <b>Compromiso activo:</b> Los estudiantes participan realmente en las lecciones.		
39. <b>Atención:</b> Los estudiantes están por las tareas durante gran parte de la clase.		
40. <b>Preguntas no solicitadas:</b> Los estudiantes realizan preguntas no solicitadas		

*Fuente Adaptado de Lederman y Zeidler (1987)*

**5. Quinta categoría. Atmósfera de la clase:** Esta categoría se compone de cuatro (4) factores que enfatizan aspectos relacionados con el clima o ambiente del aula. La tabla 34 señala los cuatro factores de esta categoría y su significado.

**Tabla Nº 34. Factores de aula que componen la quinta categoría. Atmósfera de la clase**

V. ATMÓSFERA DE LA CLASE	Presencia	Ausencia
41. <b>Disciplina:</b> La atmósfera de la clase es altamente estructurada y orientada hacia la disciplina.		
42. <b>Tiempo de espera:</b> El tiempo de la clase se caracteriza por la espera de los estudiantes de una próxima actividad.		

43. <b>Baja ansiedad:</b> La atmósfera de la clase es confortable con una baja ansiedad.		
44. <b>Relación:</b> Los profesores y estudiantes socializan de manera amistosa.		

*Fuente* Adaptado de Lederman y Zeidler (1987)

Así, una vez presentadas las técnicas y los instrumentos de recogida de datos cuantitativos, a continuación se exponen los aspectos fundamentales acerca de las estrategias e instrumentos cualitativos de recogida de datos.

## **B) Estrategias e instrumentos cualitativos de recogida de datos**

Para la obtención de datos cualitativos se han utilizado los métodos de observación cualitativa y entrevista semiestructurada.

### **Observación cualitativa**

La observación, al igual que el cuestionario, se considera uno de los métodos principales de recogida de datos. Se reconoce como un método importante, ya que se sabe que las personas no siempre hacen lo que dicen. La investigación en este campo reconoce tres tipos de observación:

- **Observación cuantitativa:** Es una observación que utiliza instrumentos codificados.
- **Observación cualitativa o naturalista:** Es una observación exploratoria y abierta. Quien investiga toma extensas notas y puede incluir grabaciones de audiovisuales para establecer más tarde un registro de lo que ha ocurrido durante el proceso de observación. La observación puede ser de tres formas: participante, participante completa o no participante.
- **Observación combinada:** Combina la observación con otros métodos como cuestionarios, pautas cuantitativas, etc.

En el estudio optamos por realizar una observación cualitativa con un **observador no participante**, y por utilizar medios audiovisuales.

La observación de los datos primarios se realizó en un periodo de siete meses. Implicó a tres profesores de las disciplinas de biología, física y química, que desarrollaban docencia en los niveles de Tercero y Cuarto de ESO, y en Primero y Segundo de Bachillerato de Ciencias de la naturaleza y de la salud.

La observación se realizó por la investigadora utilizando medio digital de grabación de audio y video. Más específicamente, se realizó la grabación digital de la voz del profesor y la grabación audiovisual del profesor, estudiantes, y del contexto del aula (materiales, disposición física del profesor, de los estudiantes), ya que nuestra intención era capturar, además del contenido del profesor y de los estudiantes, la presencia de otras variables para establecer los factores de la enseñanza que investigamos.

Se recogieron un total de quince horas/aula de grabación, distribuidas en sesiones consecutivas de clase. Se registraron cinco sesiones para cada uno de los profesores participantes en el estudio.

### **Entrevista**

La entrevista se considera en segundo lugar de importancia para la recogida de datos. El investigador establece una relación de preguntas al participante sobre el tema que investiga. La ventaja de este método es que permite al entrevistador pedir detalles y clarificaciones a quien entrevista.

La entrevista desarrollada en el estudio se corresponde con un modelo del tipo cualitativa semiestructurada. El investigador guía la conversación donde hay un protocolo a seguir, aunque puede haber flexibilidad según la exposición del entrevistado. La entrevista se realizó en la última etapa del registro de datos del estudio con el fin de que los participantes no estuvieran influidos por los temas o las preguntas que la componían. Se utilizó grabación digital de audio en un tiempo aproximado de 40 minutos por persona. La tabla 35 expone el guión de las preguntas elaboradas para la entrevista.

**Tabla N° 35. Preguntas de la entrevista semiestructurada**

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ ¿Qué es la ciencia?</li><li>▪ ¿Qué aspectos le parecen importantes enfatizar durante la enseñanza de su disciplina? ¿Por qué?</li><li>▪ ¿Cuál es su opinión sobre la naturaleza de la ciencia? ¿Qué hace diferente la ciencia de otras disciplinas (por ejemplo de la religión, filosofía)?</li><li>▪ ¿Piensa que es importante enseñar la naturaleza de la ciencia? ¿Por qué?</li><li>▪ ¿Enseña aspectos de la naturaleza de la ciencia a sus estudiantes?</li><li>▪ ¿Sus estudiantes aprenden sobre la naturaleza de la ciencia? ¿Usted evalúa la comprensión de estos aspectos en los estudiantes? ¿Cómo evalúa estos aspectos?</li></ul>
--

### ***5.1.3 Técnicas de análisis de los datos cualitativos y cuantitativos***

El análisis de los datos desde el método mixto obviamente requiere la utilización de técnicas específicas según su origen cuantitativo y cualitativo. Según este criterio el análisis de la información se realiza por separado, tal como muestra el esquema del diseño de la investigación (ver figura 12).

#### **Métodos de análisis de los datos cuantitativos:**

Se utiliza el paquete estadístico SPSS 11.0.

- **Cuestionario.** Para el análisis de los datos recogidos desde el cuestionario se desarrollan las siguientes fases:
  - **Fase 1:** Se prepara la base de datos de los cuestionarios aplicados a ambas muestras (profesores y estudiantes). Esta base de datos contiene la información sobre las características generales

de las muestras y las puntuaciones directas correspondientes al valor numérico aportado en la escala Likert.

- **Fase 2:** Se elabora una nueva base de datos que contiene los valores recodificados normalizados según los criterios específicos de análisis de las preguntas del COCTS.
  - **Fase 3:** Se elabora una nueva base de datos, subsidiaria de la anterior, que contiene los datos con el análisis estadístico de los valores normalizados. Estos valores corresponden a los índices actitudinales que se utilizan para la discusión de resultados e interpretación, y son los que a la vez se triangulan con los datos cualitativos.
- **Observación sistemática:** Se elabora una base de datos del tipo dicotómica que contiene los datos recogidos en la observación sistemática. Se realiza un análisis que aporta índices de los factores de aula en base a la presencia o ausencia de factores en las prácticas de los tres profesores.

### **Análisis de los datos cualitativos**

La información recogida en la observación cualitativa y en la entrevista se analiza cualitativamente. En ambos casos se realiza previamente la transcripción de la información y a partir de esta etapa se realiza el análisis del contenido en base a las categorías establecidas previamente. Para los análisis cualitativos se siguen las siguientes pautas:

- **Observación cualitativa:** Se analiza el contenido de las transcripciones en base a las cinco categorías de los factores de aula establecidos previamente. Se analiza el contenido y se indaga si están presentes elementos que permiten identificar la presencia o no de los factores que se estudian en las prácticas de aula.
- **Entrevista:** Se realiza el análisis del contenido de las entrevistas en base a las ideas, conceptos, que forman parte de las categorías

de análisis del estudio de la naturaleza de la ciencia y de los factores de aula.

El proceso de tratamiento de los datos ha seguido las etapas que se señalan:

1. **Reducción de los datos:** En esta fase se realiza el proceso de selección, focalización, simplificación, abstracción y transformación de los datos numéricos y los datos escritos en las transcripciones. Este proceso implica la organización de la información para analizarse a través de dos métodos:

- **Deductivo:** Los datos se analizan a partir de las categorías establecidas previamente para el estudio.
- **Inductivo:** Se examinan los datos para buscar patrones, conceptos que no están considerados en las categorías y que pueden aportar información importante para apoyar los contenidos de las categorías.

2. **Presentación de los datos:** En esta etapa se organiza, sintetiza y unifica la información obtenida a partir de la reducción.

3. **Discusión de los datos:** Los datos obtenidos según cada método se discuten y contrastan con la literatura pertinente.

4. **Triangulación de los datos:** A partir de los datos cuantitativos y cualitativos, una vez analizados y discutidos por separado, se realiza la triangulación de los mismos. En esta etapa se espera validar, complementar y enriquecer la información derivada de los procesos cuantitativos y cualitativos utilizados en las distintas etapas de la investigación.

5. **Conclusiones y verificación:** En esta etapa se elaboran las conclusiones y la verificación de los presupuestos de partida. Se estudia y describe la existencia (o no) de regularidades, patrones, explicaciones, posibles configuraciones, flujos causales y proposiciones.

## ***5.2 Contexto de la investigación***

En este apartado se exponen los aspectos referidos al contexto en que se desarrolla el estudio. El contexto general del estudio: los Institutos públicos de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de la ciudad de Barcelona en la Comunidad Autónoma de Cataluña, España. También incluye características del contexto específico del estudio: las clases de biología, física y química desarrolladas en los niveles de Tercero de ESO y de Primero y Segundo de Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud; las características del profesorado y estudiantado participante en el estudio cuantitativo; y la muestra de profesores de las disciplinas de Biología, Física y Química participantes en el estudio cualitativo.

### ***5.2.1 Contexto general de la investigación***

La investigación se realiza en la ciudad de Barcelona, capital de la Comunidad Autónoma de Cataluña. El municipio de la ciudad se organiza en diez distritos. Hay sesenta y un institutos públicos que imparten la Enseñanza Secundaria Obligatoria y el Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud. La tabla 36 muestra la distribución de estos centros educativos por cada distrito.

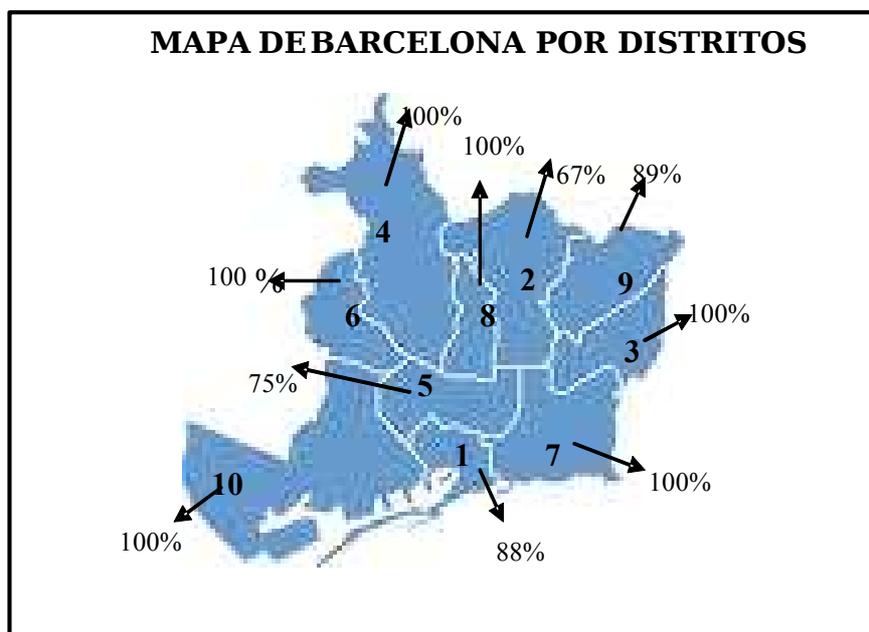
**Tabla Nº 36. Distritos del municipio de la ciudad de Barcelona y su relación con el número de Institutos Públicos de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato de ciencias**

<b>Distritos Municipales Ciudad de Barcelona</b>	<b>Nº IES con Bachillerato de Ciencias</b>
1. Ciutat Vella	8
2. Horta-Guinardo	5
3. Sant Andreu	4
4. Sarrià-Sant Gervasi	4
5. Eixample	4
6. Les Corts	3
7. Sant Martí	11
8. Gràcia	4
9. Nou Barris	10
10. Sants-Montjuic	8
Total	61

La investigadora visitó cada uno de los institutos de los diez distritos de la ciudad. Esta primera visita tenía la intención de desarrollar una reunión con los directores de los departamentos de ciencias naturales de los institutos, puesto que se consideró que sería la mejor vía para llegar a los profesores y organizar la entrega de los cuestionarios en una cantidad similar al número de profesores que conformaban el departamento de ciencias de cada centro.

Los cuestionarios se entregaron en la mayoría de los centros. La media del porcentaje de participación de los institutos de la ciudad, por distritos fue de un noventa y dos por ciento (92 %). El mapa de la figura 17 muestra el porcentaje de participación de los institutos según cada distrito de la ciudad de Barcelona.

**Figura Nº 17. Mapa con el porcentaje de participación de los Institutos de Enseñanza Secundaria y de Bachillerato por distritos de la ciudad de Barcelona**



En este contexto se recogieron los datos cuantitativos referentes a las actitudes del profesorado y estudiantado. La menor participación de algunos distritos se debió, por una parte, al desinterés de los jefes de departamento por informar a los profesores acerca del estudio, y, en otros

casos, a las normas de determinados centros que impedían a los profesores participar en este tipo de actividades sin una previa autorización del consejo del centro.

### ***5.2.2 Contexto específico en que se desarrolla la investigación***

El contexto específico lo conforman las tres aulas de ciencias en que se desarrolla el estudio cualitativo con la participación de tres profesores. Los institutos de los profesores seleccionados pertenecen a tres distritos de la ciudad (Tabla 37).

**Tabla Nº 37. Características del contexto específico en que se desarrolla el estudio**

Distrito	Aula	Nivel	Nº estudiantes
1. Ciutat-Vella	Aula Biología	3º ESO	19
2. Horta-Guinardó	Aula Física	2º Bachillerato	10
3. Nou Barris	Aula Química	1º Bachillerato	16

#### **A) Los participantes en el estudio**

El estudio se compone de dos tipos de muestra:

 **Muestra intencionada:** Incluye la muestra del profesorado y estudiantado participante en el estudio cuantitativo focalizado en la técnica del cuestionario.

##### **A.1) Profesorado**

Esta muestra se compone de 125 profesores de diversas disciplinas de ciencias, que imparten cursos en los cuatro niveles de la enseñanza secundaria y Bachillerato. El contacto se realizó en una primera etapa por vía telefónica y después con una entrevista con los directores de los departamentos de ciencias. Después de esta primera entrevista se realizó una reunión informativa con el profesorado durante la hora de reunión de los departamentos. A partir de entonces se inició la selección teniendo en cuenta, en primer lugar, la disposición del profesorado para participar en la investigación. En esta etapa, la disposición e interés de los directores de los departamentos fue fundamental ya que la gran mayoría del mostró una

actitud positiva, tanto para distribuir como para recoger posteriormente los cuestionarios respondidos por el profesorado participante. En esta misma etapa fue cuando se realizó la selección de los tres profesores participantes en el estudio cualitativo.

Las características de la muestra general del profesorado participante se exponen a continuación:

- **Licenciatura:** El 48%, el mayor porcentaje de profesores de la muestra, es licenciado en Ciencias Biológicas, el 30,2 % es licenciado en Ciencias Químicas, y el 11,2% es licenciado en Ciencias Físicas. El 12,2 % restante de participantes en el estudio tiene otras titulaciones (Tabla 38).

**Tabla Nº 38. Frecuencia de la titulación universitaria**

Licenciatura	Frecuencia	Porcentaje (%)
Ciencias Biológicas	60	48
Ciencias Físicas	14	11,2
Ciencias Químicas	38	30,4
Ingeniería	1	0,8
Química y Farmacia	4	3,2
Educación Primaria	6	4,8
Pedagogía	1	0,8
Matemática y Ciencias	1	0,8
Total	125	100

- **Edad:** El 88 % del profesorado tiene edades que se concentran en las clases más altas de las edades iguales o superiores a 41 años. El 12 % restante se distribuye en las primeras clases de edades entre 26 y 40 años (Tabla 39).

**Tabla Nº 39. Distribución de la edad del profesorado participante en el estudio**

Clases Edad (años)	Porcentaje
1. 21-25	0
2. 26-30	3,2
3. 31-35	5,6

4. 36-40	3,2
5. 41-45	11,2
6. 46-50	28,8
7. 51-55	30,4
8. 56-60	16
9. 61 ó más	1,6

- **Género:** En el estudio el porcentaje de profesores y profesoras es prácticamente similar. Un 52 % de la muestra corresponde a mujeres y un 48 % de hombres (Tabla 40).

**Tabla Nº 40. Frecuencia del profesorado por el género**

Sexo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Mujer	65	52
Hombre	60	48
Total	125	100

- **Estudios Tercer ciclo:** Un 18, 4% del profesorado participante señaló tener estudios en este nivel, distribuidos en Master (7,2 %) y grado de Doctor (11,2 %) en alguna de las disciplinas de las ciencias naturales. Un 7,2 % del profesorado tiene alguna otra certificación, como Diplomatura o certificados DEA, entre otros. La mayoría del profesorado no tiene estudios de tercer ciclo (74,4 %) (Tabla 41).

**Tabla Nº 41. Frecuencia del profesorado con estudios de segundo y tercer ciclo**

Estudios Segundo y Tercer ciclo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Master	9	7,2
Doctorado	14	11,2
Otras certificaciones	9	7,2
No tiene	93	74,4
Total	125	100

**A.2) Estudiantado:** La muestra se compone de 106 estudiantes desde los niveles de tercero de ESO hasta segundo de Bachillerato. Las características de la muestra del estudiantado se exponen a continuación:

- **Edad:** La mayoría del estudiantado (92,5 %) tiene edades entre los 14 y 17 años. Una menor proporción de los estudiantes, que corresponde al 7,5 %, se distribuye en las clases superiores de edad (Tabla 42).

**Tabla Nº 42. Distribución de los estudiantes por la edad**

Clases edad	Frecuencia	Porcentaje (%)
14-15 años	41	38,7
16-17 años	57	53,8
18-19 años	7	6,6
20 ó más años	1	0,9
Total	106	100

- **Género:** La distribución del estudiantado según el sexo es similar: 50 % de cada sexo (Tabla 43).

**Tabla Nº 43. Distribución del estudiantado por el género**

Sexo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Mujer	53	50
Hombre	53	50
Total	106	100

- **Nivel de enseñanza:** Un 58,5 % del estudiantado participante cursa la Enseñanza Secundaria Obligatoria (3º y 4º de ESO) y el 41,5 % de los estudiantes cursa primero y segundo año del Bachillerato de ciencias de la naturaleza y de la salud (Tabla 44).

**Tabla Nº 44. Distribución del estudiantado por nivel de enseñanza**

Nivel de enseñanza	Frecuencia	Porcentaje (%)
3º ESO	26	24,5
4º ESO	36	34,0
1º Bachillerato	35	33,0
2º Bachillerato	9	8,5
Total	106	100

 **Muestra cualitativa:** Esta muestra está conformada por tres profesores licenciados, respectivamente, en Ciencias Biológicas, Ciencias Físicas y Ciencias Químicas, ya que para el estudio era necesario abarcar estas tres áreas de las ciencias naturales.

Para la selección de los profesores participantes realizamos una convocatoria al profesorado de instituto en el mismo momento que se coordinaba la participación en el estudio cuantitativo, particularmente durante la aplicación del cuestionario de actitudes. Los tres profesores participantes mostraron desde el inicio del proceso un gran interés por colaborar en el estudio.

Unos de los factores que no pudimos controlar fue el número de estudiantes por curso. Así, coincidió que los profesores seleccionados para el estudio cualitativo desarrollaban su práctica docente en cursos con un bajo número de estudiantes, especialmente a nivel de bachillerato. Sin embargo, estos cursos tenían en común una media de rendimiento global favorable, lo que también era una condición positiva dadas las características del tema del estudio.

Una vez definidos los profesores que participarían en el estudio se realizó una reunión con los mismos, en la que se expusieron los detalles más específicos de la experiencia y el rol que tenía la investigadora dentro del aula. En este sentido los tres profesores tuvieron una amplia disposición a colaborar y evitar cualquier incidente que alterara el proceso normal de las clases. Esta etapa fue importante, por la influencia que normalmente ejerce una persona extraña a la cotidianeidad del aula.

Los tres profesores participantes tienen una amplia experiencia docente y una abundante actividad en cursos de perfeccionamiento: dos de ellos tienen postgrado en el área de la enseñanza de las ciencias y el otro profesor en su especialidad. Además, tienen en común participar activamente junto al estudiantado en actividades extraescolares, como congresos de estudiantes de ciencias, seminarios y salidas didácticas. Algunas características de los profesores seleccionados para participar en el estudio de casos se reseñan en la tabla 45.

**Tabla Nº 45. Características de la docencia de los tres profesores seleccionados de la muestra**

Profesor	Disciplina científica	Experiencia docente (años)	Nivel curso
P1	Física	25	2º Bachillerato Ciencias
P2	Química	20	1º Bachillerato Ciencias

P3	Biología	30	3º ESO
----	----------	----	--------

### **B) Acceso a los escenarios en que se desarrolla el estudio cualitativo**

El estudio cualitativo se desarrolló en etapas. El primer escenario fue el aula de Química. El Instituto se encuentra en el distrito de Nou Barris, una zona con un medio socio cultural con problemas, según información del profesor. El profesor P2 decide participar en el estudio con sus estudiantes de Primero de Bachillerato de Ciencias. En la primera sesión el profesor explica la presencia de la observadora en el aula, al mismo tiempo que permite que la investigadora explique al estudiantado su rol y el papel que tienen ellos en el estudio.

El segundo escenario es el aula de Física. El Instituto se encuentra en el distrito de Horta-Guinardó. El curso es un segundo de Bachillerato y se compone de diez estudiantes. El profesor explica previamente al estudiantado el propósito de la presencia de la investigadora en el aula. Este profesor, P1, del mismo modo que el profesor anterior, cede a la investigadora un espacio para explicar al estudiantado algunas ideas generales sobre la investigación.

El tercer escenario es el aula de Biología. El instituto se encuentra en el distrito de Ciutat-Vella. El profesor P3 decide aportar su práctica en un curso de ciencias naturales en Tercero de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). El acceso ocurre de manera diferente, dado que es el profesor quien explica a sus estudiantes el motivo de la presencia de la investigadora en el aula.

De esta manera concluimos con esta parte de la tesis que explica y describe los aspectos fundamentales de la metodología de la investigación. En el siguiente apartado se presentan los resultados cuantitativos derivados del análisis de los datos aportados por del profesorado y estudiantado en el cuestionario.

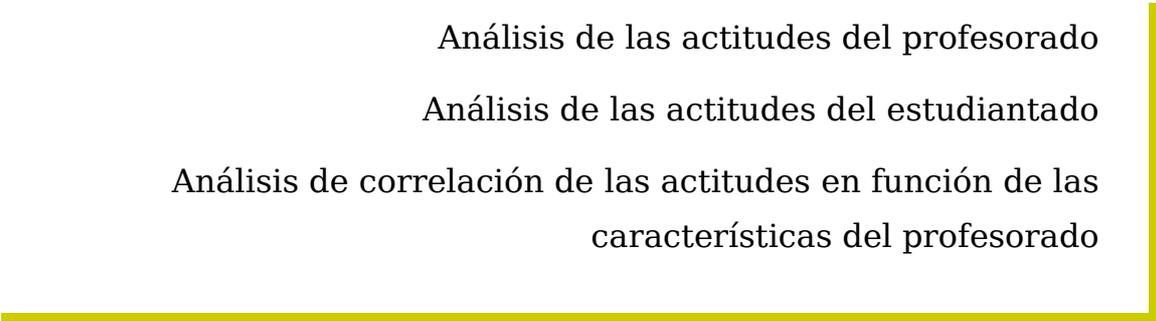


**PARTE IV RESULTADOS CUANTITATIVOS DE  
LAS ACTITUDES DE LA NATURALEZA DE LA  
CIENCIA DEL PROFESORADO Y ESTUDIANTADO**

Análisis de las actitudes del profesorado

Análisis de las actitudes del estudiantado

Análisis de correlación de las actitudes en función de las  
características del profesorado



---

En este **apartado IV** se exponen los resultados cuantitativos relacionados con las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia. La información se ha organizado en dos capítulos: un primer capítulo dividido en tres partes: una primera con los resultados sobre las actitudes del profesorado, una segunda con los resultados de las actitudes del estudiantado y una tercera con los resultados del análisis de las desviaciones típicas de las medias de los índices actitudinales del profesorado y del estudiantado; y un segundo capítulo con los resultados del análisis de correlación de los índices actitudinales del profesorado en función de la edad, estudios de segundo y tercer ciclo y años de experiencia docente.

---

## ***CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA***

En este capítulo se exponen los resultados cuantitativos derivados del análisis del cuestionario para medir las actitudes del profesorado y del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia. El capítulo se ha organizado en dos partes:

**1. Resultados del análisis del cuestionario de actitudes:** En esta primera parte se presentan los resultados del análisis de las respuestas del cuestionario. Los resultados se presentan por categorías de la naturaleza de la ciencia e incluyen los resultados de ambas muestras.

**2. Análisis de la desviación típica y la media muestral de los índices actitudinales:** En esta segunda parte se exponen los resultados derivados de los análisis de las desviaciones típicas y la media muestral del índice actitudinal de todas las frases del cuestionario. Se realizó una selección de los índices de las frases con los valores más positivos y más negativos, que representarían las actitudes más acordes y menos acordes con las ideas actuales sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

### ***6.1 Índices actitudinales del profesorado y del estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia***

A continuación se exponen los resultados del análisis de las respuestas del cuestionario que dieron origen a los índices actitudinales del profesorado y estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio. Estos resultados se presentan para cada una de las cinco categorías de análisis y por muestra, y primero se presentan los resultados generales y después se exponen los resultados más específicos por ítems y frases. Un análisis más preciso, como bien lo señalan los autores del instrumento utilizado, permite ampliar y profundizar sobre el aspecto que se evalúa en cada frase y cada pregunta.

A la vez, permite contrastar estos resultados con los obtenidos en los análisis de cada una de las categorías, lo cual facilitará el conocimiento más minucioso de las actitudes.

### ***6.1.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa***

Esta categoría se compone de doce ítems, que contienen un total de setenta frases con diversas ideas que valoran las actitudes acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia.

#### ***A) Índices actitudinales del profesorado***

En este apartado se exponen los resultados del análisis del cuestionario aplicado al profesorado. En primer lugar se presentan los resultados generales y luego se exponen los resultados para cada ítem y frase.

##### **A.1) Parámetros globales**

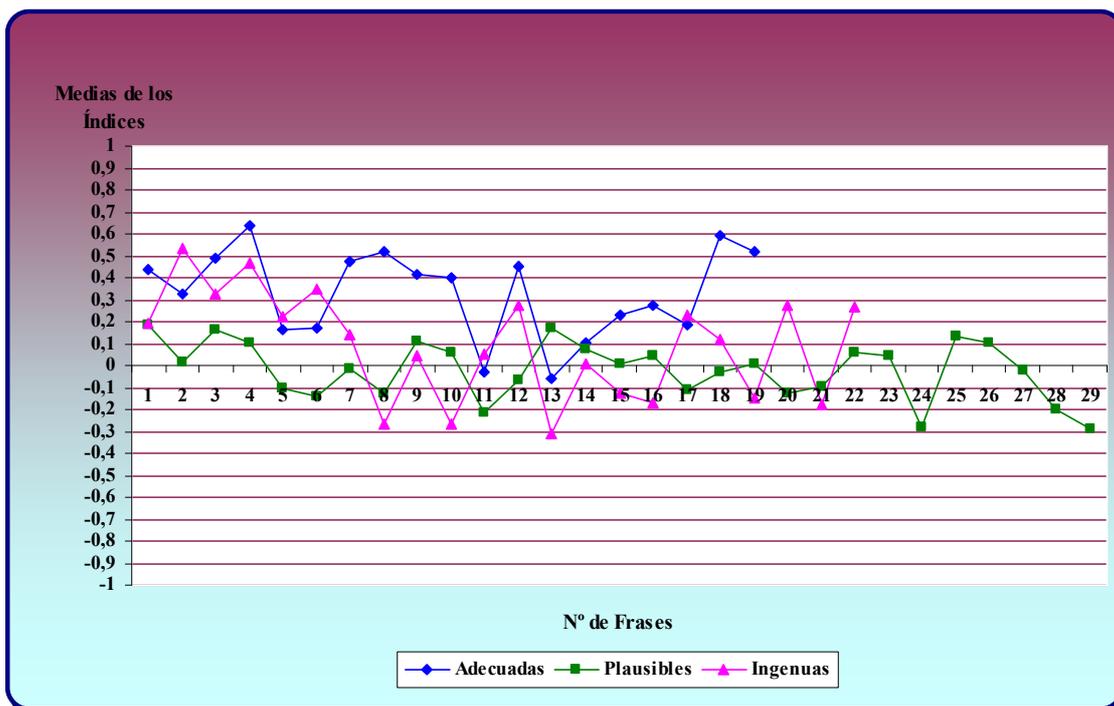
Las medias de los índices actitudinales para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la categoría muestran diferencias. El índice actitudinal global tiene un valor positivo (0,1316) y es debido principalmente a la identificación positiva de las frases adecuadas. La tabla 46 muestra que el índice más alto y positivo es para las frases adecuadas (0,3519), las frases ingenuas muestran un índice positivo, aunque bajo y cercano a cero (0,0686). A diferencia de las anteriores, las frases plausibles tienen un índice actitudinal negativo y muy bajo (-0,0256).

**Tabla N° 46. Medias de los índices actitudinales del profesorado para las categorías adecuada, plausible e ingenua de la primera categoría**

	Media
Media puntuaciones	0,1112
Adecuadas	0,3519
Plausibles	- 0,0256
Ingenuas	0,0686
Índice Global Ponderado	0,1316

Al mismo tiempo en la figura 18 se señala la distribución de los índices actitudinales para las setenta frases, por categoría.

**Figura Nº 18. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la primera categoría**



La mayor contribución a este valor positivo proviene de las medias de los índices actitudinales de las frases adecuadas, 90 % de frases con índices positivos, y de las frases ingenuas, 69% de aportación de frases con índices positivos. Esta tendencia contrasta con los resultados de las frases plausibles, ya que aportan un 52 % de índices actitudinales positivos, pero éstos son bajos y cercanos a cero.

La evidencia general concuerda con los antecedentes aportados por Manassero *et al.* (2004 op.cit.). Estos autores señalan que esta tendencia en la actitud significa que el profesorado tiene dificultad para identificar ideas con posiciones ambiguas o menos extremas, y más facilidad para

identificar ideas con posiciones más definidas, que estarían representadas por las frases adecuadas e ingenuas.

Si consideramos el índice actitudinal global como un primer parámetro de análisis, su valor nos indica que hay una tendencia en las actitudes del profesorado a considerar la ciencia como un conocimiento tentativo más que un conocimiento absoluto. Sin embargo, es necesario conocer la evidencia a niveles más específicos, ya que es probable que a este nivel se observen otras tendencias.

La tabla 47 expone los índices actitudinales para cada una de las cuatro subcategorías que componen esta primera categoría.

**Tabla Nº 47. Índices actitudinales del profesorado para las subcategorías de la primera categoría**

Subcategorías	Ítems	Índices categoría adecuada	Índices categoría plausible	Índices categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
1.El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión, es dinámico y no una estática acumulación de información.	10111	0,3830	0,1400	0,1900	0,2376	0,2000
	90521	0,4880	-0,1440	0,3393	0,2277	0,2724
	90651	0,6340	-0,0700	0,2440	0,2693	0,1964
	70721	0,1670	0,0840	-0,1626	0,0884	0,0020
	90411	0,4740	-0,2160	0,1640	0,1406	0,1465
2.El conocimiento científico está basado en la evidencia empírica. Rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas	10113	0,5220	0,0613	-0,1520	0,1437	0,0670
	90711	0,4080	-0,0186	-	0,1947	0,1520
3.El conocimiento científico es subjetivo, porque la observación e interpretación de la evidencia empírica están influidas por la “perspectiva de la corriente científica actual” y también por la subjetividad personal de cada científico (valores, experiencia, formación académica, etc.).	91121	-0,0320	-0,0480	-0,1260	-0,0686	-0,0060
	70221	0,1960	-0,1000	0,0280	0,0413	0,0696
4. La dirección y productos de la investigación científica están influidos por los factores sociales y la cultura en la cual se desarrolla.	70711	0,1100	0,0520	-0,0160	0,1460	0,0670
	20821	0,3513	-0,0740	0,0470	0,1081	0,1428
	20211	0,5220	-0,0020	0,2680	0,2626	0,0063

En los índices actitudinales de la primera subcategoría se observa una tendencia favorable en la actitud del profesorado al identificar positivamente las ideas expresadas en las frases adecuadas. Sin embargo, los índices actitudinales negativos de las frases plausibles e ingenuas indican una actitud desfavorable hacia las ideas que representan. Esta

tendencia en los resultados sugiere que el profesorado comprende que la ciencia es un conocimiento relativo y sujeto a cambio, pero esta comprensión parece ser incompleta y poco clara.

Respecto a la segunda subcategoría se observa que el profesorado tiene una actitud favorable hacia las ideas adecuadas expresadas en ambos ítems. Sin embargo, tiene una actitud que podríamos definir como desfavorable hacia las ideas plausibles expresadas en el ítem 90711 y hacia las ideas ingenuas del ítem 10113. La tendencia en la actitud del profesorado sobre este aspecto de la ciencia es similar al anterior. El profesorado identificó algunos aspectos adecuados, pero no tuvo la capacidad para reconocer los aspectos ingenuos o ambiguos, lo que sugiere deficiencias en la comprensión del tema.

Una situación contrastante es la que se observa en la tercera subcategoría, dado que el ítem 91121 exhibe índices actitudinales negativos en las tres categorías de frases. Este resultado indicaría que el profesorado falló en reconocer las ideas más adecuadas, así como también las ideas ingenuas y ambiguas. Esta tendencia contrasta con la que muestra el ítem 70211, donde el profesorado identificó positivamente las ideas adecuadas e ingenuas, pero tuvo dificultad para reconocer las ideas poco definidas expresadas en las frases plausibles. Así, el índice global negativo del ítem 91121 debilita las tendencias favorables aportadas en el ítem 70211. Por lo tanto, la evidencia sugiere que el profesorado tiene cierto grado de comprensión de la naturaleza subjetiva de la ciencia, pero estas actitudes se combinan también con ideas ingenuas sobre este aspecto.

En la cuarta subcategoría se observa una tendencia similar a las observadas en la primera y segunda. El profesorado identificó favorablemente las ideas adecuadas e ingenuas, con excepción del ítem 70711 donde la categoría ingenua tiene un índice negativo. No obstante, el profesorado mostró dificultad para identificar las ideas más ambiguas expuestas en las frases plausibles de los ítems 20821 y 20211. La evidencia sugiere que el profesorado tuvo claridad sobre aspectos generales de la influencia de los factores sociales en la actividad científica, pero esta actitud fue menos favorable en aspectos más específicos sobre la influencia

de la cultura de cada país en las decisiones que toman los científicos y sobre los problemas que investigan.

**A.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

En este apartado se muestran los resultados más específicos de los índices actitudinales del profesorado sobre los aspectos de esta primera categoría. La tabla 48 exhibe los resultados con los índices actitudinales para cada frase e ítem y por categorías. Se observa que hay abundantes índices actitudinales con valores positivos y negativos. El índice actitudinal global más positivo es para el ítem 90651 (0,2693). En contraste, el índice actitudinal global más negativo está en el ítem 91121 (-0,0686), que ha tenido valores negativos en la mayoría de las frases y en las tres categorías. Al mismo tiempo, el mayor número de frases con índices actitudinales positivos corresponde al ítem 10111, que alude a la definición de la ciencia, aunque muestra un índice negativo en la frase plausible 10111g (-0,1040). En contraste, el ítem 91121 concentra el mayor número de frases con índices negativos. El único índice positivo que muestra este ítem está en la frase 91121d (0,0080), plausible, que hace referencia a la subjetividad/objetividad de las ideas de la ciencia.

**Tabla Nº 48. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la primera categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio muestra	Categoría adecuada	Categoría plausible	Categoría ingenua	Ponderado	Promedio
10111	10111a	P	0,1840					
	10111b	A	0,4400					
	10111c	P	0,0160					
	10111d	P	0,1600					
	10111e	I	0,1900					
	10111f	P	0,1040					
	10111g	P	-0,1040					
	10111h	A	0,3260					
	10111i	I	0,5320					
					0,383	0,14	0,19	0,2376
90521	90521a	I	0,3260					
	90521b	I	0,4700					
	90521c	P	-0,1440					
	90521d	A	0,4880					
	90521e	I	0,2220					
				0,4880	-0,1440	0,3393	0,2277	0,2724
90651	90651a	I	0,3500					
	90651b	I	0,1380					
	90651c	P	-0,0160					
	90651d	A	0,6340					
	90651e	P	-0,1240					
				0,6340	-0,07	0,244	0,2693	0,1964

70721	70721a	I	-0,2640					
	70721b	P	0,1080					
	70721c	I	0,0420					
	70721d	P	0,0600					
	70721e	I	-0,2660					
	70721f	A	0,1620					
	70721g	A	0,1720					
				0,167	0,084	-0,1626	0,0884	0,002
90411	90411a	P	-0,2160					
	90411b	A	0,4740					
	90411c	I	0,0540					
	90411d	I	0,2740					
				0,4740	-0,2160	0,164	0,1406	0,1465
10113	10113a	P	-0,0640					
	10113b	I	-0,3120					
	10113c	P	0,1720					
	10113d	I	0,0080					
	10113e	P	0,0760					
	10113f	A	0,5220					
				0,5220	0,0613	-0,152	0,1437	0,067
90711	90711a	A	0,4160					
	90711b	P	0,0040					
	90711c	A	0,4000					
	90711d	P	0,0480					
	90711e	P	-0,1080					
				0,408	-0,0186	-	0,1947	0,152
91121	91121a	A	-0,0320					
	91121b	P	-0,0280					
	91121c	I	-0,1260					
	91121d	P	0,0080					
	91121e	P	-0,1240					
				-0,0320	-0,048	-0,1260	-0,0686	-0,0060
70221	70221a	I	-0,1700					
	70221b	A	0,4520					
	70221c	I	0,2260					
	70221d	A	-0,0600					
	70221e	P	-0,1000					
				0,196	-0,1000	0,028	0,0413	0,0696
70711	70711a	A	0,1040					
	70711b	P	0,0560					
	70711c	A	0,2260					
	70711d	P	0,0480					
	70711e	I	0,1180					
	70711f	I	-0,1500					
				0,11	0,052	-0,016	0,146	0,067
20821	20821a	I	0,2740					
	20821b	I	-0,1800					
	20821c	A	0,2760					
	20821d	A	0,1880					
	20821e	P	-0,2800					
	20821f	A	0,5900					
	20821g	P	0,1320					
				0,3513	-0,074	0,047	0,1081	0,1428
20211	20211a	I	0,2680					
	20211b	P	0,1040					
	20211c	P	-0,0200					
	20211d	P	-0,2000					
	20211e	A	0,5220					
	20211f	P	-0,2920					
				0,5220	-0,002	0,2680	0,2626	0,0063

A continuación se exhiben los resultados por ítems y frases de esta categoría.

▪ **Ítem 10111**

Definir que es la ciencia es difícil porque es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-El estudio de campos tales como biología, geología, física y química.	P	0,184
b.-Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).	A	0,4400
c.-Explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan.	P	0,0160
d.-Realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.	P	0,1600
e.-Inventar o diseñar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales).	I	0,1900
f.-Buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación, mejorar la agricultura).	P	0,1040
g.-Una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.	P	-0,1040
h.-Un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.	A	0,3260
i.-No se puede definir la ciencia.	P	0,5320

Este ítem contiene nueve frases, seis plausibles, dos adecuadas y una ingenua. Los índices actitudinales más altos se encuentran en las frases 10111b y 10111i, adecuada y plausible respectivamente. El índice positivo más bajo es para la frase 10111c, plausible, y el único índice actitudinal negativo se encuentra en la frase 10111g, que también es plausible.

Estos índices actitudinales sugieren que el profesorado acepta que la ciencia se puede definir, pero la cuestión es conocer qué idea de la ciencia es la que sustenta. En este sentido, los índices actitudinales obtenidos para esta categoría señalan que el profesorado se identificó positivamente con las ideas adecuadas sobre lo que es la ciencia. Ha aceptado que la ciencia puede definirse como un conjunto de conocimientos, ordenados en principios, leyes y teorías que explican el mundo, y que este conocimiento incluye un proceso de investigación y los resultados que de él se obtienen. También se identificó, aunque con menos fuerza, con la idea de la ciencia como el estudio de distintos campos como la biología y otras disciplinas; explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo; y la experimentación, la búsqueda y el uso de estos conocimientos para mejorar el mundo. Sin embargo, el profesorado ha identificado negativamente la afirmación que enfatiza la idea de la ciencia como una actividad humana. Estos resultados sugieren que la actitud del profesorado sobre la ciencia se compone de ideas tradicionales combinadas con otras más acordes con los actuales planteamientos. No obstante, hay deficiencias en la comprensión que la ciencia es una actividad humana.

▪ **Ítem 90521**

Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente. Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.	I	0,3260
b.-En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.	I	0,4700
c.-Porque los científicos hacen investigaciones para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar con su trabajo.	P	-0,1440
d.-Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	A	0,4880
e.-Los científicos no hacen suposiciones. Investigan una idea para averiguar si es verdadera. No suponen que sea verdad.	I	0,2220

Este ítem se compone de cinco frases, tres ingenuas, una adecuada y una plausible. El índice actitudinal global positivo sugiere una tendencia favorable en la actitud del profesorado acerca de cómo progresa la ciencia (0,2277). La frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo 90521d. Las tres frases ingenuas también tienen índices actitudinales positivos. En contraste, la frase plausible 90521c tiene un índice actitudinal negativo.

El punto fuerte en la actitud del profesorado viene dado por la identificación positiva de las ideas adecuadas. Esta tendencia se refuerza con la identificación positiva de las tres ideas ingenuas. Esta tendencia en los resultados indicaría que el profesorado mostró una actitud favorable acerca del progreso de la ciencia como un proceso no lineal ni absoluto. Sin embargo, esta actitud se ha debilitado con la identificación negativa de la idea ambigua, que enfatiza el concepto de verdad en el proceso de construcción del conocimiento científico.

▪ **Ítem 90651**

Los científicos no deberían cometer errores en su trabajo, porque los errores retrasan el avance de la ciencia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.	I	0,3500
b.-Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la técnica avanzará más de prisa.	I	0,1380
<b>Los errores NO PUEDEN EVITARSE:</b>		
c.-Aunque después los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta alcanzar un acuerdo.	P	-0,0160
d.-Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	A	0,6340
e.-En la mayoría de los casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. Esta progresa detectando y corrigiendo los errores del pasado.	P	-0,1240

El ítem se compone de cinco frases, dos ingenuas, dos plausibles y una adecuada. El ítem muestra un índice global positivo y casi similar a los

índices de las dos frases anteriores (0,2693). La frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo de la categoría, lo que sugiere una actitud muy favorable del profesorado acerca de avance de la ciencia y el papel que tienen los errores en este proceso. Esta tendencia se refuerza por los índices positivos de las dos frases ingenuas, pero se debilita por los índices actitudinales negativos de las dos frases plausibles.

En este ítem el punto fuerte de la actitud del profesorado viene dado por la amplia identificación de la idea adecuada, que afirma que la aceptación de los errores por parte de los científicos permite reconducir la investigación y lograr nuevos conocimientos, y también por la actitud favorable hacia las dos ideas ingenuas, que declaran que la infabilidad de los científicos es fundamental para el progreso de la ciencia. No obstante, esta tendencia se debilita por la identificación negativa del profesorado hacia las ideas que enfatizan la importancia de la comprobación, detección y corrección de los errores.

▪ **Ítem 70721**

Un equipo de científicos de cualquier parte del mundo (por ejemplo América, África, Asia) investigarían el átomo básicamente de la misma manera que un equipo de científicos de nuestro país. Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.	I	-0,2640
b. Porque los científicos comparten sus opiniones.	P	0,1080
c.-Cada equipo de científicos tienen sus propios métodos e ideas. Esto no tiene nada que ver con el país donde viven. Cada uno es diferente.	I	0,0420
<b>Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente:</b>		
d.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología disponible.	P	0,0600
e.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.	I	-0,2660
f.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la educación y la tecnología disponible.	A	0,1620
g.-Porque las diferentes condiciones sociales, los recursos, ideas y cultura afectan a todo, incluyendo los métodos usados por los científicos.	A	0,1720

El ítem se compone de siete frases, dos adecuadas, dos plausibles y tres ingenuas. El índice actitudinal global es positivo, pero bajo y muy cercano a cero (0,0884), lo que sugiere una débil identificación del profesorado con la idea de la subjetividad de la ciencia. Todos los índices positivos muestran valores bajos, como es el caso de las dos frases adecuadas y de las dos frases plausibles, así como de la idea ingenua 70721c. Hay dos frases ingenuas, la 70721a y la 70721e, que han mostrado índices actitudinales negativos.

La evidencia sugiere que la actitud del profesorado hacia este ítem no tiene puntos fuertes. En general se percibe una débil identificación por parte del profesorado con las ideas más adecuadas e ingenuas, lo que indicaría que hay deficiencias en la comprensión de la naturaleza subjetiva de la ciencia y de la influencia de la cultura de cada país en la actividad científica. Esta tendencia se refuerza por la identificación de la idea que la ciencia es universal y que el método científico es ajeno a la influencia del medio socioeconómico y cultural.

Así, la actitud del profesorado se conforma de ideas adecuadas, muy débiles, que se combinan con otras más ingenuas y erróneas, que aluden a la naturaleza universal y objetiva de la ciencia, y por la idea ingenua que niega la influencia del medio social en el desarrollo y progreso del conocimiento científico.

#### ▪ Ítem 90411

Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro. El conocimiento científico cambia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque los científicos más jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes o para detectar errores en la investigación original "correcta".	P	-0,2160
b.-Porque el conocimiento antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	A	0,4740
c.-El conocimiento científico PARECE cambiar, porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.	I	0,0540
d.-El conocimiento científico PARECE cambiar, porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.	I	0,2740

El ítem tiene un índice actitudinal global positivo (0,164), lo que indica una tendencia positiva en la actitud del profesorado hacia la idea de cambio de la ciencia. Se compone de cuatro frases, una adecuada, dos ingenuas y una plausible. La frase adecuada muestra el índice actitudinal más positivo y la frase plausible el índice más negativo. Las dos frases ingenuas mostraron índices actitudinales positivos.

El punto fuerte en la actitud del profesorado viene dado por la identificación positiva de la idea adecuada que menciona que la ciencia cambia. Esta actitud se refuerza, aunque más débilmente, con la identificación positiva de las ideas ingenuas, que reseñan la ciencia como una simple acumulación de conocimientos debido a las aportaciones de las nuevas pruebas experimentales. Sin embargo, la actitud se debilita por la identificación negativa de la idea plausible, que establece el rol de los

nuevos científicos y la inclusión de nuevas técnicas e instrumentos para desarrollar una mejor actividad científica y para comprobar la existencia de errores en la investigación original.

Para este aspecto la actitud global del profesorado muestra una comprensión que la ciencia cambia. Sin embargo, hay deficiencias a nivel de la explicación sobre cómo se producen dichos cambios y también en el papel de los científicos más jóvenes y en el rol que tienen las nuevas técnicas e instrumentos en los avances científicos.

### ▪ Ítem 10113

El proceso de hacer ciencias se describe mejor como:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.	P	-0,0640
b.-El método científico.	I	-0,3120
c.-Descubrir el orden que existe en la naturaleza.	P	0,1720
d.-El uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.	I	0,0080
e.-La aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.	P	0,0760
f.-Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.	A	0,5220

El ítem se compone de seis frases, una adecuada, tres plausibles y dos ingenuas. El índice actitudinal global positivo sugiere, aunque débilmente, una identificación favorable de la idea actual del proceso de hacer ciencias. El índice actitudinal más alto es para la única frase adecuada. También tienen índices positivos, aunque bajos, las frases plausibles 10113c y 10113e, y la frase ingenua 10113d. En contraste, los índices más negativos son para la frase plausible 10113a y la frase ingenua 10113b, debilitando la tendencia positiva de la actitud.

En este ítem el punto fuerte en la actitud viene dado por la identificación positiva de la idea adecuada, que señala que el proceso de hacer ciencias se basa en observar y proponer explicaciones sobre las relaciones del universo y comprobar la validez de estas. Pero, al mismo tiempo, esta actitud del profesorado se ha debilitado al identificar negativamente las ideas plausibles, que explican que el proceso de hacer ciencias se relaciona con el descubrimiento del orden que existe en la naturaleza y la aplicación de diversas metodologías para entender este orden, y con la identificación débil de la idea ingenua, que señala el uso de la tecnología para descubrir la naturaleza. Todas estas actitudes más débiles se refuerzan con la tendencia negativa en la actitud del profesorado

hacia las ideas, plausible e ingenua, que vinculan los procesos de la ciencia con la comprensión del mundo y con el método científico.

En este ítem la actitud global del profesorado se compone de una idea adecuada, aunque muy general, sobre la ciencia. Esta actitud se combina con ideas más ingenuas que enfatizan principalmente la idea de hacer ciencias con el descubrimiento del orden que existe en la naturaleza, así como también con el papel del método científico para lograr tal finalidad.

### ▪ Ítem 90711

Aunque hagan predicciones basadas en conocimientos rigurosos, los científicos e ingenieros sólo pueden decirnos lo que probablemente puede ocurrir. No pueden decirnos con total seguridad lo que ocurrirá. Las predicciones NUNCA son seguras:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.	A	0,4160
b.-Porque los conocimientos exactos cambian a medida que se hacen nuevos descubrimientos, y por tanto, las predicciones cambiarán siempre.	P	0,0040
c.-Porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada.	A	0,4000
d.-Porque los científicos nunca tienen todos los hechos. Siempre hay datos que faltan.	P	0,0480
e.-Depende. Las predicciones son seguras sólo en la medida que existen conocimientos exactos e información suficiente.	P	-0,1080

El ítem se compone de cinco frases, dos frases adecuadas y tres plausibles. Este ítem no tiene frases ingenuas. El índice actitudinal global positivo (0,1947) indica que el profesorado tuvo una actitud favorable, aunque débil, acerca del papel de la evidencia empírica y de la ciencia como un conocimiento relativo. Los índices actitudinales más positivos están en las dos frases adecuadas. En contraste, la frase plausible 90711e mostró un índice actitudinal negativo.

Así, el punto fuerte en la actitud del profesorado se debe a la identificación positiva de las ideas adecuadas, que hacen referencia al grado de error que está presente en cualquier predicción que se formula en ciencias y a la predicción como una conjetura bien informada. Sin embargo, la escasa identificación de las ideas plausibles, que aluden a los cambios de los conocimientos exactos según nuevos descubrimientos y a la inaccesibilidad de los científicos a todos los hechos, contribuyó negativamente a la actitud sobre este aspecto de la ciencia.

La actitud global del profesorado se compone de ideas adecuadas acerca del rol de las predicciones en la ciencia. No obstante, la actitud global también se conforma de ideas poco definidas respecto los cambios de la

ciencia y la infabilidad de los científicos, así como también a que las predicciones requieren elaborarse en base a datos exactos.

▪ **Ítem 91121**

Los científicos de diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H <sup>+</sup> hace que los químicos piensen en la acidez de una sustancia y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico. Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente en un campo que en otro.	A	-0,0320
b.-Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente, dependiendo del punto de vista particular de cada científico o de lo que ya conoce.	P	-0,0280
<b>Las ideas científicas tienen el MISMO significado en todos los campos:</b>		
c.-Porque la idea se refiere al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista que tenga el científico.	I	-0,1260
d.-Porque todos los campos de la ciencia están estrechamente relacionados entre sí.	P	0,0080
e.-Para permitir la comunicación entre científicos de diferentes campos. Los científicos deben estar de acuerdo en el uso de los mismos significados.	P	-0,1240

Este ítem se compone de cinco frases, tres plausibles, una adecuada y una ingenua. El ítem muestra un índice actitudinal global negativo (-0,0686). La mayoría de los índices actitudinales son negativos y sugieren una tendencia desfavorable en la actitud del profesorado. La frase adecuada muestra un índice actitudinal negativo, lo mismo que dos las frases plausibles, 91121b y 91121e, y la frase ingenua. La evidencia señala un único índice positivo y bajo en la frase plausible, 91121d.

Este ítem no muestra aspectos fuertes en las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza subjetiva de la ciencia y del conocimiento que elabora. Por el contrario, los índices muestran que ha rechazado las ideas más adecuadas, lo que confirmaría una identificación más fuerte con ideas ingenuas, centradas en una visión de la ciencia que es objetiva e independiente de la influencia de las corrientes científicas y de la subjetividad personal de cada científico. Más específicamente, hay un fuerte rechazo del profesorado a considerar que el punto de vista particular de cada científico influye en la interpretación de las ideas científicas, así como también la diferente interpretación que tiene el conocimiento científico según el campo en que se trate. Esta actitud reforzaría otra ingenua vinculada con los aspectos humanos que comporta la actividad científica encontrada en el ítem 10111.

Según esta evidencia, la actitud global del profesorado se fundamentaría principalmente en la idea de la ciencia como un conocimiento

objetivo, absoluto y ajeno a la influencia de la personalidad y subjetividad de quienes lo elaboran.

▪ **Ítem 70221**

Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sentimientos subjetivos o por motivaciones personales:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría apoyarse adecuadamente y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.	I	-0,1700
b.-Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría se haya comprobado con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.	A	0,4520
c.-Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.	I	0,2260
d.- Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones serán influidas, en alguna medida por sus propios sentimientos, por su opinión sobre la teoría o por beneficios personales, tales como la fama, seguridad en el empleo o dinero.	A	0,0600 -
e. Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría o en los beneficios personales, tales como la fama, seguridad en el empleo o dinero.	P	0,1000 -

El ítem se compone de cinco frases, dos adecuadas, una plausible y dos ingenuas. El índice actitudinal global es positivo y bajo (0,0413), lo que sugiere una identificación positiva, pero muy débil, con la idea de subjetividad del conocimiento científico. El índice actitudinal más positivo está en la frase adecuada 70221b y el índice más negativo está en la frase adecuada 70221d. En cuanto a las frases ingenuas, la frase 70221a tiene un índice negativo y la frase 70221c tiene un índice actitudinal positivo.

El punto fuerte en la actitud del profesorado es la identificación positiva de la idea adecuada que alude al rol y función de las teorías en las decisiones científicas. Sin embargo, esta actitud se debilita por la identificación negativa de la idea adecuada que alude a la influencia de las características personales de los científicos en las decisiones científicas. Esta actitud desfavorable se refuerza por la identificación negativa de la idea plausible, que hace referencia a la influencia de la personalidad, los valores, la obtención de beneficios personales, la fama, la seguridad y los intereses económicos de los científicos sobre las decisiones que toman. Esta tendencia también se refuerza por la identificación negativa de la idea ingenua, que propone que las decisiones científicas se basan exclusivamente en los hechos, puesto que de otro modo la teoría puede ser inexacta, inútil y hasta perjudicial para el desarrollo científico.

La actitud global del profesorado se compone de una idea adecuada acerca de las características y el rol de las teorías científicas, pero la evidencia sugiere una tendencia hacia una postura más ingenua de la actitud dada la fuerte identificación del profesorado con ideas erróneas, que enfatizan una supuesta objetividad y ausencia de motivaciones personales y sentimientos en la toma de las decisiones científicas.

### ▪ Ítem 70711

Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones a las que llegan: De hecho, el país marca diferencias:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la educación y la cultura afectan a todos los aspectos incluyendo la formación de los científicos y su manera de pensar sobre un problema científico.	A	0,1040
b.-Porque cada país tiene un sistema diferente para enseñar ciencias. La forma en que se enseña a resolver problemas establece diferencias en las conclusiones que alcanzan los científicos.	P	0,0560
c.-Porque el gobierno e industria de un país sólo ayudarán económicamente los proyectos científicos que se ajusten a sus necesidades. Esto condiciona lo que un científico estudiará.	A	0,2260
d.-Depende. La forma en que un país prepara a sus científicos puede establecer diferencias en algunos científicos. Pero otros científicos se basan en sus opiniones personales.	P	0,0480
<b>El país NO marca diferencias:</b>		
e.-Porque los científicos ven los problemas de manera personal, independientemente del país donde se prepararon.	I	0,1180
f.-Porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.	I	-0,1500

El ítem se compone de seis frases, dos adecuadas, dos plausibles y dos ingenuas. El índice actitudinal global es positivo y bajo (0,146), lo que indicaría una identificación positiva, pero débil, con la idea de la influencia de la sociedad y la cultura en la ciencia. La frase adecuada 70711c tiene el índice actitudinal más positivo, mientras que la frase ingenua 70711f tiene el índice actitudinal más negativo. Las frases plausibles muestran índices positivos bajos.

La evidencia señala que hay una identificación relativa con la idea que alude a la influencia del medio educativo y cultural de cada país en el nivel de desarrollo de la formación de los científicos y de la propia ciencia. Esta tendencia se refuerza, aunque muy débilmente, por la identificación de las ideas plausibles, que apuntan a que la cultura de cada país marca diferencias en cuanto a la formación de sus científicos y en las formas en que éstos llegan a resolver los problemas científicos, y por la identificación de la idea ingenua, que alude a la independencia de los científicos para ver los problemas. Sin embargo, toda esta tendencia se debilita por la identificación negativa de la idea ingenua que enfatiza la importancia del método científico universal, así como las conclusiones que se obtienen a partir de él.

De esta manera, la evidencia sugiere que el profesorado tuvo deficiencias para reconocer el papel de la sociedad en la ciencia y la influencia que ejerce el medio sociocultural, como, por ejemplo, el sistema educativo, en la dirección que sigue la investigación científica. La evidencia sugiere una fuerte influencia de la idea de objetividad, que estaría dada por la presencia y utilización de un método científico que aporta resultados objetivos del mundo natural.

▪ **Ítem 20821**

¿La sociedad influye en la ciencia?	Categoría	Índice actitudinal
a.-La sociedad no influye demasiado en la ciencia.	I	0,2740
b.-La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.	I	-0,1800
c.-Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más dispuestos a estudiarlos.	A	0,2760
d.-La sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable, basándose en nuestros valores morales y éticos.	A	0,1880
e.-La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.	P	-0,2800
f.-La sociedad influye sobre la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	A	0,5900
g.-La sociedad acepta o rechaza tecnología, creando así mayor o menor demanda a la ciencia.	P	0,1320

El ítem se compone de siete frases, dos ingenuas, tres adecuadas y dos plausibles. El índice actitudinal global es positivo (0,1081), lo que sugiere una tendencia positiva en la actitud del profesorado acerca de la influencia de la sociedad en la ciencia. Hay una identificación positiva fuerte de la idea adecuada 20821f, que enfatiza la influencia de la sociedad en la ciencia por las subvenciones económicas que aporta para la investigación científica. Otras frases adecuadas también tienen índices positivos, pero más bajos, y esta misma tendencia se observa en la frase plausible 20821g y en la frase ingenua 20821a. En contraste, la frase ingenua 20821b y la frase plausible 20821e mostraron índices negativos.

En este ítem el punto fuerte en la actitud del profesorado es la identificación positiva de la influencia que ejerce la sociedad, a través de las subvenciones económicas en la investigación científica; del interés de los científicos por investigar problemas que tienen alcance social; y de la influencia de los valores morales y éticos de la sociedad en la aceptación del tipo de investigación que se desarrolla. También ha identificado, aunque más débilmente, la idea plausible que alude a la influencia que ejerce la sociedad sobre las decisiones tecnocientíficas. Igualmente, ha identificado positivamente la idea ingenua que señala que la sociedad no influye en la

ciencia. Por el contrario, esta tendencia positiva en la actitud se debilita por la identificación negativa de la idea plausible que alude al uso del conocimiento científico para el desarrollo de tecnología y de la idea ingenua que enfatiza la demanda social como estimulante de la acumulación de conocimiento científico.

La evidencia sugiere que la actitud global del profesorado se compone de ideas adecuadas acerca de la relación de la sociedad con la ciencia, pero hay deficiencias en reconocer a un nivel más específico como se establece dicha relación.

### ▪ Ítem 20211

La investigación científica en nuestro país sería mejor si estuviera más estrechamente dirigida por las empresas (por ejemplo, compañías de alta tecnología, comunicaciones, farmacéuticas, forestales, mineras o manufactureras). Las empresas principalmente deberían dirigir la ciencia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque un control más estrecho por parte de las empresas haría la ciencia más útil y lograría descubrimientos más rápidamente, gracias a sus comunicaciones, mejor dotación económica y más competitividad.	I	0,2680
b.-Para mejorar la cooperación entre la ciencia y la tecnología, y por tanto, resolver los problemas juntos.	P	0,1040
c.-Pero las instituciones del gobierno o públicas deberían poder decir algo sobre lo que la ciencia pretende conseguir.	P	-0,0200
<b>Las empresas NO deberían dirigir la ciencia:</b>		
d.-Porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).	P	-0,2000
e.-Porque si lo hacen las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieran afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por la empresa).	A	0,5220
f.-Porque los descubrimientos científicos importantes y trascendentales que benefician a los ciudadanos requieren un ejercicio de la ciencia sin limitaciones de nadie.	P	-0,2920

El ítem se compone de seis frases, una ingenua, cuatro plausibles y una adecuada. El ítem muestra un índice actitudinal global positivo (0,2626), que sugiere una tendencia favorable en la actitud del profesorado acerca de la influencia de la sociedad en la ciencia. La única frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo y afirma que las empresas no deberían dirigir la ciencia. La frase ingenua también muestra un índice actitudinal positivo. Respecto las frases plausibles, la 20211c, la 20211d y la 20211f tienen índice actitudinal negativo y la frase 20211b positivo.

En este ítem, el punto fuerte de la actitud del profesorado fue la identificación positiva de la idea adecuada, que argumenta que las empresas no deberían dirigir la ciencia, ya que pueden obstaculizar la dirección de la investigación científica debido a sus intereses económicos. Esta tendencia se refuerza con la identificación positiva de la idea ingenua que defiende el papel de las empresas privadas en la ciencia con el fin de

mejorar y acelerar los descubrimientos científicos. Hay una identificación más débil de la idea plausible que justifica la dirección de la ciencia por parte de las empresas con el fin de mejorar la cooperación entre la ciencia y la tecnología. Sin embargo, esta tendencia positiva se ha visto muy debilitada por la identificación negativa de tres frases plausibles, 20211c (-0,020), 20211d (-0,200) y la frase 20211f (-0,2920).

La actitud global del profesorado acerca del papel de la sociedad en la ciencia se compone de ideas adecuadas, pero también ha mostrado deficiencias sobre las ideas que aluden al rol de los gobiernos en la dirección de la empresa científica. Al mismo tiempo, el profesorado ha mostrado una actitud más ingenua sobre el papel de la ciencia y los beneficios que tiene la sociedad con los resultados de la investigación científica.

### ***B) Índices actitudinales del estudiantado***

#### **B.1) Parámetros globales**

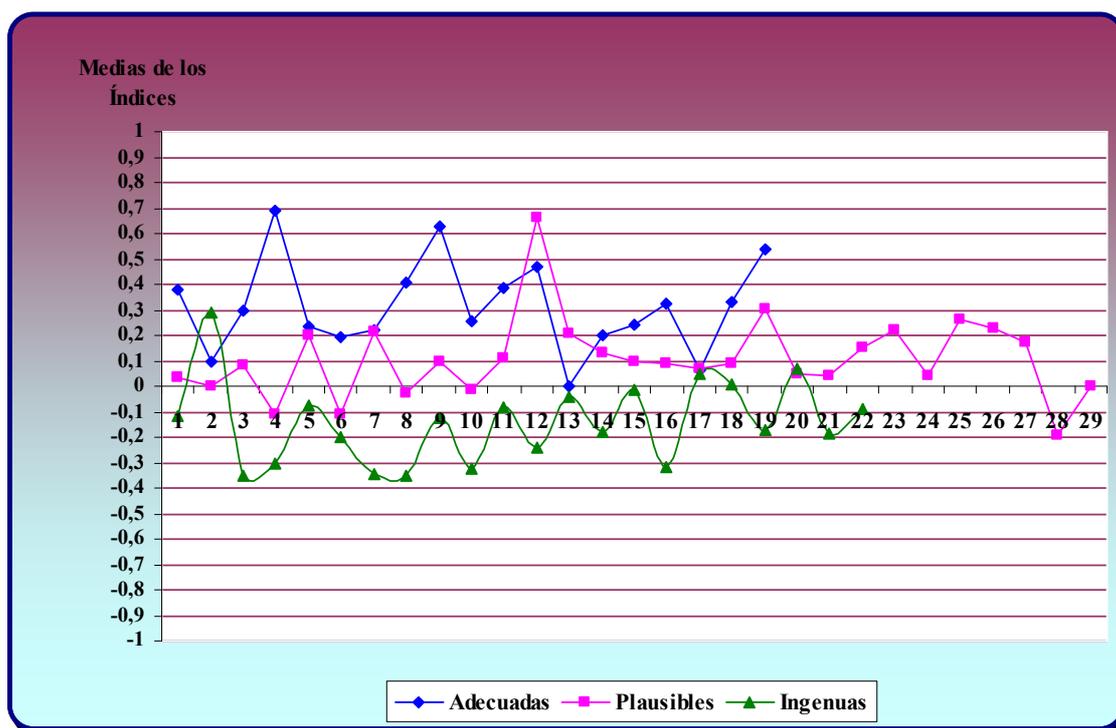
Los resultados en la tabla 49 indican que las medias de los índices actitudinales para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas son diferentes. El índice actitudinal más positivo es para la categoría adecuada (0,3441), mientras que la categoría plausible tiene un índice actitudinal positivo y cercano a cero (0,08012). En contraste, la categoría ingenua tiene un índice actitudinal negativo (-0,1237). El índice actitudinal global sugiere una tendencia positiva en las actitudes del estudiantado hacia las ideas vinculadas con la naturaleza tentativa de la ciencia, pero, el valor de este índice sugiere que esta tendencia es muy débil (0,10).

**Tabla Nº 49. Medias de los índices actitudinales del estudiantado para la categoría adecuada, plausible e ingenua, en la primera categoría**

	<b>Media</b>
Media puntuaciones	0,0833
Adecuadas	0,3441
Plausibles	0,0812
Ingenuas	-0,1237
Índice Global Ponderado	0,1005

La figura 19 muestra la distribución de las setenta frases de esta categoría. La aportación que hace cada tipo de frases al índice global positivo es diferente. Así, el 100% de las frases adecuadas muestran índices actitudinales positivos. Las frases plausibles contribuyen con un 83 % de índices actitudinales positivos y con algunos valores muy cercanos a cero. En contraste, las frases ingenuas aportan, con un 18%, una menor proporción de índices con valores positivos. Este patrón actitudinal indica que el estudiantado ha identificado plenamente las posiciones más acordes contenidas en las frases adecuadas, en menor medida las posiciones ambiguas contenidas en las frases plausibles, y ha tenido dificultad para identificar las ideas ingenuas.

**Figura Nº 19. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la primera categoría**



En la tabla 50 se exponen los resultados con los índices actitudinales para cada subcategoría. Estos índices muestran un mismo patrón de

distribución: las frases adecuadas obtuvieron índices positivos, las frases ingenuas muestran una mayoría de índices negativos y las frases plausibles valores positivos bajos.

**Tabla Nº 50. Índices actitudinales por subcategoría**

Subcategorías	Ítems	Índices categoría adecuada	Índices categoría plausible	Índices categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
1.El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión, es dinámico y no una estática acumulación de información.	10111	0,2395	0,0415	0,0830	0,1215	0,0948
	90521	0,2995	-0,1085	-0,2445	-0,0178	-0,1085
	90651	0,6887	0,0920	-0,2736	0,1690	0,0651
	70721	0,2110	0,0400	-0,2673	-0,0054	-0,0042
	90411	0,2241	0,1132	-0,1603	0,0590	0,0041
2.El conocimiento científico está basado en la evidencia empírica. Rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas	10113	0,4080	0,1339	-0,1132	0,1429	0,0972
	90711	0,4410	0,0865	-	0,2637	0,2283
3.El conocimiento científico es subjetivo, porque la observación e interpretación de la evidencia empírica están influidas por la “perspectiva de la corriente científica actual” y también por la subjetividad personal de cada científico (valores, experiencia, formación académica, etc.).	91121	0,3844	0,1462	-0,0165	0,1713	0,1613
	70221	0,2358	0,0425	-0,1344	0,0479	0,0490
4. La dirección y productos de la investigación científica están influidos por los factores sociales y la cultura en la cual se desarrolla.	70711	0,2217	0,1863	-0,0837	0,1081	0,1081
	20821	0,2389	0,1509	-0,0590	0,110	0,1286
	20211	0,5377	0,0507	-0,0920	0,1654	0,1080

En la primera subcategoría los índices actitudinales muestran una identificación positiva de las frases adecuadas que enfatizan la naturaleza tentativa de la ciencia. También se observa una aceptación del estudiantado hacia las frases plausibles y, por el contrario, una identificación negativa hacia la mayoría de las frases ingenuas.

En la segunda subcategoría se observa la misma tendencia que en la primera, ya que el estudiantado identificó positivamente las ideas adecuadas y plausibles referidas a la evidencia empírica que requiere el conocimiento científico, pero también ha identificado negativamente ideas ingenuas sobre este aspecto.

En la tercera subcategoría el patrón de distribución de los índices es similar a los dos anteriores. El estudiantado identificó positivamente las ideas adecuadas y plausibles, que hacen referencia a la idea de la ciencia como un conocimiento subjetivo, tanto por las diferentes interpretaciones a

las ideas científicas como por la influencia personal de los científicos. También ha identificado negativamente las ideas ingenuas de los ítems 91121 y 70221.

En la cuarta subcategoría el patrón de distribución de los índices es similar a los anteriores. El estudiantado identificó positivamente las ideas adecuadas y plausibles referidas a la influencia de los factores sociales y la cultura en la dirección y productos de la ciencia. La única frase adecuada del ítem 20211 muestra un índice actitudinal alto (0,5377), lo que indica una fuerte identificación del estudiantado con la idea que hace referencia a que las empresas no deberían dirigir la ciencia. Al mismo tiempo ha rechazado las ideas ingenuas contenidas en los tres ítems.

**B.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

La tabla 51 muestra los índices actitudinales para cada frase e ítem y por categorías. Así, es posible ver que la categoría de frases adecuadas muestra una tendencia positiva, que contrasta con la tendencia negativa de la categoría ingenua. Las frases plausibles tienen índices actitudinales positivos bajos y cercanos a cero. Se observa que la mayoría de los ítems tienen índices actitudinales globales positivos, a excepción de los ítems 90521 y 70721 que tienen índices negativos. El índice actitudinal más positivo está en el ítem 90711 (0,2637), que hace referencia al rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas. En contraste, el índice actitudinal más bajo es para el ítem 70721 (-0,0054), que alude a la ciencia como un conocimiento subjetivo y relativo.

**Tabla Nº 51. Estadística descriptiva de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la primera categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
10111	10111a	P	0,0330					
	10111b	A	0,3797					
	10111c	P	0,0000					
	10111d	P	0,0849					
	10111e	I	-0,1203					
	10111f	P	-0,1132					
	10111g	P	0,2028					
	10111h	A	0,0991					
	10111i	I	0,2877					
					0,2394	0,0415	0,0837	0,1215

90521	90521a	I	-0,3538					
	90521b	I	-0,3019					
	90521c	P	-0,1085					
	90521d	A	0,2995					
	90521e	I	-0,0778					
				0,2995	-0,1085	-0,2445	-0,0178	-0,1085
90651	90651a	I	-0,2005					
	90651b	I	-0,3467					
	90651c	P	0,2123					
	90651d	A	0,6887					
	90651e	P	-0,0283					
				0,6887	0,092	-0,2736	0,1690	0,0651
70721	70721a	I	-0,3538					
	70721b	P	0,0943					
	70721c	I	-0,1250					
	70721d	P	-0,0142					
	70721e	I	-0,3231					
	70721f	A	0,2311					
	70721g	A	0,1910					
				0,2110	0,092	-0,2673	-0,0054	-0,0042
90411	90411a	P	0,1132					
	90411b	A	0,2241					
	90411c	I	-0,0825					
	90411d	I	-0,2382					
				0,2241	0,1132	-0,1603	0,059	0,0041
10113	10113a	P	0,0660					
	10113b	I	-0,0448					
	10113c	P	0,2036					
	10113d	I	-0,1816					
	10113e	P	0,1321					
	10113f	A	0,4080					
				0,4080	0,1339	-0,1132	0,1429	0,0972
90711	90711a	A	0,6250					
	90711b	P	0,0991					
	90711c	A	0,2571					
	90711d	P	0,0896					
	90711e	P	0,0708					
				0,4410	0,0865	-	0,2637	0,2283
91121	91121a	A	0,3844					
	91121b	P	0,0896					
	91121c	I	-0,0165					
	91121d	P	0,3019					
	91121e	P	0,0472					
				0,3844	0,1462	-0,0165	0,1713	0,1613
70221	70221a	I	-0,3184					
	70221b	A	0,4693					
	70221c	I	0,0495					
	70221d	A	0,0024					
	70221e	P	0,0425					
				0,2358	0,0425	-0,1344	0,0479	0,0490
70711	70711a	A	0,2028					
	70711b	P	0,1509					
	70711c	A	0,2406					
	70711d	P	0,2217					
	70711e	I	0,0071					
	70711f	I	-0,1745					
				0,2217	0,1863	-0,0837	0,1081	0,1081
20821	20821a	I	0,0660					
	20821b	I	-0,1840					
	20821c	A	0,3231					
	20821d	A	0,0613					
	20821e	P	0,0425					
	20821f	A	0,3325					
	20821g	P	0,2594					
				0,2389	0,1509	-0,059	0,110	0,1286

20211	20211a	I	-0,0920					
	20211b	P	0,2264					
	20211c	P	0,1698					
	20211d	P	-0,1934					
	20211e	A	0,5377					
	20211f	P	0,0000					
				0,5377	0,0507	-0,0920	0,1654	0,1080

Los índices actitudinales globales sugieren que el estudiantado identificó positivamente las ideas adecuadas acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia. Sin embargo, se hace necesario indagar con mayor precisión en cada uno de los ítems y frases con el propósito de identificar un patrón más específico.

▪ **Ítem 10111**

Definir qué es la ciencia es difícil porque es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-El estudio de campos tales como biología, geología, física y química.	P	0,0330
b.-Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).	A	0,3797
c.-Explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan.	P	0,0000
d.-Realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.	P	0,0849
e.-Inventar o diseñar cosas ( por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales).	I	-0,1203
f.-Buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación, mejorar la agricultura).	P	-0,1132
g.-Una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.	P	0,2028
h.-Un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.	A	0,0991
i.-No se puede definir la ciencia.	I	0,2877

Este ítem alude a la definición de la ciencia. Se compone de nueve frases, dos adecuadas, cinco plausibles y dos ingenuas. El índice actitudinal más positivo es para la frase adecuada 10111b, que enfatiza en la ciencia como un cuerpo de conocimientos, y la otra frase adecuada muestra un índice actitudinal también positivo, pero bajo. Las frases plausibles, con excepción de la 10111f, tienen índices actitudinales positivos. La frase ingenua 10111e tiene un índice actitudinal negativo.

Estos resultados indican que el estudiantado aceptó positivamente que la ciencia se puede definir, y lo hace principalmente desde la idea que la ciencia es un cuerpo de conocimientos que explica el mundo que nos rodea y reconoce. En menor medida han reconocido que la ciencia es un proceso investigador sistemático. También reconoce positivamente algunas ideas plausibles que aluden a la ciencia como un conjunto de disciplinas, la realización de experimentos, una organización de personas, los científicos y con las ideas y las técnicas que utilizan. Por el contrario, ha identificado

negativamente la idea plausible que vincula la ciencia con la idea de beneficio para la humanidad, así como también la idea de la ciencia como un proceso de inventar o diseñar cosas.

Esta evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado acerca de la definición de ciencia se compone de ideas adecuadas que se combinan con ideas más ingenuas, como el considerar que la ciencia es el proceso de invención y diseño de aparatos, idea más cercana a la definición de tecnología.

▪ **Ítem 90521**

Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese adecuadamente. Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.	I	-0,3538
b.-En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.	I	-0,3019
c.-Porque los científicos hacen investigaciones para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar con su trabajo.	P	-0,1085
d.-Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	A	0,2995
e.-Los científicos no hacen suposiciones. Investigan una idea para averiguar si es verdadera. No suponen que sea verdad.	I	-0,0778

Este ítem se compone de una frase adecuada, una plausible y tres ingenuas. El índice actitudinal positivo está en la frase adecuada 90521d, y todas las otras frases del ítem tienen índices actitudinales negativos. El estudiantado ha identificado positivamente la idea adecuada de cómo progresa la ciencia, pero ha rechazado las ideas plausibles e ingenuas, con lo cual la tendencia positiva hacia este aspecto se debilita fuertemente.

La evidencia muestra que la actitud global del estudiantado tiene un punto fuerte en la identificación positiva de la idea adecuada que menciona la ciencia avanza aceptando y rechazando supuestos y que ambos aspectos hacen posible el progreso del conocimiento científico. No obstante, esta tendencia se debilita fuertemente debido a la identificación negativa de otras ideas. De esta forma, la actitud global del estudiantado, aunque se compone de ideas más acordes, también se fundamenta en ideas ingenuas o ambiguas. Esta tendencia concuerda con posturas cercanas a la idea que la ciencia trabaja y elabora conocimientos absolutos y verdaderos, lo que sugiere una falta de comprensión de la naturaleza de la ciencia.

▪ **Ítem 90651**

Los científicos no deberían cometer errores en su trabajo, porque los errores retrasan el avance de la ciencia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.	I	-0,2005
b.- Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la técnica avanzará más de prisa.	I	-0,3467
<b>Los errores NO PUEDEN EVITARSE:</b>		
c.-Aunque después los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta alcanzar un acuerdo.	P	0,2123
d.-Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	A	0,6887
e.-En la mayoría de los casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. Ésta progresa detectando y corrigiendo los errores del pasado.	P	-0,0283

Este ítem hace referencia al papel de los errores en la ciencia. Se compone de cinco frases, dos ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La única frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo. En contraste, la frase plausible 90651e tiene el valor más bajo y alude a que la ciencia también progresa a partir de la detección y corrección de errores. Las dos frases ingenuas tienen índices negativos.

La evidencia sugiere que un punto fuerte de la actitud del estudiantado es la identificación positiva que los errores que ocurren en la ciencia no pueden evitarse, que en algunos casos pueden retrasar el progreso, pero en otros pueden ser una guía para nuevos descubrimientos, y que los científicos deben aprender de estos errores. Sin embargo, esta actitud positiva se debilita fuertemente por la identificación negativa del estudiantado de la idea plausible que sostiene que en la mayoría de los casos los errores ayudan a los avances de la ciencia. Se suma a esta tendencia la identificación negativa de las dos ideas ingenuas, que afirman que los errores de la ciencia retrasan el progreso científico, ya que la información errónea puede conducir a conclusiones falsas, y que las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores al mejorar la precisión.

Esta evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado se fundamenta parcialmente en ideas adecuadas sobre el papel de los errores en la ciencia. Esta se ajusta a la idea de la ciencia como un conocimiento relativo no exento de errores, en tanto es desarrollado por personas. La actitud también se compone de una diversidad de ideas erróneas relacionadas con la idea de progreso de la ciencia por la aportación de

conocimientos verdaderos y la participación de la tecnología para reducir o evitar los errores.

▪ **Ítem 70721**

Un equipo de científicos de cualquier parte del mundo (por ejemplo América, África, Asia) investigaría el átomo básicamente de la misma manera que un equipo de científicos de nuestro país. Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.	I	-0,3538
b.-Porque los científicos comparten sus opiniones.	P	0,0943
c.-Cada equipo de científicos tienen sus propios métodos e ideas. Esto no tiene nada que ver con el país donde viven. Cada uno es diferente.	I	-0,1250
<b>Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente:</b>		
d.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología disponible.	P	-0,0142
e.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología todos utilizan el mismo método científico.	I	-0,3231
f.-Porque la manera de hacer ciencia depende de la educación y la tecnología disponible.	A	0,2311
g.-Porque las diferentes condiciones sociales, los recursos, ideas y cultura afectan a todo, incluyendo los métodos usados por los científicos.	A	0,1910

Este ítem se compone de siete frases, tres ingenuas, dos plausibles y dos adecuadas. Las dos frases adecuadas tienen índices positivos muy similares y representan los valores más elevados. En cuanto a las dos frases plausibles, la 70721b tiene un índice actitudinal positivo y bajo, mientras que la 70721d tiene un índice negativo. Las tres frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos. Este ítem obtuvo un índice actitudinal global negativo (-0,0054) y que sugiere una tendencia desfavorable en la actitud del estudiantado hacia la idea de la ciencia como un conocimiento subjetivo.

La evidencia muestra que los puntos más fuertes en la actitud del estudiantado se relacionan con la idea que la forma de hacer ciencia depende en gran medida de la cultura de cada país, de su desarrollo educativo y tecnológico, así como también de las condiciones socioeconómicas que posee. Sin embargo, esta tendencia se debilita fuertemente por la escasa identificación de la idea que los científicos comparten sus opiniones respecto a la ciencia y su actividad científica, y por la identificación negativa de las tres ideas ingenuas.

La evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado se compone de ideas adecuadas que aluden a la influencia de la cultura, la educación y el desarrollo tecnológico en la actividad científica. No obstante, esta actitud también se compone de ideas más ingenuas que señalan a la ciencia como un conocimiento universal y que, a pesar de las diferencias con la tecnología, los científicos utilizan un mismo método científico. La actitud del estudiantado

muestra una fuerte presencia de la idea del método científico, que parece influir en otras ideas acerca de la ciencia.

▪ **Ítem 90411**

Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro. El conocimiento científico cambia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque los científicos más jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes o para detectar errores en la investigación original "correcta".	P	0,1132
b.-Porque el conocimiento antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	A	0,2241
c.-El conocimiento científico PARECE cambiar, porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.	I	-0,0825
d.-El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.	I	-0,2382

Este ítem se compone de cuatro frases, dos ingenuas, una adecuada y una plausible. El ítem hace referencia a la idea de cambio en la ciencia. La frase adecuada 90411b tiene el índice actitudinal más positivo y afirma que el conocimiento científico cambia por la reinterpretación que se hace debido a nuevos descubrimientos. La frase plausible 90411a tiene un índice actitudinal positivo. Las dos frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos.

Estos índices muestran que el punto más favorable en la actitud del estudiantado se relaciona con la idea que la ciencia cambia por la reinterpretación del conocimiento antiguo en base a los nuevos descubrimientos. Esta actitud se refuerza, aunque débilmente, con la identificación positiva de la idea plausible que afirma que los científicos jóvenes utilizan las nuevas tecnologías para encontrar factores nuevos o errores en los descubrimientos científicos anteriores. Sin embargo, esta tendencia en la actitud se debilita por la identificación negativa de las dos ideas ingenuas que aluden a una idea de cambio aparente del conocimiento debido a distintas interpretaciones, a la aplicación de viejos hechos o porque el conocimiento nuevo se añade al anterior.

La evidencia obtenida en este ítem sugiere que la actitud global del estudiantado se compone de ideas que aluden a un cambio del conocimiento por la reinterpretación debido a las aportaciones de nuevos descubrimientos. Sin embargo, la actitud también se compone de otras ideas que son ingenuas y que vinculan este cambio en el conocimiento con la presencia de nuevas tecnologías, con la detección de errores en la

investigación original o porque el conocimiento nuevo se añade al anterior, por lo que éste realmente no cambia. Así, la tendencia de la actitud global es positiva, pero muy débil, y, por lo tanto, concordante con el índice actitudinal global del ítem.

### ▪ Ítem 10113

El proceso de hacer ciencias se describe mejor como:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.	P	0,0660
b.-El método científico.	I	-0,0448
c.-Descubrir el orden que existe en la naturaleza.	P	0,2036
d.-El uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.	I	-0,1816
e.-La aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.	P	0,1321
f.-Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.	A	0,4080

Este ítem se refiere al significado del proceso de hacer ciencias. Se compone de seis frases, tres plausibles, dos ingenuas y una adecuada. La única frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo. Las frases plausibles tienen índices positivos, pero una de ellas, la frase 10113a, tiene un índice actitudinal muy bajo (0,0660). Las dos frases ingenuas tienen índices actitudinales negativos.

Estos índices sugieren que el punto más fuerte en la actitud del estudiantado es la identificación de la idea adecuada, que vincula los procesos de la ciencia con observar y proponer explicaciones sobre las distintas relaciones en el universo y comprobar la validez de estas. Esta actitud se refuerza, aunque con menos fuerza, por la identificación positiva de la idea plausible, que señala que la ciencia descubre el orden que hay en la naturaleza. No obstante, esta actitud se debilita con la identificación negativa de la idea ingenua, que relaciona el proceso de hacer ciencias con el uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza y con el método científico.

Así, la actitud global del estudiantado muestra una tendencia levemente positiva por la presencia de una idea adecuada, pero que también se compone de ideas menos adecuadas e ingenuas, que asocian los procesos de la ciencia con el método científico universal y con la tecnología para ayudar a descubrir los secretos de la naturaleza.

▪ **Ítem 90711**

Aunque hagan predicciones basadas en conocimientos rigurosos, los científicos e ingenieros sólo pueden decirnos lo que probablemente puede ocurrir. No pueden decirnos con total seguridad lo que ocurrirá. Las predicciones NUNCA son seguras:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.	A	0,6250
b.-Porque los conocimientos exactos cambian a medida que se hacen nuevos descubrimientos, y por tanto, las predicciones cambiarán siempre.	P	0,0991
c.-Porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada	A	0,2571
d.-Porque los científicos nunca tienen todos los hechos. Siempre hay datos que faltan.	P	0,0896
e.-Depende. Las predicciones son seguras sólo en la medida que existen conocimientos exactos e información suficiente.	P	0,0708

Este ítem se compone de cinco frases, dos adecuadas y tres plausibles. El ítem alude al papel de las predicciones y la validez de las explicaciones de la ciencia. La frase adecuada 90711a tiene el índice actitudinal más positivo. Las tres frases plausibles tienen índices actitudinales positivos y bajos. El ítem no tiene índices actitudinales negativos, lo que sugiere una actitud favorable del estudiantado acerca del papel de las predicciones en la ciencia.

Los puntos más fuertes en la actitud del estudiantado se relacionan con la idea adecuada que las predicciones que hacen los científicos nunca son seguras, porque siempre hay lugar para algún error. Esta actitud se refuerza con la identificación positiva de la idea que menciona que una predicción no es una declaración o un hecho, sino una conjetura bien informada y también, aunque débilmente, con la identificación positiva de las ideas que afirman que las predicciones nunca son seguras, ya que los conocimientos cambian y porque los científicos nunca tienen todos los hechos.

La evidencia sugiere que el estudiantado tiene una actitud global favorable, dado que reconoce la naturaleza relativa de las predicciones científicas y el papel que tienen en la ciencia. Probablemente, la debilidad en la actitud se relacione con la capacidad para explicar dichos aspectos. La actitud del estudiantado en este ítem es la más favorable de toda la categoría.

▪ **Ítem 91121**

Los científicos de diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H <sup>+</sup> hace que los químicos piensen en la acidez de una sustancia y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico. Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente en un campo que en	A	0,3844

otro.		
b.-Porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente, dependiendo del punto de vista particular de cada científico o de lo que ya conoce.	P	0,0896
<b>Las ideas científicas tienen el MISMO significado en todos los campos:</b>		
c.-Porque la idea se refiere al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista que tenga el científico.	I	-0,0165
d.-Porque todos los campos de la ciencia están estrechamente relacionados entre sí.	P	0,3019
e.-Para permitir la comunicación entre científicos de diferentes campos. Los científicos deben estar de acuerdo en el uso de los mismos significados.	P	0,0472

Este ítem se refiere a la subjetividad de la ciencia. Se compone de cinco frases, una adecuada, tres plausibles y una ingenua. La frase adecuada tiene el índice actitudinal más alto. Las tres frases plausibles tienen índices actitudinales positivos. La frase ingenua tiene el único índice actitudinal negativo del ítem (-0,0165).

Los puntos fuertes en la actitud del estudiantado se relacionan con la identificación positiva de la noción que las ideas científicas pueden tener diferentes significados, porque pueden interpretarse de manera diferente en un campo u otro. Esta actitud se refuerza con la identificación positiva de la afirmación que las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente al depender del punto de vista particular del científico. Sin embargo, esta actitud se debilita con la identificación negativa de la idea ingenua que menciona que las ideas científicas tienen el mismo significado, en tanto se refieren al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista real que tengan los científicos.

Esta evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado se compone de ideas adecuadas acerca de la subjetividad de la ciencia, pero que también se compone de ideas menos adecuadas y por ideas más ingenuas. Aunque el estudiantado muestra una actitud favorable también hay aspectos que indican que tienen deficiencias en el conocimiento y comprensión de este aspecto de la ciencia.

▪ **Ítem 70221**

Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sentimientos subjetivos o por motivaciones personales:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría apoyarse adecuadamente y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.	I	-0,3184
b.-Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría se haya comprobado con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.	A	0,4693
c.-Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.	I	0,0495
d.- Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones serán influidas, en alguna medida por sus propios sentimientos, por su opinión sobre la teoría o por beneficios personales, tales como	A	0,0024

la fama, seguridad en el empleo o dinero.		
e.- Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría o en los beneficios personales, tales como la fama, seguridad en el empleo o dinero.	P	0,0425

Este ítem se refiere a la objetividad/subjetividad de los científicos para aceptar una teoría. Se compone de cinco frases, dos adecuadas, una plausible y dos ingenuas. El ítem muestra un índice actitudinal global positivo, aunque bajo (0,0479), y sugiere una tendencia favorable, pero débil, en la actitud del estudiantado acerca de la subjetividad de la ciencia. Las dos frases adecuadas muestran índices actitudinales positivos, y una de ellas, la frase 70221b, tiene el valor más positivo del ítem. La única frase plausible tiene un índice positivo y bajo. Respecto las dos frases ingenuas, la 707211c muestra un índice actitudinal positivo y bajo y la 707221a un índice actitudinal negativo.

Los puntos más fuertes en la actitud se vinculan con la idea adecuada que menciona que las decisiones de los científicos para aceptar una teoría no están basadas sólo en los hechos, sino también en que se haya comprobado muchas veces, en su estructura lógica y en la sencillez con que explica los hechos. Sin embargo, esta actitud se ve debilitada por la escasa identificación de la idea adecuada, que enfatiza el aspecto humano de la ciencia y en que, como tal, una decisión científica también está influida por los sentimientos y por la opinión e intereses personales de los científicos. La actitud favorable se refuerza, aunque débilmente, por la escasa identificación de una idea que resalta que las decisiones de los científicos se basan en los aspectos personales por encima de los hechos y que dependen del carácter o personalidad de cada científico. Sin embargo, esta tendencia en la actitud se debilita por la identificación negativa de la idea ingenua, que propone que las decisiones científicas se basan exclusivamente en los hechos.

La evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado contiene ideas que muestran algún grado de comprensión de la naturaleza subjetiva de la ciencia, pero que también se compone de actitudes más ingenuas que tienden a una idealización de la actividad científica dentro de un marco de objetividad. Esta valoración proviene de la evidencia que muestra que la actitud del estudiantado se orienta principalmente hacia ideas tradicionales que enfatizan la objetividad de los científicos, la

sobrevaloración de los procesos empíricos que conducen a decidir la aceptación de una teoría científica, y la escasa identificación de la influencia de los aspectos personales de los científicos en las decisiones que toman y en los problemas que deciden investigar.

▪ **Ítem 70711**

Los científicos formados en distintos países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones a las que llegan. De hecho, el país marca diferencias:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la educación y la cultura afectan a todos los aspectos incluyendo la formación de los científicos y su manera de pensar sobre un problema científico.	A	0,2028
b.-Porque cada país tiene un sistema diferente para enseñar ciencias. La forma en que se enseña a resolver problemas establece diferencias en las conclusiones que alcanzan los científicos.	P	0,1509
c.-Porque el gobierno e industria de un país sólo ayudarán económicamente los proyectos científicos que ajusten a sus necesidades. Esto condiciona lo que un científico estudiará.	A	0,2406
d.-Depende. La forma en que un país prepara a sus científicos puede establecer diferencias en algunos científicos. Pero otros científicos se basan en sus opiniones personales.	P	0,2217
<b>El país NO marca diferencias:</b>		
e.-Porque los científicos ven los problemas de manera personal, independientemente del país donde se prepararon.	I	0,0071
f.-Porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.	I	-0,1745

Este ítem se refiere a la influencia que ejerce la educación y la cultura de los países en la actividad científica. Se compone de seis frases, dos frases adecuadas, dos frases plausibles y dos ingenuas. Las dos frases adecuadas tienen índices actitudinales positivos, teniendo la frase 70711c el índice actitudinal más positivo. Las dos frases plausibles tienen también índices actitudinales positivos y la frase 70711d tiene el índice más favorable. Respecto las dos frases ingenuas, la 70711e tiene un índice positivo y cercano a cero y la frase 70711f un índice negativo.

El punto más fuerte en la actitud del estudiantado viene dado por la identificación positiva de las ideas adecuadas, que afirman que los científicos de diferentes países ven un problema científico de manera diferente, ya que cada gobierno y la industria apoyan proyectos que se ajustan a las necesidades de cada país y que la educación y la cultura de un país afecta a todos, inclusive la formación y forma de pensar de los científicos sobre los problemas científicos. Hay una identificación más débil de la idea que estos factores podrán afectar a algunos científicos y a otros no, porque estas diferencias se deben en parte a que cada país tiene sistemas diferentes para enseñar ciencias y el tipo de enseñanza influye sobre la forma de resolver problemas y afecta al tipo de conclusiones que elaboran los científicos. Sin embargo, esta actitud se ha debilitado con el

rechazo a la idea ingenua que alude a la postura que enfatiza que el método científico es objetivo y universal, y que estaría de alguna forma condicionando dicha subjetividad.

La evidencia muestra que la actitud global del estudiantado se compone de algunas ideas generales adecuadas, como la influencia de la cultura y educación de los países en los problemas científicos, por lo que acepta la influencia del contexto en la investigación científica. Sin embargo, la evidencia indica que, a un nivel más específico, el estudiantado sostiene ideas tradicionales, que aluden a la objetividad de los científicos, la negación de los aspectos personales, y la objetividad que aporta un supuesto método científico universal a la ciencia.

▪ **Ítem 20821**

¿La sociedad influye en la ciencia?:	Categoría	Índice actitudinal
a.-La sociedad no influye demasiado en la ciencia.	I	0,0660
b.-La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.	I	-0,1840
c.-Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más dispuestos a estudiarlos.	A	0,3231
d.-La sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable, basándose en nuestros valores morales y éticos.	A	0,0613
e.-La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.	P	0,0425
f.-La sociedad influye sobre la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	A	0,3325
g.-La sociedad acepta o rechaza tecnología, creando así mayor o menor demanda a la ciencia.	P	0,2594

Este ítem valora la actitud acerca de la influencia de la sociedad en la ciencia. Se compone de siete frases, dos ingenuas, tres adecuadas y dos plausibles. Las tres frases adecuadas tienen índices actitudinales positivos, y la frase 20821f, tiene el índice actitudinal más elevado del ítem. Las dos frases plausibles tienen índices actitudinales positivos, y la frase 20821g es la que tiene el índice más favorable. Respecto las dos frases ingenuas, la 20821a tiene un índice actitudinal positivo y bajo, y la 20821b un índice actitudinal negativo, el único del ítem.

Los puntos fuertes de la actitud del estudiantado se vinculan con las ideas que señalan que la sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones y porque los científicos pertenecen a la sociedad. Esta actitud se refuerza, aunque muy débilmente, por la identificación positiva de la idea adecuada que menciona que la sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable basándose en los valores éticos y

morales. Y, también se refuerza con la identificación positiva de las dos ideas plausibles vinculadas con el uso de la tecnología. Esta actitud se refuerza por la aceptación que la sociedad usa el conocimiento científico para desarrollar tecnología. Sin embargo, la tendencia positiva se debilita por la deficiente identificación de la idea ingenua, que afirma que la sociedad no influye en la ciencia, y también por la identificación negativa de la otra idea ingenua, que menciona la demanda de la sociedad por comprender la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.

La evidencia indica que la actitud global del estudiantado, en un nivel general, se compone de ideas adecuadas en relación a la influencia que ejerce la sociedad en la ciencia mediante la aportación económica que hace a la investigación científica. Sin embargo, a niveles más específicos la actitud global se compone de ideas menos adecuadas e ingenuas, como, por ejemplo, que la sociedad no influye demasiado en la ciencia. Estas actitudes opuestas sugieren que hay deficiencias en el conocimiento y comprensión de estos aspectos.

### ▪ Ítem 20211

La investigación científica en nuestro país sería mejor si estuviera más estrechamente dirigida por las empresas (por ejemplo, compañías de alta tecnología, comunicaciones, farmacéuticas, forestales, mineras o manufactureras). Las empresas principalmente deberían dirigir la ciencia:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque un control más estrecho por parte de las empresas haría la ciencia más útil y lograría descubrimientos más rápidamente, gracias a sus comunicaciones, mejor dotación económica y más competitividad.	I	-0,920
b.-Para mejorar la cooperación entre la ciencia y la tecnología, y por tanto, resolver los problemas juntos.	P	0,2264
c.-Pero las instituciones del gobierno o públicas deberían poder decir algo sobre lo que la ciencia pretende conseguir.	P	0,1698
<b>Las empresas NO deberían dirigir la ciencia:</b>		
d.-Porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).	P	0,1934
e.-Porque si lo hacen las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieran afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por la empresa).	A	0,5377
f.-Porque los descubrimientos científicos importantes y trascendentales que benefician a los ciudadanos requieren un ejercicio de la ciencia sin limitaciones de nadie.	P	0,0000

Este ítem hace referencia al rol que tienen las empresas públicas y privadas en la actividad científica. Se compone de seis frases, una ingenua, cuatro plausibles y una adecuada. La única frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo. Respecto las frases plausibles, dos mostraron índices actitudinales positivos, una, la 20211f, tiene un índice igual a cero,

y la 20211d tiene un índice actitudinal negativo. La única frase ingenua tiene un índice actitudinal negativo.

El punto fuerte en la actitud del estudiantado es la identificación positiva de la idea adecuada que enfatiza que las empresas no deberían dirigir la ciencia, ya que estas probablemente obstaculizarían el estudio de problemas que no quieren afrontar. También, hay una identificación positiva, aunque más débil, de las ideas plausibles que aluden a la cooperación entre ciencia y tecnología, al rol de los gobiernos, y a las limitaciones que pone la sociedad a las empresas. Sin embargo, esta tendencia se debilita por la identificación negativa de la idea ingenua que alude al control que deberían realizar las empresas a la investigación científica para facilitar su desarrollo.

La actitud global del estudiantado se compone de ideas adecuadas, pero estas se encuentran combinadas con otras ideas menos claras y por ideas más ingenuas. Aunque la tendencia se muestra levemente positiva, sugiere deficiencias en la comprensión de la relación entre la sociedad y la ciencia. Esta tendencia se ha observado, especialmente, en relación con el papel de las empresas privadas y los gobiernos y sobre la regulación de las aportaciones económicas para la investigación científica. La actitud global del estudiantado sugiere que tienen una confusión acerca de la forma en que se establece el vínculo entre la sociedad y la ciencia.

### ***6.1.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica***

En esta categoría se evalúan dos ítems, que suman quince frases, que valoran la actitud del profesorado y del estudiantado acerca de la metodología científica.

#### ***A) Índices actitudinales del profesorado***

##### **A.1) Parámetros globales**

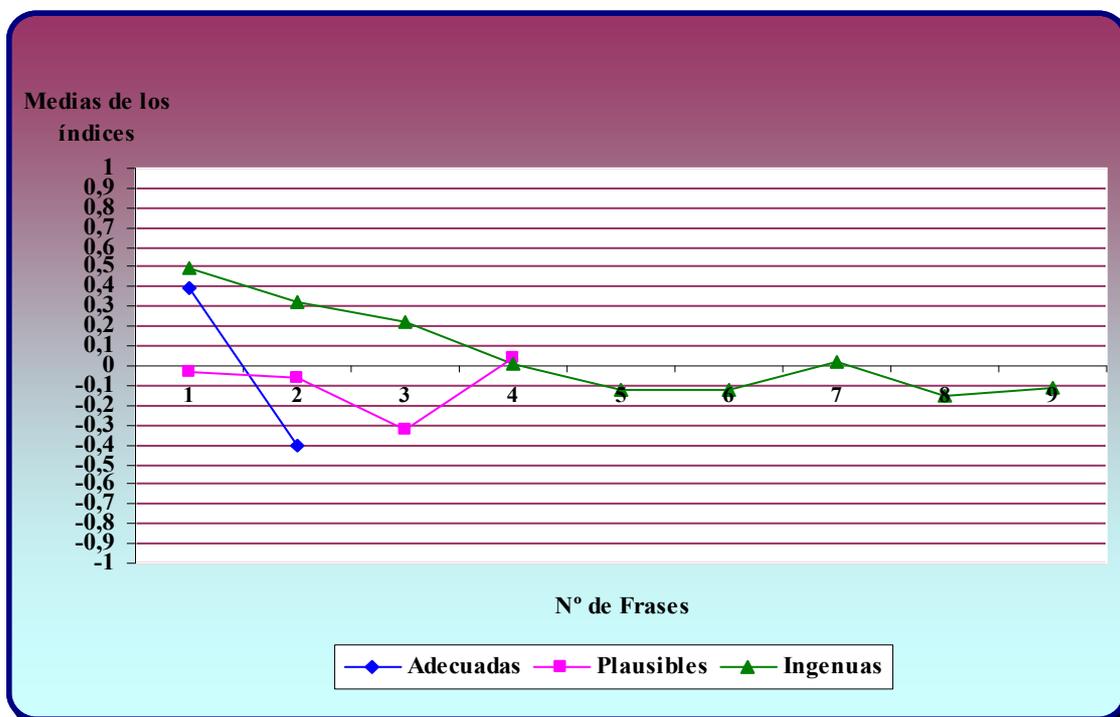
La tabla 52 muestra los resultados con las medias de los índices actitudinales de las categorías de frases.

**Tabla N° 52. Medias de los índices actitudinales del profesorado para las categorías adecuada, plausible e ingenua de la segunda categoría**

	Media
Media puntuaciones	0,0125
Adecuadas	-0,0050
Plausibles	-0,093
Ingenuas	0,0633
Índice Global Ponderado	-0,0115

Los índices muestran una tendencia hacia los valores negativos, lo que explicaría el índice actitudinal global negativo que ha mostrado esta categoría (-0,0115). La categoría ingenua muestra el único índice actitudinal positivo y bajo (0,0633) y en contraste, las categorías adecuada y plausible han mostrado índices actitudinales negativos. En la figura 20 se observa la distribución de cada una de las frases de esta categoría.

**Figura N° 20. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la segunda categoría**



En esta categoría se observa con claridad la tendencia desfavorable en la actitud global profesorado acerca de la metodología científica. Esta tendencia se ha construido a partir de las actitudes deficientes que mostraron en las categorías adecuadas y plausibles. Este patrón de distribución de los índices sugiere que el profesorado ha tenido facilidad para identificar algunas posiciones ingenuas acerca de la metodología científica, pero dificultad para identificar las ideas adecuadas y plausibles.

El análisis a nivel de ítems y frases mostrará la tendencia a niveles más específicos acerca de este aspecto de la ciencia.

**A.2) Índices actitudinales por ítem y frases**

Los resultados de la tabla 53 muestran numerosas frases con índices actitudinales negativos. El ítem 90611, que hace referencia directa al método científico, tiene un índice actitudinal negativo (-0,1304), y el ítem 90621, que alude al papel y características del método científico, tiene un índice actitudinal positivo y bajo (0,072). Estos resultados sugieren una tendencia desfavorable en la actitud global del profesorado acerca de la metodología científica.

**Tabla Nº 53. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la segunda categoría**

Ítems	Frases	Categorías	Promedio	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
90611	90611a	I	0,4980					
	90611b	I	0,3240					
	90611c	I	0,2200					
	90611d	I	0,0120					
	90611e	I	-0,1260					
	90611f	I	-0,1180					
	90611g	P	-0,3240					
	90611h	P	0,0440					
	90611i	I	0,0240					
	90611j	A	-0,4040					
				-0,4040	-0,1400	0,1528	-0,1304	0,015
90621	90621a	I	-0,1560					
	90621b	I	-0,1080					
	90621c	A	0,3940					
	90621d	P	-0,0320					
	90621e	P	-0,0600					
				0,3940	-0,046	-0,132	0,072	0,0076

El análisis específico de cada ítem aportará mayor información sobre las actitudes hacia las ideas que plantea cada una de las frases.

▪ **Ítem 90611**

Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista normalmente por un científico.	I	0,4980
b.-Registrar datos cuidadosamente.	I	0,3240
c.-Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.	I	0,2200
d.-Obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.	I	0,0120
e.-Comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.	I	-0,1260
f.-Postular una teoría y después crear un experimento para probarla.	I	-0,1180
g.-Plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.	P	-0,3240
h.-Una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.	P	0,0440
i.-Una actitud que guía a los científicos en su trabajo.	I	0,0240
j.-Considerar lo que los científicos realmente hacen, no existe verdaderamente un método científico.	A	-0,4040

Este ítem alude al método científico. Se compone de diez frases, siete ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La frase adecuada tiene un índice actitudinal negativo (-0,4040), y enfatiza que la metodología científica es lo que hacen los científicos y que no existe un método científico verdadero. Respecto las dos frases plausibles, la 90611h tiene un índice positivo y bajo, y la 90611g un índice negativo. Las frases ingenuas muestran resultados diferentes, cinco tienen índices positivos, la frase 90611a con el índice actitudinal más alto, y las frases 90611e y 90611f tienen índices actitudinales negativos.

El punto favorable en la actitud del profesorado viene dado por la identificación positiva de las cinco ideas ingenuas que aluden al método científico como un procedimiento, el registro de datos, control de variables, la obtención de hechos, teorías o hipótesis, y la actitud que guía a los científicos en su trabajo. Esta actitud se refuerza, aunque débilmente, por la identificación positiva de la idea plausible que enfatiza el método científico como una manera lógica de resolver problemas y de la idea ingenua que alude al método como una actitud que guía a los científicos. Sin embargo, la tendencia en la actitud está fuertemente debilitada por la identificación negativa de la única idea adecuada del ítem, que afirma que el método científico es lo que los científicos hacen y en que no hay un método científico verdadero. Esta tendencia negativa hacia los aspectos más acordes de la metodología científica se refuerza con la identificación negativa de dos ideas ingenuas, que vinculan el método científico con los

procesos de comprobar y demostrar que algo es verdadero y con postular una teoría y después crear un experimento para probarla.

La actitud global del profesorado se compone de ideas deficientes respecto a la metodología científica. El profesorado identificó positivamente los aspectos relacionados con los procesos más tradicionales y conocidos de la ciencia, como la experimentación, el registro de datos, y el control de variables. Sin embargo, no ha identificado la idea adecuada que enfatiza que no hay un método científico universal y que la ciencia trabaja con una multiplicidad de metodologías.

### ▪ Ítem 90621

Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico:	Categoría	Índice actitudinal
a.-El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por lo tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.	I	-0,1560
b.-El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos.	I	-0,1080
c.-El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	A	0,3940
d.-Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).	P	-0,0320
e.-Muchos descubrimientos científicos se han hecho por casualidad, y no siguiendo el método científico.	P	-0,0600

Este ítem hace referencia al método científico. Se compone de cinco frases, dos ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo y enfatiza que la ciencia requiere creatividad e imaginación. Las dos frases plausibles muestran índices actitudinales negativos. Y, las dos frases ingenuas también tienen índices negativos.

El punto fuerte viene dado por la actitud positiva del profesorado hacia la idea adecuada, que alude al papel de la creatividad y originalidad en la ciencia. Sin embargo, esta tendencia positiva se debilita fuertemente por la identificación desfavorable de las restantes frases del ítem. A este nivel de análisis la tendencia en la actitud se ve menos favorable de lo que indica el índice global de este ítem. El índice actitudinal positivo de la única frase adecuada eleva la media, que muestra una tendencia que cualitativamente es menos favorable de lo que sugiere el índice actitudinal global para este ítem. Así, la evidencia sugiere que la actitud global del profesorado acerca de la metodología científica, aunque contiene algunos

aspectos adecuados, se compone, fundamentalmente, de ideas tradicionales e ingenuas.

### ***B) Índices actitudinales del estudiantado***

#### **B.1) Parámetros globales**

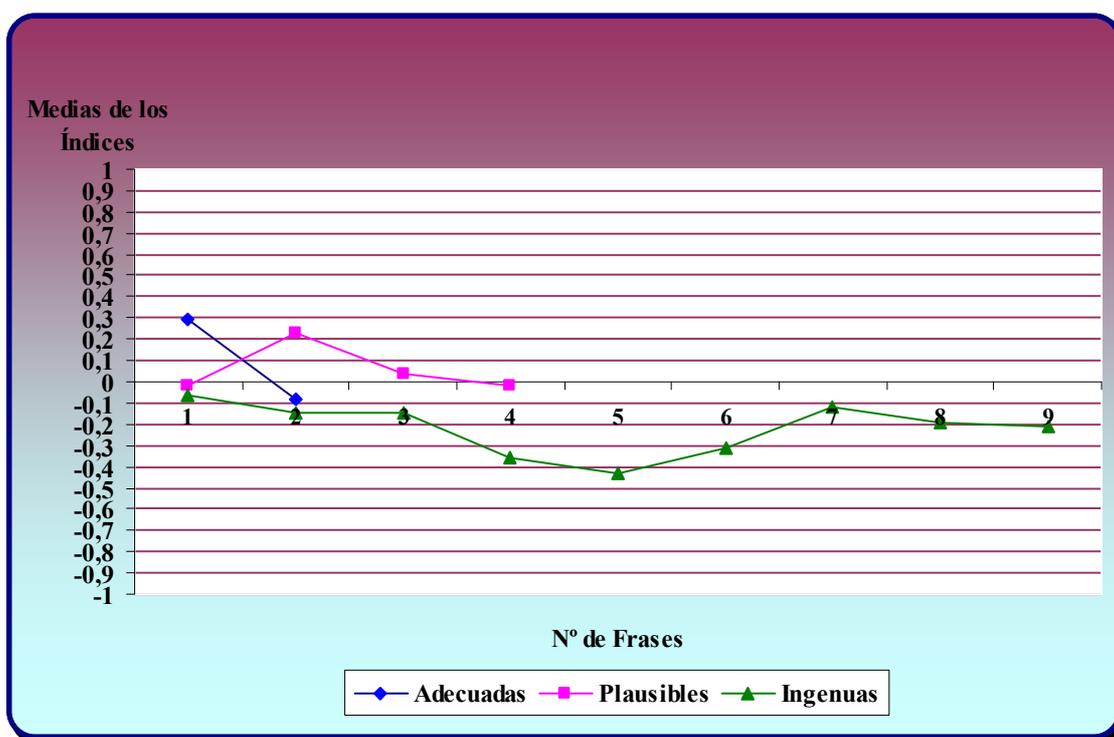
Las medias de los índices para las tres categorías de frases muestran diferencias. La tabla 54 muestra que la categoría adecuada tiene el índice actitudinal más positivo (0,1061). La categoría plausible tiene un índice positivo, pero bajo (0,0577), y la categoría ingenua muestra un índice actitudinal negativo (-0,2196). El índice actitudinal global negativo sugiere una tendencia desfavorable en la actitud del estudiantado acerca de la metodología científica (-0,0186).

**Tabla Nº 54. Medias de los índices actitudinales globales del estudiantado en la segunda categoría**

	<b>Medias</b>
Media puntuaciones	-0,1022
Adecuadas	0,1061
Plausibles	0,0577
Ingenuas	-0,2196
Índice Global Ponderado	-0,0186

A su vez, la figura 21 muestra la aportación de cada una de las frases al índice global negativo (-0,0186). De las quince frases, doce tienen índices actitudinales negativos. En contraste, tres frases aportan índices positivos, que provienen de la frase adecuada, 90621c (0,2948), y de dos frases plausibles, 90611h (0,2311) y 90621d (0,0377). El análisis por cada ítem y sus frases mostrará de manera más precisa las tendencias en las actitudes del estudiantado.

**Figura N° 21. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la segunda categoría**



**B.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

La tabla 55 muestra la fuerte tendencia negativa que tienen los índices actitudinales. El índice actitudinal global es negativo para el ítem 90611 (-0,0672) y positivo, aunque cercano a cero, para el ítem 90621 (0,0349). A nivel de frases, la frase adecuada 90621c muestra el índice actitudinal más positivo (0,2948) y alude a la utilidad del método científico. La frase ingenua 90611e muestra el índice actitudinal más negativo (-0,4269) y define el método científico como la idea de comprobar y volver a comprobar para demostrar de manera válida que una idea es verdadera o falsa.

**Tabla Nº 55. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la segunda categoría**

Ítem	Frases	Categorías	Promedio	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
90611	90611a	I	-0,0637					
	90611b	I	-0,1486					
	90611c	I	-0,1462					
	90611d	I	-0,3608					
	90611e	I	-0,4269					
	90611f	I	-0,3137					
	90611g	P	-0,0189					
	90611h	P	0,2311					
	90611i	I	-0,1179					
	90611j	A	-0,0825					
				-0,0825	0,1061	-0,2254	-0,0672	-0,1448
90621	90621a	I	-0,1887					
	90621b	I	-0,2099					
	90621c	A	0,2948					
	90621d	P	0,0377					
	90621e	P	-0,0189					
				0,2948	0,0094	-0,1993	0,0349	-0,017

El análisis detallado de cada ítem y frase aportará mayor información sobre las actitudes del estudiantado hacia las ideas que plantea cada una de las frases.

▪ **Ítem 90611**

Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista normalmente por un científico.	I	-0,0637
b.-Registrar datos cuidadosamente.	I	-0,1486
c.-Controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.	I	-0,1462
d.-Obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.	I	-0,3608
e.-Comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.	I	-0,4269
f.- Postular una teoría y después crear un experimento para probarla.	I	-0,3137
g.-Plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.	P	-0,0189
h.-Una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.	P	0,2311
i.-Una actitud que guía a los científicos en su trabajo.	I	-0,1179
j.-Considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente un método científico.	A	-0,0825

Este ítem hace referencia al método científico. Se compone de 10 frases, siete ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La única frase adecuada del ítem muestra un índice actitudinal negativo y alude a que no hay un método científico verdadero y que la metodología científica es lo que hacen realmente los científicos. Respecto las frases plausibles, la 90611g tiene un índice actitudinal negativo y la 90611h un índice actitudinal positivo. Las siete frases ingenuas tienen índices actitudinales negativos.

El único punto fuerte de este ítem está representado por la identificación positiva del estudiantado hacia la idea plausible, que señala que el método científico es una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas. En cambio, hay abundantes puntos desfavorables que se refuerzan por la identificación negativa de la única idea adecuada, que contempla que el método científico es considerar lo que los científicos hacen realmente. Este refuerzo se incrementa por la identificación negativa de todas las ideas ingenuas del ítem, que en conjunto mencionan diversos procesos vinculados con las etapas del método científico tradicional.

La evidencia señala que la actitud global del estudiantado se fundamenta en una serie de ideas ingenuas acerca de la metodología científica, que refuerzan el énfasis en la existencia de un método científico universal que mostró el estudiantado en la primera categoría.

▪ **Ítem 90621**

Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico:	Categoría	Índice actitudinal
a.-El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por lo tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.	I	-0,1887
b.-El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos.	I	-0,2099
c.-El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.	A	0,2948
d.-Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).	P	0,0377
e.- Muchos descubrimientos científicos se han hecho por casualidad, y no siguiendo el método científico.	P	-0,0189

Este ítem se compone de cinco frases, dos ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La única frase adecuada del ítem mostró el índice actitudinal más positivo. Respecto las dos frases plausibles, la 90621d tiene un índice actitudinal positivo y bajo, y la 90621e un índice actitudinal negativo. Las dos frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos. Todos estos índices aportan un índice actitudinal global positivo, pero muy bajo (0,0349), y, aunque sugiere una actitud favorable, esta es muy débil.

El único punto favorable de la actitud viene dado por la identificación positiva de las ideas que enfatizan en la utilidad del método científico y en el papel que tiene la originalidad y creatividad de los científicos. Esta actitud se refuerza, aunque muy débilmente, por la

identificación positiva de la idea plausible que los mejores científicos usan cualquier método para obtener resultados favorables, incluyendo la creatividad y la imaginación. Sin embargo, esta tendencia favorable se debilita por la identificación negativa de la idea plausible que alude al papel de la casualidad en los descubrimientos científicos y que, por lo tanto, aceptan que no todo el conocimiento surge del método científico. La tendencia también se debilita por la identificación negativa de las ideas ingenuas, que consideran la exactitud, la lógica y la validez del método científico y su capacidad para responder adecuadamente a cualquier situación de investigación científica.

La evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado sobre la metodología científica se compone de una idea adecuada, ya que ha reconocido la relevancia de los aspectos personales de los científicos, como la imaginación, originalidad y creatividad, en la ciencia. No obstante, esta actitud global también se compone de ideas menos adecuadas e ingenuas, que orientan la tendencia hacia una visión más tradicional, al igual que la tendencia mostrada en el otro ítem de esta categoría.

### ***6.1.3 Tercera categoría. Rol de la observación y de la inferencia científica***

En esta categoría se evalúan dos ítems que suman once frases, que valoran la actitud del profesorado y del estudiantado acerca del rol de la observación y de la inferencia en la ciencia.

#### ***A) Índices actitudinales del profesorado***

En primer lugar se presentan resultados generales y después a nivel de ítems y frases.

##### **A.1) Parámetros globales**

La tabla 56 indica que hay diferencias en las medias de los índices actitudinales globales. La categoría adecuada muestra un índice actitudinal positivo (0,2108). La categoría plausible tiene un índice negativo (-0,124) y la categoría ingenua tiene un índice positivo y bajo (0,018). Las medias de los índices de estas categorías han aportado un índice actitudinal global

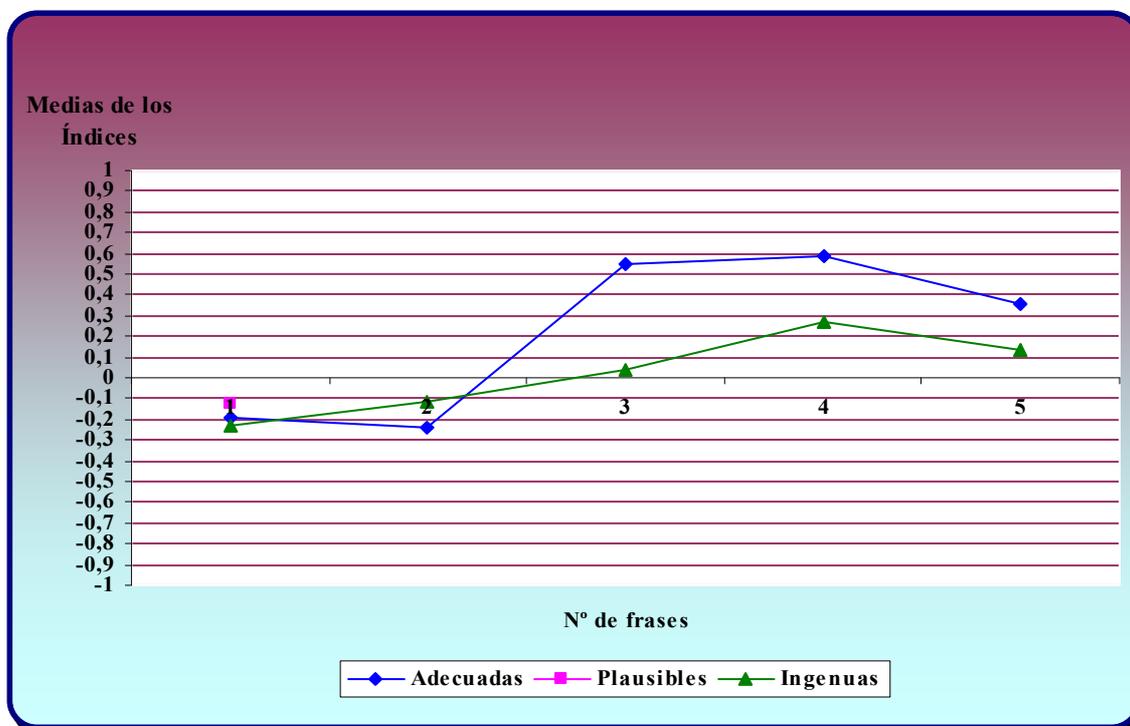
positivo que es muy bajo (0,0349), y aunque sugiere una tendencia positiva, ésta es muy débil, mostrándo que el profesorado posee una escasa información para identificar los aspectos adecuados acerca del papel de la observación y de la inferencia en la ciencia.

**Tabla Nº 56. Medias de los índices actitudinales del profesorado de las categorías adecuadas, plausibles e ingenuas para la tercera categoría**

	Media
Media puntuaciones	0,0927
Adecuadas	0,2108
Plausibles	-0,124
Ingenuas	0,018
Índice Global Ponderado	0,0349

Al mismo tiempo en la figura 22 se observa la distribución de los índices actitudinales de las frases para cada categoría.

**Figura Nº 22. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas en la tercera categoría**



De las once frases, seis tienen índices actitudinales positivos y cinco tienen índices actitudinales negativos. El valor positivo del índice actitudinal global viene dado fundamentalmente por la aportación de los índices de las frases adecuadas e ingenuas. La única frase plausible de la categoría tiene un índice actitudinal negativo, contribuyendo negativamente al índice actitudinal global. Esta evidencia sugiere que el profesorado tiene una actitud global favorable, pero débil, acerca del rol de la observación y de la inferencia en la ciencia.

**A.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

La tabla 57 presenta los resultados a nivel de ítem y frases. Se observan diferencias en los índices actitudinales globales de los ítems 90111 y 90311. El ítem 90111 tiene un índice global negativo aportado por los abundantes índices negativos de las distintas frases del ítem (-0,16). En contraste, el ítem 90311 tiene un índice actitudinal positivo por las aportaciones de las frases adecuadas e ingenuas (0,1907). A su vez, el índice actitudinal más positivo lo aporta la frase adecuada 90311e (0,5820), que hace referencia al carácter subjetivo que tienen la observación y la ciencia y que las hace susceptibles a cambios. En contraste, el índice actitudinal más negativo está en la frase adecuada 90111b (-0,2440), que hace referencia a la influencia de las teorías en la observación que hacen los científicos del problema que investigan.

**Tabla Nº 57. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la tercera categoría**

Ítem	Frases	Categorías	Promedio	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
90111	90111a	A	-0,1880					
	90111b	A	-0,2440					
	90111c	I	-0,2260					
	90111d	I	-0,1200					
	90611e	I	0,0340					
				-0,2160	-	-0,1040	-0,1600	-0,1488
90311	90311a	I	0,2720					
	90311b	I	0,1300					
	90311c	P	-0,1240					
	90311d	A	0,5520					
	90311e	A	0,5820					
	90311f	A	0,3520					
				0,4953	-0,1240	0,2010	0,1907	0,2940

El análisis detallado de cada ítem y frase aportará mayor información sobre las actitudes del estudiantado hacia las ideas que plantea cada una de las frases.

▪ **Ítem 90111**

Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	A	-0,1880
b.-Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones	A	-0,2440
c.-Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	I	-0,2260
d.-No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	I	-0,1200
e.-No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	I	0,0340

Este ítem se compone de cinco frases, dos frases adecuadas y tres ingenuas. Las dos frases adecuadas muestran índices actitudinales negativos y aluden a la subjetividad de los científicos a la hora de investigar. Respecto las frases ingenuas, dos tienen índices actitudinales negativos, 90111c y 90111d, y una que ha mostrado un índice actitudinal positivo y bajo, la 90111e, y alude a la objetividad de la observación científica.

La evidencia señala que en este ítem no hay puntos favorables en la actitud del profesorado. Esta tendencia viene dada por la identificación negativa de las ideas adecuadas e ingenuas. El profesorado ha identificado negativamente dos ideas adecuadas que enfatizan la influencia de la teoría en la observación y las ideas que elaboran los científicos. A la vez, ha identificado negativamente dos ideas ingenuas que aluden a la exactitud de las observaciones y la ausencia de influencia de las teorías en las observaciones de los hechos. La única actitud favorable se mostró hacia la idea ingenua, que alude a la existencia de una fidelidad de las observaciones respecto de los hechos.

La actitud global del profesorado acerca de la observación científica es claramente deficiente y fundamentada en una idea ingenua inductiva.

▪ **Ítem 90311**

Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.	I	0,2720
b.-Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.	I	0,1300

c.-Los científicos clasifican la naturaleza de la manera más simple y lógica posible, pero ésta forma no es necesariamente la única.	P	-0,1240
d.-Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar la confusión en su trabajo.	A	0,5520
e.-Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.	A	0,5820
f.-Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	A	0,3520

Este ítem se compone de seis frases, dos ingenuas, una plausible y tres adecuadas. Las frases aluden a la diferencia entre la observación y la inferencia científica. Las tres frases adecuadas tienen los índices actitudinales más positivos. La frase plausible muestra el único índice actitudinal negativo, y las dos frases ingenuas muestran índices actitudinales positivos.

Los puntos fuertes en la actitud del profesorado vienen dados por la identificación positiva de las tres ideas adecuadas, que hacen referencia a la naturaleza subjetiva de la inferencia que hacen los científicos. El profesorado ha reconocido que la tarea científica está influenciada por las percepciones y por las teorías de los científicos. Esta actitud se refuerza por la identificación positiva de las ideas ingenuas que enfatizan la exactitud de las clasificaciones que utilizan los científicos con la realidad del mundo natural. Esta tendencia se debilita por la identificación negativa de la idea plausible, que alude a que no hay una sola manera de clasificar la naturaleza.

La tendencia en las actitudes del profesorado es más favorable que en el otro ítem de la categoría. La evidencia sugiere que la actitud global acerca de las ideas de este ítem se fundamenta en ideas adecuadas, que aluden a la subjetividad de la inferencia. Sin embargo, también hay ideas menos adecuadas y ambiguas, que están indicando deficiencias en la comprensión del significado, rol y naturaleza de la observación en la ciencia.

### ***B) Índices actitudinales del estudiantado***

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las respuestas del estudiantado a los dos ítems que miden las actitudes acerca del rol de la observación y de la inferencia.

**B.1) Parámetros globales**

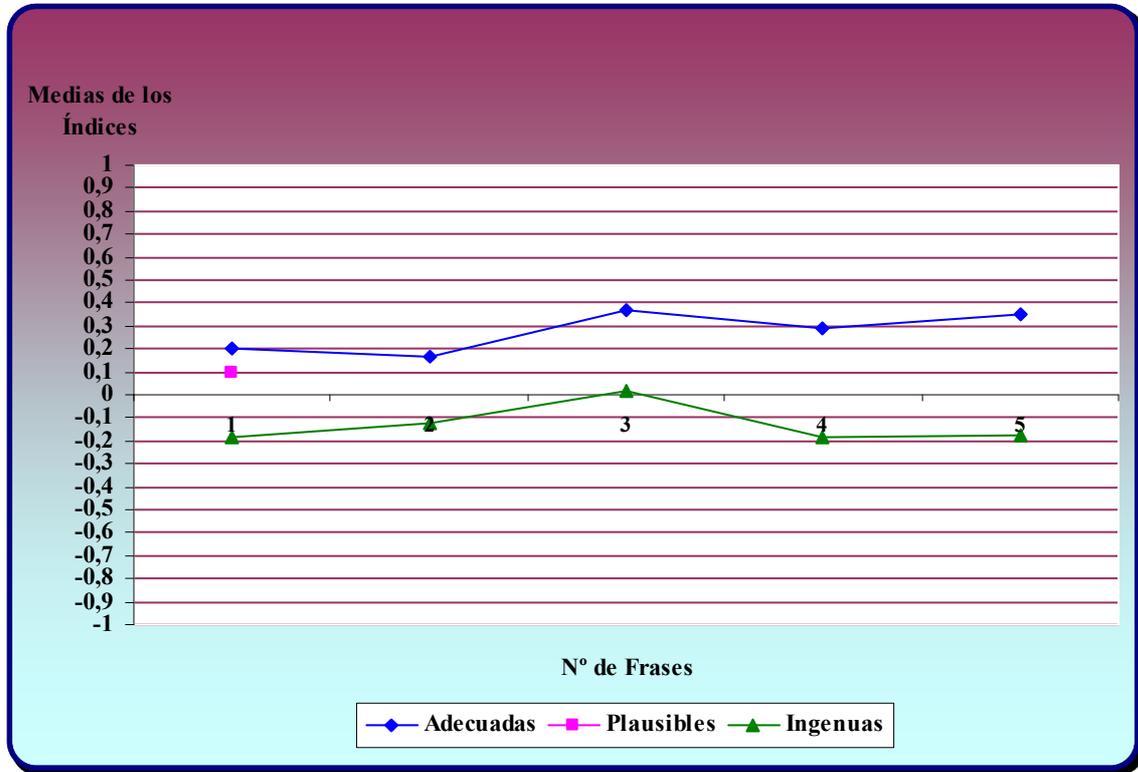
La tabla 58 muestra las medias de los índices actitudinales globales de las categorías adecuada, plausible e ingenua de los dos ítems que componen esta categoría. Se observan diferencias entre los índices de las categorías. La categoría adecuada tiene el índice más positivo (0,2748). Le siguen la categoría plausible con un índice positivo y bajo (0,0991) y la categoría ingenua con un índice actitudinal global negativo (-0,1360). El índice actitudinal global, positivo y bajo (0,0813) lo aportan principalmente los índices de las categorías adecuada y plausible, y sugiere una tendencia positiva, aunque débil, en las actitudes del estudiantado respecto el rol de la observación y de la inferencia científica.

**Tabla Nº 58. Medias de los índices actitudinales del estudiantado de las categorías adecuada, plausible e ingenua para la tercera categoría**

	Medias
Media puntuaciones	0,0748
Adecuadas	0,2754
Plausibles	0,0991
Ingenuas	-0,1306
Índice Global Ponderado	0,0813

Por otra parte, la figura 23 muestra la distribución de los índices de las frases de los dos ítems de la categoría. Los índices actitudinales positivos los aportan las cinco frases adecuadas, la frase plausible y una frase ingenua. En contraste, los índices actitudinales negativos los aportan la mayoría de frases ingenuas.

**Figura N° 23. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas en la tercera categoría**



**B.2) Índices actitudinales por ítem y frases**

El contenido de la tabla 59 indica que los índices actitudinales de los dos ítems muestran una tendencia positiva aunque muy baja. El índice actitudinal más positivo de la categoría está en la frase adecuada 90311d (0,3679), que alude a la existencia de diversas formas de clasificar la naturaleza y a la necesidad de acuerdos entre la comunidad científica para aceptar un sistema universal de clasificación. En contraste, el índice más negativo está en la frase ingenua 90111 (-0,1863), que menciona que las observaciones científicas son similares a pesar que los científicos trabajen con teorías diferentes.

**Tabla Nº 59. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la tercera categoría**

Ítem	Frases	Categorías	Promedio	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
90111	90111a	A	0,2005					
	90111b	A	0,1651					
	90111c	I	-0,1863					
	90111d	I	-0,1203					
	90111e	I	0,0165					
				0,1828	-	-0,0967	0,0430	0,0151
90311	90311a	I	-0,1840					
	90311b	I	-0,1792					
	90311c	P	0,0991					
	90311d	A	0,3679					
	90311e	A	0,2901					
	90311f	A	0,3538					
				0,0337	0,0991	-0,1816	0,0162	0,1246

El análisis detallado de cada ítem y frase aportará información más precisa sobre las actitudes del estudiantado.

▪ **Ítem 90111**

Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	A	0,2005
b.-Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones	A	0,1651
c.-Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	I	-0,1863
d.-No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	I	-0,1203
e.-No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	I	0,0165

El ítem se compone de cinco frases, tres ingenuas y dos adecuadas. El ítem alude al rol de la observación en la ciencia. Las dos frases adecuadas tienen los índices actitudinales más positivos y enfatizan la subjetividad de la investigación científica debido a las características de los científicos. Respecto las frases ingenuas, dos muestran índices actitudinales negativos, 90111c y 90111d, y la otra muestra un índice positivo y bajo, 90111e. Este ítem no tiene frases plausibles.

La evidencia indica que los puntos fuertes de la actitud del estudiantado vienen dados por la identificación positiva de las ideas adecuadas, que hacen referencia a la subjetividad de la observación científica y a la influencia que tiene la teoría en las observaciones que realizan los científicos. Esta tendencia se refuerza por la identificación positiva de la idea ingenua, que enfatiza en la exactitud de la observación

debido a que muestra los hechos tal como son. No obstante, esta tendencia se debilita con el rechazo a dos ideas ingenuas, que aluden a una supuesta objetividad y exactitud de las observaciones y a su relevancia para el avance de la ciencia.

La actitud global del estudiantado en este ítem se compone de ideas adecuadas que se combinan con ideas más tradicionales e ingenuas. El estudiantado percibe algún grado de subjetividad de la observación, pero sus actitudes también sugieren que hay deficiencias en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la observación y de la inferencia. La evidencia indica que el estudiantado reconoce que la subjetividad de la ciencia y de la observación se debe a los científicos, pero ha considerado que es objetiva a nivel de los procesos. Esta tendencia refuerza la actitud encontrada en otros ítems, que enfatizan la idea absoluta y objetiva de la ciencia.

#### ▪ Ítem 90311

Cuando los científicos clasifican algo (por ejemplo, una planta o una estrella según su tamaño), están clasificando la naturaleza tal como realmente es; cualquier otra manera sería simplemente errónea:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.	I	-0,1840
b.-Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.	I	-0,1792
c.-Los científicos clasifican la naturaleza de la manera más simple y lógica posible, pero esta forma no es necesariamente la única.	P	0,0991
d.-Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar la confusión en su trabajo.	A	0,3679
e.-Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.	A	0,2901
f.-Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.	A	0,3538

Este ítem alude a la diferencia entre la observación y la inferencia. Se compone de seis frases, tres adecuadas, dos ingenuas y una plausible. Las tres frases adecuadas muestran índices actitudinales positivos. La frase plausible tiene un índice actitudinal positivo y bajo. En contraste, las tres frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos.

La evidencia señala que en este ítem los puntos fuertes provienen de la identificación positiva de las ideas adecuadas, que enfatizan la subjetividad de inferencia científica. De acuerdo a estas afirmaciones, la comunidad científica establece los sistemas de clasificación y, como tal, son susceptibles de cambio, por lo cual, no son exactos, y los científicos son los

que finalmente clasifican la naturaleza guiados por sus percepciones y teorías. Esta actitud positiva se refuerza, aunque débilmente, por la identificación positiva de la idea plausible que enfatiza la misma idea de subjetividad y cambio. No obstante, esta tendencia favorable se debilita fuertemente con la identificación negativa de las ideas ingenuas, que básicamente explican que las observaciones científicas son objetivas y que representan con exactitud la realidad.

De esta manera, la actitud global del estudiantado es contradictoria, porque se compone de ideas que muestran que la inferencia es un proceso subjetivo, ya que está influida por distintas variables, pero también tiene ideas que explican una postura contraria que enfatiza la objetividad. Esta tendencia sugiere que el estudiantado tiene deficiencias en los aspectos fundamentales de la observación e inferencia. Esta actitud también refuerza la idea de objetividad observada en el otro ítem de la categoría.

#### ***6.1.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas***

En esta categoría se evalúan tres ítems que contienen dieciocho frases que miden la actitud del profesorado y del estudiantado acerca de la diferente naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

##### ***A) Índices actitudinales del profesorado***

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las respuestas del profesorado a los tres ítems de esta categoría.

##### **A.1) Parámetros globales**

La tabla 60 señala las medias de los índices actitudinales de las tres categorías de frases.

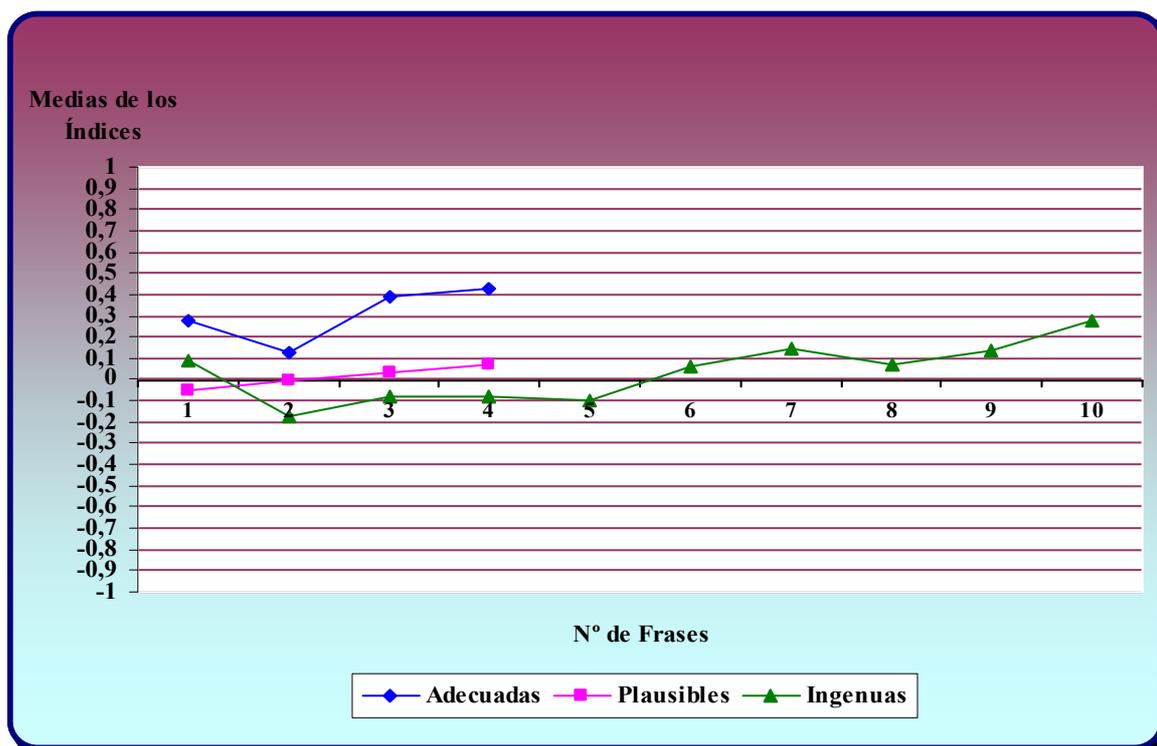
**Tabla Nº 60. Medias de los índices actitudinales del profesorado de las categorías adecuada, plausible e ingenua para la cuarta categoría**

	<b>Media</b>
Media puntuaciones	0,0902
Adecuadas	0,306
Plausibles	0,011

Ingenuas	0,0356
Índice Global Ponderado	0,1175

Las tres categorías mostraron valores positivos. La categoría adecuada tiene el índice positivo más elevado (0,306) y las categorías plausible e ingenua mostraron un índice actitudinal muy parecido, positivo y bajo. El índice actitudinal global tiene un valor positivo (0,1175), lo que sugiere una tendencia levemente favorable en las actitudes del profesorado acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas. A su vez, la figura 24 muestra la distribución de los índices actitudinales de todas las frases del ítem por categorías.

**Figura N° 24. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la cuarta categoría**



Del total de las frases, doce mostraron índices actitudinales positivos y seis índices actitudinales negativos. Todas las frases de la categoría

adecuada tienen índices actitudinales positivos y las frases de las categorías plausible e ingenua muestran índices actitudinales positivos y negativos. Esta tendencia en la distribución de los índices sugiere que el profesorado ha tenido la capacidad para identificar favorablemente las ideas más adecuadas, pero esta capacidad ha sido menor para identificar ideas ambiguas o plausibles e ingenuas.

**A.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

Los resultados que muestra la tabla 61 corresponden a los índices actitudinales de los ítems y las frases por categoría. Se observa que los tres ítems tienen índices actitudinales positivos. El ítem 90631 tiene el índice actitudinal más positivo (0,2011) y se refiere a la naturaleza de los descubrimientos científicos. A su vez, en esta categoría, la frase adecuada 90631d tiene el índice actitudinal más alto (0,4260), y hace referencia al papel que tienen el azar, la casualidad, la intencionalidad y la lógica de los científicos en los descubrimientos. En contraste, la frase ingenua 91011b ha mostrado el índice actitudinal más negativo (-0,17), y enfatiza que la construcción de las leyes, hipótesis y teorías científicas se basa en hechos experimentales.

**Tabla Nº 61. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la cuarta categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio muestra	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
91011	91011a	I	0,0920					
	91011b	I	-0,1700					
	91011c	P	-0,0520					
	91011d	P	-0,0080					
	91011e	A	0,2740					
	91011f	I	-0,0800					
				0,2740	-0,0300	-0,0526	0,0638	0,0093
90511	90511a	I	-0,0800					
	90511b	I	-0,0980					
	90511c	I	0,0600					
	90511d	I	0,1480					
	90511e	A	0,1300					
				0,1300	-	0,0075	0,0687	0,0320
90631	90631a	I	0,0700					
	90631b	I	0,1360					
	90631c	A	0,3940					
	90631d	A	0,4260					
	90631e	I	0,2780					
	90631f	P	0,0320					
	90631g	P	0,0720					

				0,4100	0,0520	0,1613	0,2077	0,2011
--	--	--	--	--------	--------	--------	--------	--------

El análisis detallado de cada ítem y frase aportará mayor información sobre las actitudes del estudiantado hacia las ideas que plantea cada una de las frases.

▪ **Ítem 91011**

Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS Y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa usted? Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.	I	0,0920
b.-Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.	I	-0,1700
c.-Pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.	P	-0,0520
d.-Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por lo tanto, la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.	P	-0,0080
e.-Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.	A	0,2740
f.-Depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.	I	-0,0800

El ítem hace referencia al origen de las leyes, teorías e hipótesis. Se compone de seis frases, tres ingenuas, una adecuada y dos plausibles. La frase adecuada tiene el índice actitudinal más positivo y señala que las leyes, teorías e hipótesis son inventadas. Las dos frases plausibles muestran índices actitudinales negativos. Respecto las frases ingenuas, la 91011a muestra un índice actitudinal positivo y bajo, mientras que las otras dos muestran índices actitudinales negativos.

En este ítem el punto fuerte de la actitud del profesorado viene dado por la identificación positiva de la idea adecuada, que afirma que las leyes, teorías e hipótesis son una interpretación de los hechos experimentales que descubre la ciencia. Esta actitud se refuerza, aunque débilmente, por la capacidad del profesorado para identificar la idea ingenua, que alude a que las leyes, teorías e hipótesis están en la naturaleza y la tarea de la ciencia es encontrarlas. Sin embargo, esta tendencia se debilita con la identificación negativa de las ideas plausibles, que aluden a la naturaleza del método que utilizan los científicos para conocer las leyes, teorías e hipótesis y al papel de la casualidad en los descubrimientos, y con la identificación negativa de las ideas ingenuas.

Para este ítem la evidencia sugiere que la actitud global del profesorado se compone de distintas ideas. Se observa una actitud positiva hacia la idea que los científicos elaboran las leyes, teorías e hipótesis. No

obstante, también hay actitudes ingenuas, ya que ha identificado que las leyes, teorías e hipótesis pueden descubrirse, inventarse o son el resultado de la experimentación. Las actitudes específicas sugieren una tendencia menos favorable de lo que indica el índice actitudinal global y parece indicar que el profesorado tiene deficiencias en el conocimiento y comprensión acerca de cómo se origina el conocimiento científico y sobre el papel de las hipótesis, teorías y leyes en la ciencia.

▪ **Ítem 90511**

Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta la teorías y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes. Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.	I	-0,0800
b.-Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.	I	-0,0980
c.-Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.	I	0,0600
d.-Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las teorías se basan en ideas científicas que son ciertas en menos de un 100 %, y, por eso, no se puede probar que las teorías sean verdaderas. Sin embargo, las leyes se basan sólo en hechos y son seguras al 100 %.	I	0,1480
e.-Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto, las teorías no pueden convertirse en leyes. Sin embargo, con pruebas que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).	A	0,1300

Este ítem alude a la naturaleza de las leyes, teoría e hipótesis científicas. Se compone de cinco frases, cuatro ingenuas y una adecuada. La frase adecuada tiene un índice actitudinal positivo. Acerca de las frases ingenuas, dos tienen índices actitudinales negativos y dos con índices actitudinales positivos, siendo la frase 90511d la que muestra el índice actitudinal más positivo de todo el ítem. No hay frases plausibles.

Los puntos más fuertes en la actitud del profesorado vienen dados por la identificación positiva de la idea adecuada, que enfatiza que las hipótesis, teorías y leyes son de distinta naturaleza. A esta actitud positiva contribuye la identificación positiva de la idea ingenua que señala la certeza que tienen las leyes y la ausencia de esta certeza en las teorías científicas. Esta tendencia se refuerza, aunque muy débilmente, con la identificación positiva de la idea ingenua, que menciona que las hipótesis llegan a constituirse en leyes, porque son el resultado del desarrollo lógico de las ideas científicas. No obstante, esta actitud se debilita por la identificación negativa de las ideas ingenuas, que afirman que las hipótesis

pueden derivar a teorías y estas a leyes por medio de una adecuada comprobación empírica.

La actitud global del profesorado se compone de algunas ideas acordes que marcan la diferencia entre las hipótesis, teorías y leyes. La evidencia sugiere que el profesorado comprende que las hipótesis, teorías y leyes son diferentes. Sin embargo, esta idea parece explicarse en función del grado de comprobación que hay entre una u otra, y concuerda con la visión errónea que explica que una forma evoluciona a otra según el nivel de comprobación. Por ello, esta actitud ha contribuido negativamente a la actitud más favorable que mostró el profesorado hacia otras ideas más generales sobre la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

▪ **Ítem 90631**

Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente hasta que se hace el descubrimiento. Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos en una pared.	I	0,0700
b.-Porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento	I	0,1360
c.-Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso también hay un parte de ensayo y error, de acertar y fallar.	A	0,3940
d.-Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.	A	0,4260
e.-La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.	I	0,2780
<b>Los descubrimientos científicos NO ocurren como resultado de una serie lógica de investigaciones:</b>		
f.-Porque con frecuencia los descubrimientos resultan de juntar piezas de información previamente no relacionadas entre sí.	P	0,032
g.-Porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.	P	0,0720

El ítem se compone de siete frases, tres ingenuas, dos adecuadas y dos plausibles. Las dos frases adecuadas que tienen los índices actitudinales más positivos enfatizan en el papel de la lógica más que del azar en los descubrimientos y conocimientos científicos. Las dos frases plausibles tienen índices actitudinales positivos y bajos, y las tres frases ingenuas tienen también índices positivos.

La evidencia muestra una actitud global positiva. La actitud del profesorado mostró la tendencia a identificar favorablemente que los descubrimientos científicos y el propio conocimiento son producto de la

investigación científica más que del azar, la casualidad o la sola experimentación. Entre las actitudes más favorables está la identificación positiva de las ideas que enfatizan la naturaleza lógica que tienen la gran mayoría de los descubrimientos científicos, aunque el azar haya participado eventualmente en alguna de las etapas del proceso de investigación. Esta tendencia se refuerza, aunque muy débilmente, con la identificación positiva de las ideas ingenuas, que vinculan los descubrimientos científicos con el azar, la casualidad o por resultados inesperados de la actividad de los científicos y de permanentes pruebas empíricas. Esta misma tendencia se encontró en las ideas plausibles del ítem.

El profesorado muestra cierto grado de comprensión de la naturaleza de los descubrimientos científicos y del papel que tiene la lógica en las hipótesis, teorías y leyes científicas. Sin embargo, hay aspectos contradictorios que sugieren falta de conocimiento y comprensión sobre algunos aspectos de las hipótesis, teorías y leyes.

### ***B) Índices actitudinales del estudiantado***

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las respuestas del estudiantado a los tres ítems que miden las actitudes acerca de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

#### **B.1) Parámetros globales**

La tabla 62 muestra los valores de las medias de los índices actitudinales globales de las tres categorías de frases.

**Tabla N° 62. Medias de los índices actitudinales de las frases de las categorías adecuada, plausible, ingenua para la cuarta categoría**

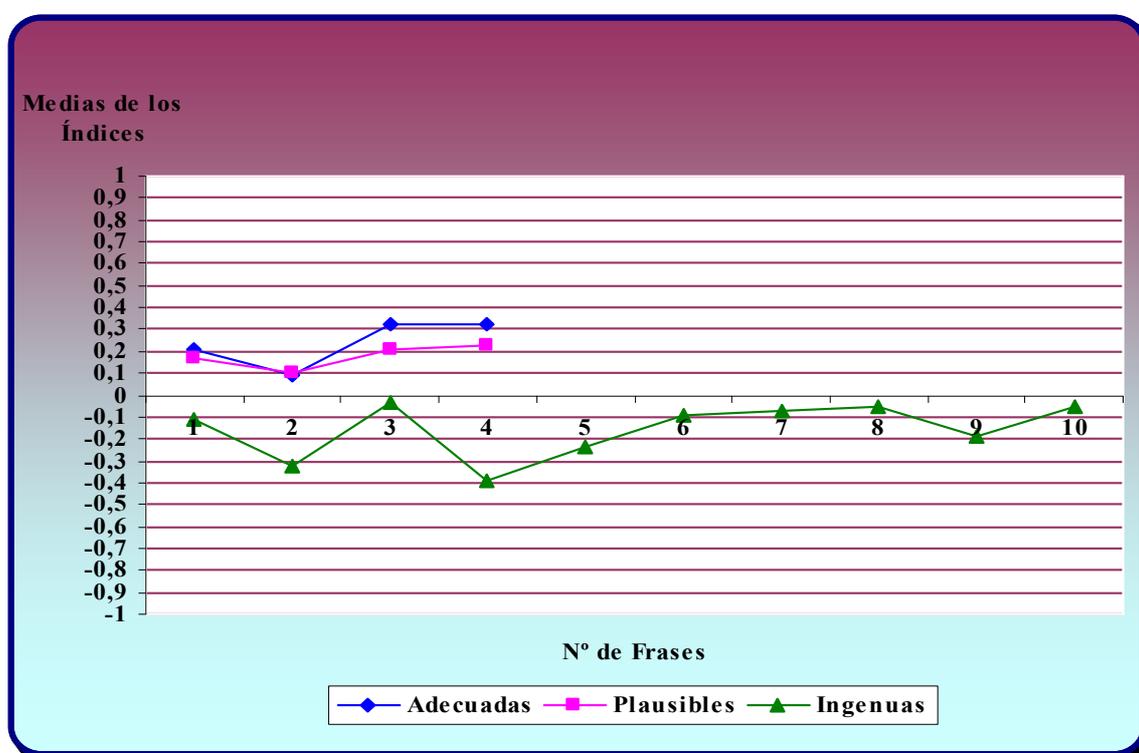
	<b>Media</b>
Media puntuaciones	0,0064
Adecuadas	0,2394
Plausibles	0,1769
Ingenuas	-0,1549
Índice Global Ponderado	0,0871

El índice actitudinal global tiene un valor positivo, aunque cercano a cero, lo que sugiere una leve tendencia positiva en la actitud del estudiantado acerca de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes

científicas. La categoría adecuada tiene el índice más positivo (0,2394), seguido de la plausible (0,1769). En contraste, la categoría ingenua tiene un índice actitudinal negativo (-0,1549).

A su vez, la figura 25 señala la distribución de los índices actitudinales del total de frases de esta categoría.

**Figura N° 25. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la cuarta categoría**



Las cuatro frases adecuadas y las cuatro frases plausibles mostraron índices actitudinales positivos. En contraste, las diez frases ingenuas mostraron índices actitudinales negativos. Esta tendencia sugiere que el estudiantado ha tenido la capacidad para identificar las ideas adecuadas y ambiguas de los ítems, pero mucha dificultad para identificar las ideas ingenuas, lo que indicaría una mayor presencia de actitudes ingenuas sobre estos aspectos.

**B.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

El análisis general de los resultados de la tabla 63 muestra que hay diferencias en los índices actitudinales globales. Los ítems 91011 y 90631 tienen índices positivos, aunque éstos son bajos y el ítem 90511 muestra un índice actitudinal negativo (-0,0527). El índice actitudinal global es positivo y bajo, lo que sugiere que la actitud global del estudiantado, aunque es favorable, es muy débil, debido a la fuerte presencia de índices actitudinales con valores negativos. La frase adecuada 90631d tiene el índice actitudinal más positivo (0,3278) y alude al papel del azar, la casualidad y la intencionalidad de los científicos en los descubrimientos científicos. En contraste, la frase ingenua 90511a muestra el índice actitudinal más negativo (-0,3868) y señala que una hipótesis se comprueba por medio de la experimentación y, dependiendo de su exactitud, después deriva en teoría y luego esta, después de múltiples comprobaciones, puede llegar a ser una ley.

**Tabla Nº 63. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la cuarta categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio muestra	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
91011	91011a	I	-0,1108					
	91011b	I	-0,3278					
	91011c	P	0,1698					
	91011d	P	0,0991					
	91011e	A	0,2123					
	91011f	I	-0,0377					
				0,2123	0,1344	-0,1587	0,0626	0,0008
90511	90511a	I	-0,3868					
	90511b	I	-0,2382					
	90511c	I	-0,0896					
	90511d	I	-0,0755					
	90511e	A	0,0920					
				0,0920	-	-0,1975	-0,0527	-0,1396
90631	90631a	I	-0,0495					
	90631b	I	-0,1840					
	90631c	A	0,3255					
	90631d	A	0,3278					
	90631e	I	-0,0495					
	90631f	P	0,2123					
	90631g	P	0,2264					
				0,3266	0,2193	-0,0943	0,1505	0,1156

A continuación se exponen los resultados más precisos para cada ítem y frase.

▪ **Ítem 91011**

Suponga que un buscador "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS Y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa usted? Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.	I	-0,1108
b.-Porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.	I	-0,3278
c.-Pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.	P	0,1698
d.-Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por lo tanto, la descubren. Pero otros científicos inventan la ley a partir de los hechos conocidos.	P	0,0991
e.-Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.	A	0,2123
f.-Depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.	I	-0,0377

El ítem hace referencia al origen de las leyes, teorías e hipótesis. Se compone de seis frases, tres ingenuas, dos plausibles y una adecuada. La frase adecuada muestra el índice actitudinal más positivo y menciona que la ciencia inventa las leyes, teorías e hipótesis. Las dos frases plausibles tienen índices actitudinales positivos y bajos. En contraste, las tres frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos.

El punto favorable en la actitud del estudiantado viene dado por la identificación positiva de la idea adecuada, que propone que los científicos crean las leyes, teorías e hipótesis para describir los fenómenos naturales. Esta tendencia se refuerza, aunque débilmente, con la identificación positiva de las ideas plausibles, que afirman que la ciencia requiere inventar métodos para encontrar las leyes, hipótesis y teorías, y que una ley puede ser inventada o bien descubierta por casualidad. Sin embargo, esta tendencia positiva se debilita con la identificación negativa de tres ideas ingenuas, que enfatizan la idea de una relación jerárquica entre las hipótesis, teorías y leyes.

En este ítem la evidencia sugiere que la actitud global del estudiantado se compone de ideas acordes combinadas con otras más ingenuas del rol y de la naturaleza de las leyes, teorías e hipótesis científicas. El estudiantado considera que éstas se relacionan jerárquicamente, y que pueden encontrarse en naturaleza, estar basadas en hechos experimentales o bien pueden ser inventadas por los científicos.

▪ **Ítem 90511**

Las ideas científicas se desarrollan desde las hipótesis hasta la teorías y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes. Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.	I	-0,3868
b.-Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.	I	-0,2382
c.-Porque es una manera lógica de desarrollar las ideas científicas.	I	-0,0896
d.-Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las teorías se basan en ideas científicas que son ciertas en menos de un 100 %, y, por eso, no se puede probar que las teorías sean verdaderas. Sin embargo, las leyes se basan sólo en hechos y son seguras al 100 %.	I	-0,0755
e.-Las teorías no pueden convertirse en leyes, porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto, las teorías no pueden convertirse en leyes. Sin embargo, con pruebas que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).	A	0,0920

Este ítem se compone de cinco frases, cuatro ingenuas y una adecuada. El ítem alude a la naturaleza diferente que tienen las leyes, teorías e hipótesis científicas. La frase adecuada muestra el único índice actitudinal positivo. En contraste, las cuatro frases ingenuas tienen índices actitudinales negativos.

La evidencia indica que no hay puntos fuertes en la actitud del estudiantado. La actitud más favorable es la identificación positiva, pero débil, de la idea adecuada, que enfatiza la naturaleza diferente de las teorías y leyes. Así, la tendencia mayoritaria en la actitud es considerar que las hipótesis, teorías y leyes resultan de la experimentación y de la comprobación, de manera que, bajo ciertas condiciones, las hipótesis pueden derivar a teorías y estas a leyes.

La actitud global del estudiantado acerca de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes se fundamenta en ideas erróneas, que enfatizan el papel de la experimentación y la comprobación. Esta actitud concuerda con la visión errónea, que considera la existencia de una relación de jerarquía entre las hipótesis, teorías y leyes.

▪ **Ítem 90631**

Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una se apoya en la anterior, y conduce lógicamente a la siguiente hasta que se hace el descubrimiento. Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque los experimentos (por ejemplo, los que condujeron al modelo del átomo o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos en una pared.	I	-0,0495
b.-Porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento.	I	-0,1840
c.-Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones.	A	0,3255

Però la ciencia no es tan absolutamente l3gica; en el proceso tambi3n hay un parte de ensayo y error, de acertar y fallar.		
d.-Algunos descubrimientos cient3ficos son casuales o son un resultado inesperado de la intenci3n real del cient3fico. Sin embargo, la mayor3a de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas l3gicamente una sobre la otra.	A	0,3278
e.-La mayor3a de los descubrimientos cient3ficos son casuales o son un resultado inesperado de la intenci3n real del cient3fico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas l3gicamente una sobre otra.	I	-0,0495
<b>Los descubrimientos cient3ficos NO ocurren como resultado de una serie l3gica de investigaciones:</b>		
f.-Porque con frecuencia los descubrimientos resultan de juntar piezas de informaci3n previamente no relacionadas entre si.	P	0,2123
g.-Porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no ten3an nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.	P	0,2264

Este ítem se compone de siete frases, tres ingenuas, dos adecuadas y tres plausibles. El ítem hace referencia a la naturaleza de los descubrimientos cient3ficos. El índice actitudinal global es positivo, aunque bajo, y sugiere una tendencia positiva, pero débil, en la actitud del estudiantado. Las dos frases adecuadas tienen los índices actitudinales más positivos y, fundamentalmente, enfatizan el papel relevante que tiene la l3gica en los procesos que conducen a los descubrimientos cient3ficos. Las dos frases plausibles tienen también índices actitudinales positivos. En contraste, las tres frases ingenuas muestran índices actitudinales negativos.

La evidencia indica que los puntos fuertes en la actitud del estudiantado los aporta la identificaci3n positiva de las dos ideas adecuadas sobre el papel de la l3gica en los descubrimientos cient3ficos. Esta tendencia positiva se refuerza por la identificaci3n positiva de las ideas plausibles. Sin embargo, se ve debilitada por la identificaci3n negativa de las tres ideas ingenuas, que enfatizan el papel de la experimentaci3n como proceso esencial en los descubrimientos cient3ficos.

La actitud global del estudiantado se compone de una idea adecuada sobre el papel de la l3gica en la investigaci3n cient3fica y en los descubrimientos que realizan, pero, al mismo tiempo, ha mostrado actitudes más ingenuas. Estas actitudes sugieren que el estudiantado no tiene los conocimientos y la comprensi3n de los procesos implicados en los descubrimientos cient3ficos. Esta actitud probablemente se refuerza por la actitud del estudiantado sobre la metodolog3a cient3fica.

**6.1.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología**

Esta categoría contiene dos ítems con trece frases, que evalúan las actitudes del profesorado y del estudiantado acerca de la relación ciencia y tecnología.

**A) Índices actitudinales del profesorado**

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las respuestas del profesorado a los dos ítems.

**A.1) Parámetros globales**

La tabla 64 señala los resultados generales con los índices actitudinales globales de las tres categorías. La categoría adecuada tiene el índice actitudinal más positivo (0,2500), seguido de la categoría ingenua (0,1013) y de la categoría plausible, que ha mostrado un índice actitudinal positivo cercano y muy bajo (0,0788). El índice actitudinal global positivo es positivo y aunque es bajo, sugiere una tendencia positiva en la actitud del profesorado acerca de la relación ciencia y tecnología (0,1433).

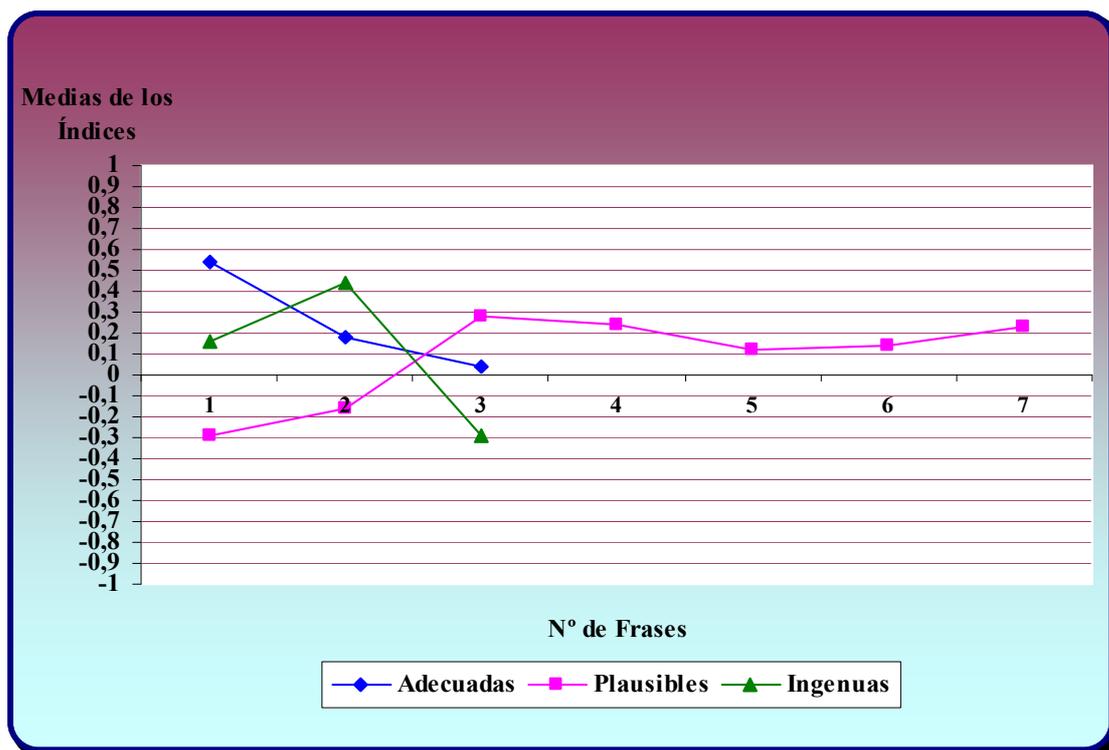
**Tabla Nº 64. Medias de los índices actitudinales del profesorado en la categoría, adecuada, plausible e ingenua para la quinta categoría**

	<b>Media</b>
Media puntuaciones	0,1235
Adecuadas	0,2500
Plausibles	0,0788
Ingenuas	0,1013
Índice Global Ponderado	0,1433

En la figura 26 se muestra la distribución de los índices actitudinales de las frases para cada categoría. Las tres frases adecuadas muestran índices actitudinales positivos. Las tres frases adecuadas muestran índices actitudinales positivos. Respecto las frases plausibles, cinco tienen índices actitudinales positivos y dos índices negativos. Y, de las tres frases ingenuas, dos tienen índices actitudinales positivos y una, índice actitudinal negativo. Esta distribución de los índices sugiere que el profesorado ha tenido la capacidad para reconocer los aspectos adecuados de la relación

entre la ciencia y la tecnología, pero ha mostrado contradicciones para identificar las ideas más ambiguas e ingenuas sobre este aspecto.

**Figura Nº 26. Distribución de las medias de los índices actitudinales del profesorado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la quinta categoría**



El análisis más específico, a nivel de cada ítem y frases, aportará información más precisa sobre las actitudes del profesorado.

**A.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

Los resultados de la tabla 65 muestran diferencias en los índices actitudinales globales. El ítem 10411 tiene un índice actitudinal global positivo (0,1263), mientras que el ítem 10211 ha mostrado un índice actitudinal negativo (-0,1174). A nivel de frases, la frase adecuada 10411b tiene el índice actitudinal más positivo (0,5380), y afirma que la ciencia y la tecnología están relacionadas entre sí porque la investigación científica

conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas y estas aumentan la capacidad para hacer más investigación científica. En contraste, la frase plausible 10411e ha mostrado el índice actitudinal más negativo (-0,2920), y enfatiza que la ciencia y la tecnología están relacionadas debido a que la tecnología es la base de todos los avances científicos.

El análisis específico de las frases de cada ítem aportará información más precisa acerca de las actitudes del profesorado hacia las ideas que exponen.

**Tabla Nº 65. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del profesorado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la quinta categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio muestra	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
10411	10411a	I	0,1620					
	10411b	A	0,5380					
	10411c	A	0,1760					
	10411d	I	0,4360					
	10411e	P	-0,2920					
				0,3720	-0,2920	0,2990	0,1263	0,2040
10211	10211a	P	-0,1600					
	10211b	I	-0,2940					
	10211c	P	0,2760					
	10211d	P	0,2440					
	10211e	P	0,1160					
	10211f	P	0,1400					
	10211g	A	0,0360					
	10211h	P	0,2280					
				0,0360	0,1406	-0,2940	-0,1174	0,0732

A continuación se presentan los resultados más específicos de cada ítem y frases.

▪ **Ítem 10411**

La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver como la tecnología podría ayudar a la ciencia.	I	0,1620
b.-Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	A	0,5380
c.-Porque aunque son diferentes, actualmente están unidas tan estrechamente que es difícil separarlas.	A	0,1760
d.-Porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver como la ciencia puede ayudar a la tecnología.	I	0,4360
e.-Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.	P	-0,2920

El ítem hace referencia a la relación entre la ciencia y la tecnología. Se compone de cinco frases, dos ingenuas, dos adecuadas y una plausible. Las dos frases adecuadas han mostrado índices actitudinales positivos y

altos. En este sentido, la frase adecuada 10411b ha mostrado el índice más positivo de la categoría, y alude a una relación positiva, de intercambio y cooperación, entre la ciencia y la tecnología. La frase plausible ha mostrado un índice actitudinal negativo. En contraste, las dos frases ingenuas han mostrado índices actitudinales positivos y altos.

En este ítem los puntos fuertes de la actitud del profesorado vienen dados por la identificación positiva de las ideas adecuadas e ingenuas. El profesorado ha mostrado una actitud favorable hacia las dos ideas adecuadas, que afirman que la ciencia y la tecnología están relacionadas. Estas dos ideas enfatizan que la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas de tipo tecnológico y estas, a la vez, incrementan la capacidad para hacer más investigación, y que la ciencia y la tecnología, aunque son diferentes, actualmente están tan estrechamente relacionadas que es difícil hacer una separación entre ambas. Esta actitud se refuerza favorablemente con la identificación positiva de las dos ideas ingenuas, pero la identificación negativa de la idea plausible, que afirma que la ciencia y la tecnología son más o menos la misma cosa, contribuye negativamente a la actitud positiva que han mostrado en las otras ideas.

En este ítem el profesorado ha mostrado una actitud global con una tendencia favorable, pero la identificación negativa de la idea plausible, que enfatiza en que la ciencia y la tecnología son una misma forma de conocimientos, sugiere que el profesorado tiene algún grado de desconocimiento de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología.

### ▪ Ítem 10211

Definir qué es la tecnología puede resultar muy difícil, porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Muy parecida a la ciencia.	P	-0,1600
b.-La aplicación de la ciencia.	I	-0,2940
c.-Nuevos procesos, instrumentos, maquinarias ,herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores, o aparatos prácticos para el uso de cada día.	P	0,2760
d.-Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas.	P	0,2440
e.-Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos.	P	0,1160
f.-Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales).	P	0,1400
g.-Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores, y para el progreso de la sociedad.	A	0,0360
h.-Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinarias, aparatos).	P	0,2280

El ítem se compone de ocho frases, seis plausibles una adecuada y una ingenua. Las ideas del ítem hacen referencia a la definición de la

tecnología. Respecto las frases plausibles, cinco mostraron índices actitudinales positivos, entre estas la 10211c mostró el índice actitudinal más alto, y la frase 10211a, el índice negativo. La única frase adecuada ha mostrado un índice actitudinal positivo y bajo, y la frase ingenua, un índice negativo.

La evidencia sugiere que en la actitud global del profesorado no hay puntos fuertes acerca de la definición de tecnología. Aunque ha mostrado la capacidad para reconocer la idea adecuada, que menciona algunas características de la tecnología, la identificación es débil. La identificación negativa de la idea ingenua se suma a esta tendencia, lo que contribuye negativamente a la actitud global.

La evidencia sugiere que la actitud global del profesorado es deficiente para establecer las características en la relación entre la ciencia y la tecnología. En la actitud están presentes algunas ideas deformadas, que consideran que la ciencia y la tecnología son similares o bien que una es dependiente de la otra.

### ***B) Índices actitudinales del estudiantado***

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las respuestas del estudiantado a los dos ítems que miden las actitudes sobre la relación entre la ciencia y la tecnología.

#### **B.1) Parámetros globales**

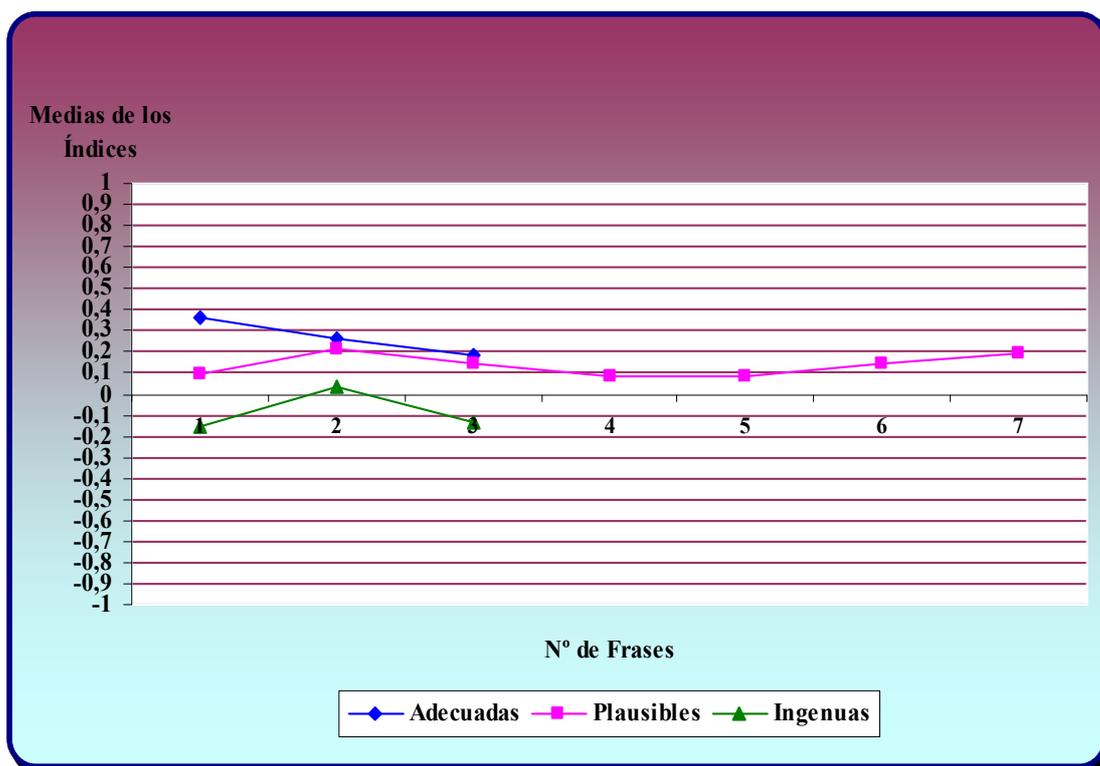
La tabla 66 indica las medias de los índices actitudinales globales. El índice actitudinal global tiene un valor positivo (0,1073), que sugiere una tendencia positiva en la actitud del estudiantado acerca de la relación ciencia y tecnología. Las categorías, adecuada y plausible muestran índices positivos, pero la categoría ingenua tiene un índice actitudinal negativo, que debilita esta tendencia favorable.

**Tabla N° 66. Medias de los índices actitudinales del estudiantado para las categorías adecuada, plausible e ingenua para la quinta categoría**

	Media
Media puntuaciones	0,1168
Adecuadas	0,2704
Plausibles	0,1381
Ingenuas	-0,0865
Índice Global Ponderado	0,1073

A su vez, la figura 27 indica la distribución de los índices actitudinales de todas las frases para cada categoría.

**Figura N° 27. Distribución de las medias de los índices actitudinales del estudiantado para las frases adecuadas, plausibles e ingenuas de la quinta categoría**



Todas las frases adecuadas y plausibles han mostrado índices actitudinales positivos. Acerca de las tres frases ingenuas, una tiene el índice actitudinal positivo y dos tienen índices actitudinales negativos. A

nivel global el estudiantado ha mostrado una tendencia positiva, que es necesario analizar con mayor profundidad en un nivel más específico.

**B.2) Índices actitudinales por ítems y frases**

La tabla 67 muestra los índices actitudinales para cada ítem y frase. Se observa que los dos ítems de la categoría tienen índices actitudinales positivos, aunque bajos. El ítem 10411 ha mostrado el índice actitudinal global más positivo (0,1175) y el ítem 10211 un índice actitudinal positivo cercano a cero (0,0631). La frase adecuada 10411b tiene el índice actitudinal más positivo (0,3608), y menciona que la ciencia y la tecnología están relacionadas entre sí y que la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, las cuales aumentan la capacidad para hacer más investigación científica. En contraste, la frase ingenua 10411a tiene el índice actitudinal más negativo (-0,1580), y afirma que la ciencia es la base de los avances tecnológicos. Las frases plausibles de ambos ítems mostraron índices positivos. La tendencia positiva de los índices sugiere que el estudiantado ha mostrado una actitud global favorable acerca de la relación ciencia y tecnología, aunque la identificación de numerosas ideas plausibles indica que también tiene contradicciones y falta de claridad para definir adecuadamente esta relación.

**Tabla Nº 67. Estadística descriptiva de los índices actitudinales del estudiantado para cada frase e ítem y por categorías correspondientes a la quinta categoría**

Ítems	Frases	Categoría	Promedio muestra	Índice categoría adecuada	Índice categoría plausible	Índice categoría ingenua	Índice global ponderado	Índice global promedio
10411	10411a	I	-0,1580					
	10411b	A	0,3608					
	10411c	A	0,2665					
	10411d	I	0,0377					
	10411e	P	0,0991					
				0,3136	0,0991	-0,0601	0,1175	0,1212
10211	10211a	P	0,2170					
	10211b	I	-0,1392					
	10211c	P	0,1462					
	10211d	P	0,0849					
	10211e	P	0,0849					
	10211f	P	0,1415					
	10211g	A	0,1840					
	10211h	P	0,1934					
				0,1840	0,1446	-0,1392	0,0631	0,1140

El análisis específico de las frases de cada ítem aportará información más precisa acerca de las actitudes del estudiantado hacia las ideas que exponen.

▪ **Ítem10411**

La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil ver como la tecnología podría ayudar a la ciencia	I	-0,1580
b.-Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.	A	0,3608
c.-Porque aunque son diferentes, actualmente están unidas tan estrechamente que es difícil separarlas.	A	0,2665
d.-Porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver como la ciencia puede ayudar a la tecnología.	I	0,0377
e.-Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.	P	0,0991

El ítem se compone de cinco frases, dos adecuadas, dos ingenuas y una plausible. El ítem hace referencia a la relación entre la ciencia y la tecnología. Las dos frases adecuadas tienen los índices actitudinales más altos. La frase plausible tiene un índice actitudinal positivo y cercano a cero. Respecto las dos frases ingenuas, la 10411a tiene un índice actitudinal negativo y la 10411e, un índice actitudinal positivo y bajo.

La evidencia sugiere que los puntos fuertes en la actitud del estudiantado vienen dados por la identificación positiva de las dos ideas adecuadas, que enfatizan la relación entre ciencia y tecnología y reconocen que son dos conocimientos diferentes. Esta tendencia positiva se refuerza, aunque muy débilmente, por la capacidad para reconocer la idea ingenua y plausible, que respectivamente enfatizan que la tecnología es la base de los avances científicos y que ciencia y tecnología son una misma forma de conocimiento.

En este ítem, la actitud global del estudiantado se compone de ideas adecuadas acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología. Sin embargo, también hay actitudes basadas en ideas más ambiguas, que tienden a señalar que la ciencia y la tecnología son similares o bien tienen dependencia una de la otra. De esta manera, se observa que el estudiantado tiene algún grado de comprensión de la relación entre la ciencia y la tecnología, pero la evidencia indica que hay deficiencias en reconocer las diferencias en la naturaleza de ambas formas de conocimiento.

▪ **Ítem 10211**

Definir qué es la tecnología puede resultar muy difícil, porque ésta sirve para muchas cosas. Pero la tecnología PRINCIPALMENTE es:	Categoría	Índice actitudinal
a.-Muy parecida a la ciencia	P	0,2170
b.-La aplicación de la ciencia	I	-0,1392
c.-Nuevos procesos, instrumentos, maquinarias ,herramientas, aplicaciones, artilugios, ordenadores, o aparatos prácticos para el uso de cada día.	P	0,1462
d.-Robots, electrónica, ordenadores, sistemas de comunicación, automatismos, máquinas	P	0,0849
e.-Una técnica para construir cosas o una forma de resolver problemas prácticos	P	0,0849
f.-Inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores y vehículos espaciales)	P	0,1415
g.-Ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas; para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores, y para el progreso de la sociedad.	A	0,1840
h.-Saber cómo hacer cosas (por ejemplo, instrumentos, maquinarias, aparatos).	P	0,1934

El ítem se compone de ocho frases, seis plausibles, una ingenua y una adecuada. El ítem hace referencia a la definición de tecnología. La única frase adecuada tiene un índice actitudinal positivo 10211g. Las seis frases plausibles tienen índices actitudinales positivos, entre éstos la frase 10211a tiene el índice más positivo del ítem. En contraste, la única frase ingenua ha mostrado un índice actitudinal negativo. El ítem tiene una mayoría de frases positivas, aunque con valores bajos. Así, hay una tendencia favorable y débil en la actitud del estudiantado para la definición de tecnología.

La evidencia sugiere que la tendencia general es menos positiva de lo que señala el índice actitudinal global. El punto fuerte en la actitud lo aporta la identificación positiva de la idea adecuada, que menciona algunas características generales de la tecnología sin dar cuenta de su verdadera naturaleza. A la vez, la identificación positiva de las ideas plausibles, aunque suponen un refuerzo, se ha de considerar que no aportan una idea clara del aspecto. También, la identificación negativa de la idea ingenua, que afirma que la tecnología es aplicación de la ciencia, debilita aún más la tendencia de la actitud global. Toda esta evidencia indicaría que el estudiantado puede reconocer aspectos generales de la tecnología, pero tiene deficiencias importantes en el conocimiento de sus fines, objetivos y de su relación con la ciencia. Finalmente, estas actitudes sugieren que el estudiantado no posee una clara comprensión de la naturaleza de la tecnología y la diferencia con la ciencia.

## ***6.2 Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado***

En este apartado se presentan los resultados de los análisis de las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos. Para la selección de las frases con las puntuaciones más elevadas se ha considerado como exigencia que los índices se encuentren encima de la media muestral en más de una desviación típica. En cambio, para la selección de las frases con las puntuaciones más bajas se ha considerado como exigencia que los índices tengan una media inferior a la media muestral en una desviación típica. Se ha considerado que las puntuaciones más positivas corresponderían a las actitudes más favorables del profesorado y estudiantado acerca del aspecto de la naturaleza de la ciencia que mencionan, y, por el contrario, las puntuaciones más bajas corresponderían a las actitudes más ingenuas. Este conjunto de frases representarían las tendencias más claras en las actitudes del profesorado y estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia medidos en el cuestionario.

A continuación se exponen los resultados de los análisis descritos más arriba para el profesorado y el estudiantado. Estos resultados se presentan del mismo modo que los resultados de las actitudes, por categoría y muestra. En segundo término se presenta una síntesis del conjunto de frases que representarían la tendencia en las actitudes del profesorado y estudiantado sobre los cinco aspectos de la naturaleza de la ciencia.

### ***6.2.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa***

En este apartado se exponen los resultados del análisis de las frases de la primera categoría que mostraron los índices actitudinales más positivos y más negativos en el profesorado y en el estudiantado.

#### ***A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado***

**A.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 68 muestra las frases que mostraron los índices actitudinales más positivos y representarían las actitudes más favorables del profesorado sobre las ideas relacionadas con la naturaleza tentativa de la ciencia.

Del análisis se obtuvieron trece frases que han cumplido con el criterio de superar el valor de la media muestral en una desviación típica (0,3447). Las frases pertenecen a nueve ítems aunque los más representados son los ítems 10111, 90521, 90651, y 90711. Los tres primeros ítems forman parte de la primera subcategoría, que hace referencia a la ciencia como un conocimiento dinámico sujeto a cambio y revisión, y el cuarto ítem forma parte de la segunda subcategoría, que alude al rol de los hechos empíricos.

Hay diez frases adecuadas y tres frases ingenuas, y no hay frases plausibles. A su vez, las frases 90651d y 20821f con índices de 0,6340 y 0,5900, respectivamente mostraron los índices más elevados y representarían las actitudes más adecuadas del profesorado. La primera frase alude al papel de los errores en la ciencia y la segunda a la influencia que tiene la sociedad en la ciencia por los aportes económicos que realiza para el desarrollo de la actividad científica.

**Tabla Nº 68. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la primera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
10111b	A	0,4400	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodean (materia, energía y vida).
10113f	A	0,5220	Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.
20211e	A	0,5220	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque, si lo hacen, las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieren afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por las empresas).
20821f	A	0,5900	La sociedad influye en la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.
70221b	A	0,4520	Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría se haya comprobado con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
90411b	A	0,4740	Porque el conocimiento antiguo se reinterpreta a la luz de los nuevos descubrimientos, por tanto los hechos científicos pueden cambiar.

90521d	A	0,4880	Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.
90651d	A	0,6340	Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
90711a	A	0,4160	Las predicciones NUNCA son seguras, porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.
90711c	A	0,4000	Las predicciones NUNCA son seguras, porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada.
10111i	I	0,5320	No se puede definir la ciencia.
90521b	I	0,4700	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas, en caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90651a	I	0,3500	Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.

### A.2) Índices actitudinales más negativos

La tabla 69 expone las once frases que han cumplido con el criterio de tener un índice actitudinal con un valor inferior al de la media muestral en una desviación típica (-0,1273). Ningún índice superó la exigencia de tener un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,3658).

Hay cinco frases plausibles y seis frases ingenuas, y no hay frases adecuadas. Se encuentran representados ocho ítems de la categoría y los más referidos son los ítems 20211, 20821, y 70721. El ítem 70721 forma parte de la primera subcategoría, que hace referencia a la ciencia como un conocimiento dinámico y sujeto a cambio. Los otros dos ítems, 20211 y 20821 son de la cuarta subcategoría, y aluden a la influencia de los factores sociales y culturales en la dirección y productos de la investigación científica.

Estas frases revelan las actitudes más ingenuas del profesorado sobre la naturaleza tentativa de la ciencia. El profesorado mostró una fuerte identificación con frases plausibles, que sugiere contradicciones y falta de claridad sobre las ideas que exponen. También se ha identificado con ideas ingenuas, que aluden al método científico como el principal proceso de la ciencia, y presentó una marcada tendencia a identificar a la

ciencia como una actividad objetiva y ajena a la influencia de la sociedad y de las empresas privadas.

**Tabla Nº 69. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la primera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
20211d	P	-0,2000	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque, si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).
20211f	P	-0,2920	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque los descubrimientos importantes y trascendentales que benefician a los ciudadanos requieren un ejercicio de la ciencia sin limitaciones de nadie.
20821e	P	-0,2800	La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.
90411a	P	-0,2160	El conocimiento científico cambia, porque los científicos más jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes o para detectar errores en la investigación original "correcta".
90521c	P	-0,1440	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, porque los científicos hacen investigaciones para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar su trabajo.
10113b	I	-0,3120	El método científico.
20821b	I	-0,1800	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
70221a	I	-0,1700	Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría apoyarse adecuadamente y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.
70711f	I	-0,1500	El país NO marca diferencias, porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
70721a	I	-0,2640	Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo, porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.
70721e	I	-0,2660	Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente, porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.

***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

**B.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 70 expone las ocho frases con los índices actitudinales más altos y positivos, que han cumplido con el requisito de superar a la media muestral en una desviación típica (0,3235). A la vez, dos de estas frases han superado el valor de la media muestral en dos desviaciones típicas (0,5637).

**Tabla N° 70. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la primera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
10111b	A	0,3797	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodean (materia, energía y vida).
90651d	A	0,6887	Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
10113f	A	0,4080	Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.
90711a	A	0,6250	Las predicciones NUNCA son seguras, porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.
91121a	A	0,3844	Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos, porque las ideas científicas pueden interpretarse de manera diferente en un campo que en otro.
70221b	A	0,4693	Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría se haya comprobado con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
20821f	A	0,3325	La sociedad influye en la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.
20211e	A	0,5377	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque, si lo hacen, las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieren afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por las empresas).

Estas frases, todas adecuadas, representarían las actitudes del estudiantado que son más acordes con las ideas que aluden a la naturaleza tentativa de la ciencia. Las frases se distribuyen equitativamente entre las cuatro subcategorías. El índice más elevado lo ha mostrado la frase 90651d y representaría un reconocimiento del estudiantado que la ciencia no es absoluta y está sujeta a revisión. Esta actitud se refuerza con la identificación de la idea que enfatiza el papel de las predicciones científicas representada en la frase 90711a.

## B.2) Índices actitudinales más negativos

La tabla 71 expone las doce frases con los índices más bajos y negativos que han cumplido con la exigencia de tener un índice menor a la media muestral en una desviación típica (-0,1569). Ningún índice superó la exigencia de tener un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,3971).

**Tabla N° 71. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la primera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
90521a	I	-0,3538	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.
90521b	I	-0,3019	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, en caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90651a	I	-0,2005	Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.
90651b	I	-0,3467	Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la técnica avanzará más de prisa.
70721a	I	-0,3538	Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo, porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.
70721e	I	-0,3231	Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente, porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.
90411d	I	-0,2382	El conocimiento científico cambia. El conocimiento científico PARECE cambiar, porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.
10113d	I	-0,1816	El uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.
70221a	I	-0,3184	Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría apoyarse adecuadamente y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.
70711f	I	-0,1745	El país NO marca diferencias, porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
20821b	I	-0,1840	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
20211d	P	-0,1934	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).

Estas frases con los índices actitudinales más bajos representarían las actitudes menos favorables del estudiantado sobre la naturaleza tentativa de la ciencia. Hay doce frases, once son ingenuas y una es plausible. No hay frases adecuadas. Están representados nueve ítems y la mayor frecuencia es para los ítems 90521, 90651 y 7072. Las subcategorías uno y cuatro son las más representadas y aluden respectivamente a la idea de la ciencia como un conocimiento dinámico y sujeto a cambio, y a la influencia que tiene la cultura y los factores sociales en la dirección y productos de la ciencia. La frase ingenua 90521a tiene el índice actitudinal más negativo (-0,3538) y alude a la idea de verdad de las predicciones científicas.

**6.2.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica**

En este apartado se presentan las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado acerca de la multiplicidad metodológica de la ciencia.

**A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado****A.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 72 expone las tres frases con los índices actitudinales más positivos, que cumplen con el requisito de superar a la media muestral en una desviación típica (0,2654). Ningún índice actitudinal de esta categoría superó la exigencia de ser igual o mayor que la media muestral en dos desviaciones típicas (0,5183), lo que sugiere una tendencia débil en la actitud del profesorado para reconocer las ideas más adecuadas acerca de la metodología científica.

**Tabla Nº 72. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la segunda categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
90611a	I	0,4980	El método científico es el uso de procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.
90611b	I	0,3240	El método científico es registrar datos cuidadosamente.
90621c	A	0,3940	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por lo tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.

Las frases obtenidas en este análisis representarían las actitudes más positivas acerca de la metodología científica. La identificación de la frase adecuada, 90621c, indicaría la actitud más adecuada del profesorado sobre este aspecto, débilmente reforzada por la actitud positiva hacia las dos ideas ingenuas, aunque, sin embargo, refuerza la visión tradicional sobre la metodología científica.

**A.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 73 expone las dos frases de la categoría que mostraron los índices más negativos, que han cumplido con la exigencia de tener un valor menor a la media muestral en una desviación típica (-0,2404). Ningún índice

superó la exigencia de tener un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,4933).

**Tabla Nº 73. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la segunda categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
90611g	P	-0,3240	El método científico es plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.
90611j	A	-0,4040	El método científico es considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente un método científico.

La frase adecuada ha mostrado el índice más negativo, lo que evidencia y refuerza la actitud más ingenua que parece tener el profesorado acerca de la metodología científica, enfatizada por la visión que señala la existencia del método científico universal. Esta actitud se refuerza con la identificación negativa de la idea plausible, lo que contribuye a considerar que hay deficiencias en el conocimiento y comprensión de nuevos modelos o visiones sobre la ciencia y su metodología.

***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

En este apartado se presenta una síntesis de las actitudes más positivas y más negativas del estudiantado hacia los aspectos relacionados con la metodología científica.

**B.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 74 expone las dos frases con los índices actitudinales más positivos y que cumplen con el requisito de superar a la media muestral en una desviación típica muy baja (0,095).

Estas frases representarían las actitudes del estudiantado más acordes acerca de la metodología científica. La frase adecuada 90621c fue la única que superó la exigencia de ser igual o mayor que la media muestral en dos desviaciones típicas (0,2922), y sugiere una actitud favorable del estudiantado hacia la idea que enfatiza la influencia de las características personales de los científicos, como la originalidad y la

creatividad en la actividad científica. El estudiantado también ha identificado positivamente las dos ideas plausibles sobre el método científico, contribuyendo, aunque débilmente, a la actitud.

**Tabla Nº 74. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la segunda categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
90611h	P	0,2311	El método científico es una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.
90621c	A	0,2948	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos tendrán originalidad y creatividad.

**B.2) Índices actitudinales más negativos del estudiantado**

La tabla 75 expone las frases con los índices actitudinales más negativos, que han cumplido con la exigencia de tener un valor menor a la media muestral en una desviación típica (-0,2994). Ningún índice superó la exigencia de tener un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,4966).

**Tabla Nº 75. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la segunda categoría**

Frase	Categorías	Índice	Texto de la frase
90611d	I	-0,3608	El método científico es obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.
90611e	I	-0,4269	El método científico es comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.
90611f	I	-0,3137	El método científico es postular una teoría y después crear un experimento para probarla.

Las tres frases ingenuas del ítem 90611 representarían las actitudes más ingenuas del estudiantado sobre la metodología científica. Esta evidencia refuerza la tendencia muy débil que se ha observado en el análisis de las frases más adecuadas.

**6.2.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica**

**A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado**

En este apartado se exponen los resultados con las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado para las ideas de esta categoría según el análisis de la media muestral y la desviación típica.

**A.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 76 expone las dos frases con los índices actitudinales que han superado a la media muestral en una desviación típica (0,3999). Ninguna de las frases superó a la media muestral en dos desviaciones típicas (0,7060).

**Tabla Nº 76. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la tercera categoría**

Frase	Categorías	Índice	Texto de las frases
90311d	A	0,5520	Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar confusión en su trabajo.
90311e	A	0,5820	Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.

Estas dos frases adecuadas representarían las actitudes más favorables del profesorado sobre la inferencia en la actividad científica. Específicamente, la actitud más acorde del profesorado corresponde con la idea de la frase 90311e, que afirma la ciencia es susceptible de cambiar debido a nuevas formas de interpretar los descubrimientos.

**A.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 77 expone las dos frases con los índices actitudinales inferiores a la media muestral en una desviación típica (-0,2113). Ningún índice mostró un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones

típicas (-0,5186). Hay dos frases ingenuas con los índices actitudinales más negativos, y ambas pertenecen al ítem 90111.

**Tabla Nº 77. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la tercera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
90111b	I	-0,2440	Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.
90111c	I	-0,2260	Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes, sus observaciones serán similares.

Estas dos frases representarían las actitudes menos acordes del profesorado en relación con el rol de la observación y la inferencia en la ciencia, ya que enfatizan la objetividad de las observaciones científicas sin tener en cuenta la influencia de otras numerosas variables que afectan estos procesos de la ciencia.

***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

En este apartado se exponen las frases con los índices actitudinales más positivos y negativos de la categoría, y representarían las actitudes más acordes y menos acordes del estudiantado según el análisis de la media muestral y la desviación típica.

**B.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 78 expone las dos frases adecuadas que mostraron los índices actitudinales que han superado el valor de la media muestral en una desviación típica (0,2929). Ningún índice superó el valor de la media muestral en dos desviaciones típicas (0,5110).

**Tabla Nº 78. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la tercera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
90311d	A	0,3679	Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar confusión en su trabajo.
90311f	A	0,3538	Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de

			acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.
--	--	--	---

Estas dos frases representarían las actitudes más favorables del estudiantado acerca del rol de la observación y la inferencia en la ciencia. Ambas frases enfatizan el acuerdo de la comunidad científica sobre los sistemas y la naturaleza relativa de la clasificación, debido a la influencia de las percepciones y teorías de los científicos.

**B.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 79 expone las frases de la categoría que mostraron los índices actitudinales inferiores a la media muestral en una desviación típica (-0,1433). Ningún índice mostró un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,3614).

**Tabla Nº 79. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la tercera categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
90111c	I	-0,1863	Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes, sus observaciones serán similares.
90311a	I	-0,1840	Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.
90311b	I	-0,1792	Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.

Estas frases representarían las actitudes más ingenuas del estudiantado acerca del rol de la observación y la inferencia en la ciencia. Estas frases enfatizan la objetividad de las observaciones científicas y, en contraste, desestiman la influencia de las teorías y de las características de los científicos en la observación de los hechos.

La evidencia aportada por el análisis de los índices de esta categoría revela que el estudiantado tiene contradicciones importantes sobre estos aspectos, ya que reconocen tanto la subjetividad como la objetividad de la ciencia y de los científicos.

**6.2.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas**

En este apartado se exponen los índices actitudinales más positivos y negativos del profesorado y estudiantado relativos al rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

**A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado**

**A.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 80 expone las cuatro frases, tres adecuadas y una ingenua, cuyos índices actitudinales han superado la media muestral en una desviación típica (0,2577). Sólo la 90631d (0,4252), superó el valor de la media muestral en dos desviaciones típicas (0,5154).

**Tabla Nº 80. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la cuarta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
91011e	A	0,2740	Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.
90631c	A	0,3940	Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso, también hay un parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
90631d	A	0,4260	Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
90631e	I	0,2780	La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.

Estas cuatro frases representarían las actitudes del profesorado más acordes sobre el rol y la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas. La actitud más favorable se correspondería con la idea adecuada que afirma que, aunque la casualidad puede tener un rol en los descubrimientos científicos, la mayoría de las veces estos resultan del cúmulo de muchas investigaciones construidas una sobre otra a partir de los conocimientos nuevos que aportan cada una.

**A.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 81 expone las cuatro frases cuyos índices actitudinales tienen un valor inferior a la media muestral en una desviación típica (-0,0773). Ningún índice mostró un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,2448).

**Tabla Nº 81. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la cuarta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
91011b	I	-0,1700	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
91011f	I	-0,0800	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.
90511a	I	-0,0800	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90511b	I	-0,0980	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.

Estas cuatro frases representarían las actitudes más ingenuas del profesorado sobre la naturaleza de las hipótesis, teorías y las leyes científicas. Estas afirmaciones se sustentan en ideas tradicionales, que enfatizan que los científicos descubren las hipótesis, teorías y leyes; el papel central que tiene la experimentación y la idea que una hipótesis puede derivar en teoría y ésta en una ley como consecuencia de la experimentación y múltiples comprobaciones.

La evidencia aportada por el análisis de los índices de esta categoría muestra que el profesorado tiene ideas contradictorias e incluso opuestas sobre un mismo aspecto de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

En este apartado se exponen las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas.

**B.1) Índices actitudinales más positivos**

La tabla 82 expone las tres frases, dos adecuadas y una plausible, cuyos índices actitudinales han superado la media muestral en una desviación típica (0,2175).

**Tabla Nº 82. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la cuarta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
90631c	A	0,3255	Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso, también hay un parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
90631d	A	0,3278	Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
90631g	P	0,2264	Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones, porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.

No hay frases con índices actitudinales superiores a la media muestral en dos desviaciones típicas (0,435). Estas frases representarían las actitudes más acordes del estudiantado sobre el rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas. En este sentido la actitud más adecuada del estudiantado se correspondería con el papel que tiene la lógica por encima de los aspectos casuales en los descubrimientos científicos.

**B.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 83 expone las tres frases ingenuas cuyos índices actitudinales mostraron un valor inferior a la media muestral en una desviación típica (-0,2079). Ningún índice mostró un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,4222).

**Tabla Nº 83. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la cuarta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
91011b	I	-0,3278	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
90511a	I	-0,3868	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta

			llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90511b	I	-0,2382	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.

Estas tres frases representarían las actitudes más ingenuas del estudiantado sobre el rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas. De acuerdo a esta evidencia la actitud más ingenua hace referencia a que por medio de la comprobación experimental es posible que una hipótesis pueda derivar en teoría, y una teoría, una vez probada múltiples veces, pueda derivar en una ley científica.

### 6.2.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología

En este apartado se exponen las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado acerca de la relación entre ciencia y tecnología. Los índices se han obtenido al contrastar las medias de los índices de las frases con la media muestral y la desviación típica.

#### A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado

##### A.1) Índices actitudinales más positivos

La tabla 84 expone las dos frases, adecuada e ingenua, con los índices actitudinales que han superado a la media muestral en una desviación típica (0,3747). No hay frases con índices actitudinales que superan a la media muestral en dos desviaciones típicas (0,6259).

**Tabla Nº 84. Frases con los índices actitudinales iguales o superiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la quinta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de las frases
10411b	A	0,5380	Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.
10411d	I	0,4360	Porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver como la ciencia puede ayudar a la tecnología.

Estas frases representarían las actitudes más favorables del profesorado acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología. Ambas actitudes evidencian el reconocimiento de la aplicación práctica de la ciencia. En este sentido, la actitud más adecuada se vincula con identificación que la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, que permiten incrementar la capacidad para realizar investigación científica.

### A.2) Índices actitudinales más negativos

La tabla 85 muestra las tres frases, dos plausibles y una ingenua, con los índices actitudinales, que tienen un valor inferior a la media muestral en una desviación típica (-0,1277). Ningún índice exhibe un valor inferior a la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,3789).

**Tabla Nº 85. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del profesorado para la quinta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
10411e	P	-0,2920	Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.
10211a	P	-0,1600	La tecnología es muy parecida a la ciencia.
10211b	I	-0,2940	La tecnología principalmente es la aplicación de la ciencia.

Estas tres frases representarían las actitudes más ingenuas del profesorado sobre la relación entre la ciencia y la tecnología. Estas actitudes ingenuas aluden a una supuesta similitud entre la ciencia y la tecnología y a un reconocimiento de que la tecnología es la aplicación de la ciencia.

Dada esta evidencia, y a la aportada por el análisis de los índices actitudinales más positivos, se puede afirmar que el profesorado tiene una noción general adecuada y, a la vez, contradicciones, que dejan ver la presencia de ideas ingenuas que forman parte de las visiones deformadas sobre este aspecto.

***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

En este apartado se exponen las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado sobre la relación entre la ciencia y la tecnología.

**B.1) Índices actitudinales más positivos**

En esta categoría ningún índice actitudinal superó el valor de la media muestral en una desviación típica (0,2621). Esta tendencia sugiere que el estudiantado no ha tenido el conocimiento ni la comprensión para identificar las ideas más adecuadas sobre la relación entre la ciencia y la tecnología, así como también un desconocimiento de los aspectos fundamentales de la naturaleza de la tecnología.

**B.2) Índices actitudinales más negativos**

La tabla 86 expone la frase que mostró un índice actitudinal inferior al de la media muestral en una desviación típica (-0,0285). Ningún índice actitudinal mostró un valor inferior al de la media muestral en dos desviaciones típicas (-0,1738).

**Tabla Nº 86. Frases con los índices actitudinales iguales o inferiores en una desviación típica de la media muestral del estudiantado para la quinta categoría**

Frase	Categoría	Índice	Texto de la frase
10211b	I	-0,1392	La tecnología principalmente es la aplicación de la ciencia

Esta única frase representaría la actitud más ingenua del estudiantado sobre la relación entre la ciencia y la tecnología al considerar que la tecnología es la aplicación de la ciencia.

La evidencia aportada por el análisis de los índices de esta categoría muestra que en el estudiantado hay deficiencias en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la propia ciencia y de la tecnología. La actitud ingenua más evidente deja ver la influencia de una visión deformada muy común, que enfatiza que la tecnología es la aplicación de la ciencia.

### ***6.3 Síntesis de las frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia***

En este apartado se presenta la síntesis de los resultados de los análisis de las medias y las desviaciones típicas de los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado y estudiantado. En primer término se expone el conjunto de frases positivas y negativas del profesorado y en segundo término las del estudiantado.

#### ***A) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del profesorado***

Se exponen las frases con los índices actitudinales que mostraron los valores más positivos y más negativos según el análisis de la desviación típica y la media muestral.

##### **A.1) Frases con los índices actitudinales más positivos**

La tabla 87 muestra la distribución de las veinticuatro frases con los índices actitudinales más positivos de las cinco categorías de la naturaleza de la ciencia. Hay trece frases de la primera categoría, para la segunda tres, para la tercera dos, para la cuarta cuatro, y para la quinta dos.

**Tabla Nº 87. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más positivos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Categorías	Frecuencia de frases
1. La ciencia es de naturaleza tentativa	13
2. Multiplicidad metodológica	3
3. Rol de la observación y la inferencia científica	2
4. Rol de las Hipótesis, teorías y leyes científicas	4
5. Relación ciencia y tecnología	2
Total	24

A su vez, la tabla 88 muestra el conjunto de frases con los índices actitudinales más positivos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia.

**Tabla Nº 88. Frases con los índices actitudinales más positivos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Frase	Categoría	Índice	Categorías de la naturaleza de la ciencia
			<b>1. La ciencia es de naturaleza tentativa</b>
10111b	A	0,4400	Definir qué es la ciencia es difícil, porque es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia principalmente es un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodean (materia, energía y vida).
10111i	I	0,5320	No se puede definir la ciencia.
90521b	I	0,4700	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas, en caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90521d	A	0,4880	Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.
90651a	I	0,3500	Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.
90651d	A	0,6340	Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
90411b	A	0,4740	Porque el conocimiento antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.
10113f	A	0,5220	Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.
90711a	A	0,4160	Las predicciones NUNCA son seguras porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.
90711c	A	0,4000	Las predicciones NUNCA son seguras porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada.
70221b	A	0,4520	Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría haya sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
20821f	A	0,5900	La sociedad influye en la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.
20211e	A	0,5220	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque, si lo hacen, las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieren afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por las empresas).
			<b>2. Multiplicidad Metodológica</b>
90611a	I	0,4980	El método científico es el uso de procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.
90611b	I	0,3240	El método científico es registrar datos cuidadosamente.

90621c	A	0,3940	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por lo tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.
			<b>3. Rol de la observación y de la inferencia científicas</b>
90311d	A	0,5520	Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar confusión en su trabajo.
90311e	A	0,5820	Podrían existir otras formas correctas de clasificar la naturaleza, porque la ciencia es susceptible de cambiar y los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones.
			<b>4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas</b>
91011 e	A	0,2740	Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.
90631c	A	0,3940	Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso también hay una parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
90631d	A	0,4260	Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
90631e	I	0,2780	La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre otra.
			<b>5. Relación Ciencia y Tecnología</b>
10411b	A	0,5380	Porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.
10411d	I	0,4360	Porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver como la ciencia puede ayudar a la tecnología.

**A.2) Frases con los índices actitudinales más negativos**

Del análisis se han obtenido veintidós frases con los índices actitudinales más negativos. La tabla 89 muestra la frecuencia de frases por categoría de la naturaleza de la ciencia. Se observa que el 50 % de las frases corresponden a la primera categoría y las otras cuatro categorías están presentes en una proporción variada.

**Tabla Nº 89. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más negativos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Categoría	Frecuencia de frases
1. La ciencia es de naturaleza tentativa	11
2. Multiplicidad metodológica	2
3. Rol de la observación y la inferencia científica	2
4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas.	4

5. Relación ciencia y tecnología	3
Total	22

En la tabla 90 se presenta el conjunto de frases con los índices actitudinales más negativos para cada categoría de la naturaleza de la ciencia.

**Tabla Nº 90. Frases con los índices actitudinales más negativos del profesorado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Frases	Categorías	Índice	Categoría de la naturaleza de la ciencia
			<b>1. La ciencia es de naturaleza tentativa</b>
90521c	P	-0,1440	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, porque los científicos hacen investigaciones para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar su trabajo.
70721a	I	-0,2640	Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo, porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.
70721e	I	-0,2660	Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente, porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.
90411a	P	-0,2160	El conocimiento científico cambia: porque los científicos más jóvenes desapruueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes o para detectar errores en la investigación original “correcta”.
10113b	I	-0,3120	El método científico.
70221a	I	-0,1700	Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.
70711f	I	-0,1500	El país NO marca diferencias, porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
20821b	I	-0,1800	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
20821e	P	-0,2800	La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.
20211d	P	-0,2000	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).
20211f	P	-0,2920	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque los descubrimientos importantes y trascendentales que benefician a los ciudadanos requieren un ejercicio de la ciencia sin limitaciones de nadie.
			<b>2. Multiplicidad metodológica</b>
90611g	P	-0,3240	El método científico es plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.
90611j	A	-0,4040	El método científico es considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente un método científico.

			<b>3. Rol de la observación y la inferencia científica.</b>
90111b	I	-0,2440	Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.
90111c	I	-0,2260	Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.
			<b>4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas</b>
91011b	I	-0,1700	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
91011f	I	-0,0800	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, depende en cada caso; las leyes se descubren y las teorías e hipótesis se inventan.
90511 <sup>a</sup>	I	-0,0800	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90511b	I	-0,0980	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.
			<b>5. Relación ciencia y tecnología</b>
10411e	P	-0,2920	Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.
10211 <sup>a</sup>	P	-0,1600	La tecnología principalmente es muy parecida a la ciencia.
10211b	I	-0,2940	La tecnología principalmente es la aplicación de la ciencia.

La figura 28 representa el perfil de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. Este perfil se ha elaborado en base a los índices actitudinales más positivos y más negativos. Esta distribución sugiere que el profesorado ha identificado positivamente y negativamente una proporción muy similar de frases sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia que se consideraron en este estudio. En las categorías cuatro y cinco se observa una mayor presencia de índices actitudinales negativos, situándose éstos por encima de los índices más positivos. Esta evidencia indica que el profesorado ha tenido más facilidad para identificar los aspectos adecuados sobre la naturaleza tentativa de la ciencia, y una identificación muy equitativa de aspectos adecuados e ingenuos sobre la metodología científica y el rol de la observación e inferencia. En cambio, hubo mayor dificultad para identificar aspectos adecuados sobre la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas, y sobre la relación entre la ciencia y la tecnología.

**Figura N° 28. Patrón de distribución de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia**



***B) Frases con los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado***

En este apartado se presenta el conjunto de frases que han mostrado los índices actitudinales más positivos y más negativos del estudiantado para las distintas categorías de la naturaleza de la ciencia.

**B.1) Frases con los índices actitudinales más positivos**

Del análisis se obtuvieron quince frases con los índices actitudinales más positivos. La mayor proporción de frases se concentra en la primera categoría, seguida de la categoría cuatro, y de las categorías dos y tres, que tienen un porcentaje similar de frases. La categoría cinco, que alude a

la relación entre la ciencia y la tecnología, no tiene ninguna frase representada en este grupo (Tabla 91).

**Tabla Nº 91. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más positivos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Categorías	Frecuencia de frases
1.La ciencia es de naturaleza tentativa	8
2.Multiplicidad metodológica	2
3.Rol de la observación y la inferencia científica	2
4.Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas	3
5.Relación ciencia y tecnología	0
Total	15

En la tabla 92 se muestra el conjunto de frases con los índices actitudinales más positivos por cada categoría de la naturaleza de la ciencia.

**Tabla Nº 92. Frases con los índices actitudinales más positivos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Frases	Categoría	Índices	Categorías de la naturaleza de la ciencia
			<b>1. La ciencia es de naturaleza tentativa</b>
10111b	A	0,3797	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodean (materia, energía y vida).
90651d	A	0,6887	Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
10113f	A	0,4080	Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.
90711a	A	0,6250	Las predicciones NUNCA son seguras, porque siempre hay lugar para el error y los sucesos imprevistos que afectan a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.
91121a	A	0,3844	Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos, porque las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente en un campo que en otro.
70221b	A	0,4693	Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría haya sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
20821f	A	0,3325	La sociedad influye en la ciencia a través de subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.

20211e	A	0,5377	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque, si lo hacen, las empresas obstaculizarían la investigación de aquellos problemas importantes que las empresas no quieren afrontar (por ejemplo, la contaminación producida por las empresas).
			<b>2.Multiplicidad metodológica</b>
90611h	P	0,2311	El método científico es una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.
90621c	A	0,2948	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos tendrán originalidad y creatividad.
			<b>3.Rol de la Observación e inferencia científica</b>
90311d	A	0,3679	Existen muchas formas de clasificar la naturaleza, pero poniéndose de acuerdo en un sistema universal de clasificación, los científicos pueden evitar confusión en su trabajo.
90311f	A	0,3538	Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. Los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías. La ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa. Por tanto, los científicos podrían usar más de un esquema de clasificación.
			<b>4.Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas</b>
90631c	A	0,3255	Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso, también hay un parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
90631d	A	0,3278	Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un resultado inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de los descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
90631g	P	0,2264	Porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que se relacionaron unos con otros de manera inesperada.

**B.2) Frases con los índices actitudinales más negativos**

Del análisis se obtuvieron veintidós frases con los índices actitudinales más negativos. La proporción más alta de frases se encuentra en la categoría uno, y comprende más del cincuenta por ciento de las frases resultantes del análisis. Las categorías dos, tres y cuatro tienen un número similar de frases con índices actitudinales más negativos. La categoría cinco está representada con una sola frase (Tabla 93).

**Tabla N° 93. Frecuencia de frases con los índices actitudinales más negativos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Categorías	Frecuencia de frases
1. La ciencia es de naturaleza tentativa.	12
2. Multiplicidad metodológica.	3

3. Rol de la observación y la inferencia científica.	3
4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes.	3
5. Relación ciencia y tecnología.	1
Total	22

En la tabla 94 se expone el conjunto de frases con los índices actitudinales más negativos para cada categoría de la naturaleza de la ciencia.

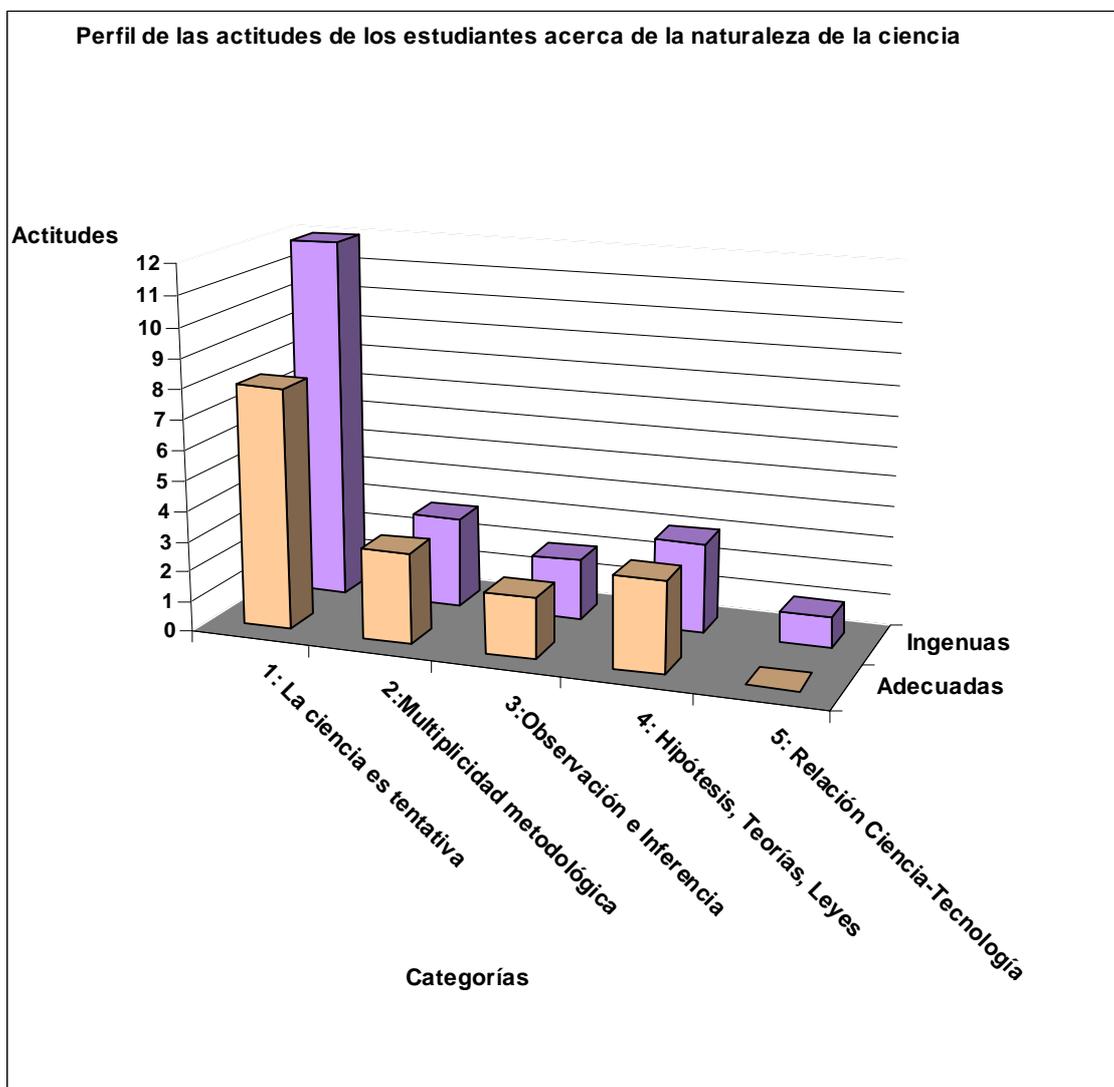
**Tabla Nº 94. Frases con los índices actitudinales más negativos del estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia**

Frase	Categoría	Índice	Categorías de la naturaleza de la ciencia
			<b>1. La ciencia es de naturaleza tentativa.</b>
90521a	I	-0,3538	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.
90521b	I	-0,3019	Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese, en caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
90651a	I	-0,2005	Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.
90651b	I	-03467	Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la técnica avanzará más de prisa.
70721ª	I	-0,3538	Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo, porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.
70721e	I	-0,3231	Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente, porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología, pero, aunque los científicos usen diferente tecnología, todos utilizan el mismo método científico.
90411d	I	-0,2382	El conocimiento científico cambia. El conocimiento científico PARECE cambiar, porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.
10113d	I	-0,1816	El uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.
70221a	I	-0,3184	Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o incluso perjudicial.
70711f	I	-0,1745	El país NO marca diferencias, porque los científicos de todos los países usan el mismo método científico, que conduce a conclusiones similares.
20821b	I	-0,1840	La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.
20211d	P	-0,1934	Las empresas NO deberían dirigir la ciencia, porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos que benefician a las empresas (por ejemplo, tener ganancias).

			<b>2. Multiplicidad metodológica</b>
90611d	I	-0,3608	El método científico es obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.
90611e	I	-0,4269	El método científico es comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.
90611f	I	-0,3137	El método científico es postular una teoría y después crear un experimento para probarla.
			<b>3. Rol de la observación y de la inferencia científica</b>
90111c	I	-0,1863	Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos crean en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.
90311a	I	-0,1840	Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos las han probado a lo largo de muchos años de trabajo.
90311b	I	-0,1792	Las clasificaciones se ajustan a cómo es realmente la naturaleza, ya que los científicos usan las características observables cuando clasifican.
			<b>4. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas</b>
91011b	I	-0,3278	Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas, porque las leyes, hipótesis y teorías se basan en hechos experimentales.
90511a	I	-0,3868	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado como verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante mucho tiempo, ésta se convierte en ley.
90511b	I	-0,2382	Porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existen pruebas que la apoyan es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parece ser esencialmente correcta, es suficiente para que llegue a ser una ley.
			<b>5. Relación Ciencia y Tecnología</b>
10211b	I	-0,1392	La tecnología principalmente es la aplicación de la ciencia

La figura 29 muestra el patrón de distribución de los índices actitudinales del estudiantado en las cinco categorías de la naturaleza de la ciencia. Esta evidencia muestra un perfil de las actitudes conformado por actitudes adecuadas e ingenuas, pero con una tendencia notoria en este último sentido. Las actitudes ingenuas son claras en los aspectos de la naturaleza de la ciencia, que aluden a la naturaleza tentativa de la ciencia, y a la relación entre la ciencia y la tecnología. En cambio las actitudes para los aspectos relacionados con la metodología científica, el rol de la observación e inferencia y la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas se componen de ideas adecuadas e ingenuas, pero con contradicciones importantes, que sugieren falta de información y comprensión de los temas metacientíficos que se estudian.

**Figura N° 29. Patrón de distribución de las actitudes del estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia**



De esta manera concluimos con la presentación de los resultados del análisis cuantitativo de las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. En el siguiente capítulo se exponen los resultados del análisis de correlación de los índices actitudinales globales con características del profesorado en cuanto a edad, estudios de segundo y tercer ciclo y experiencia docente.

## ***CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LAS ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROFESORADO***

En este capítulo se presentan los resultados derivados de los análisis de correlación que contrastan la correlación entre los índices actitudinales del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia y las características del profesorado: edad, estudios de segundo y tercer ciclo, y experiencia docente.

Para este análisis se utilizó la prueba de correlación de Spearman, ya que los valores de los índices actitudinales asumen un número finito de valores entre el rango de +1 y -1.

### ***7.1 Hipótesis de trabajo para correlacionar las actitudes del profesorado con la edad, estudios de segundo y tercer ciclo y la experiencia docente***

Se contrastan tres hipótesis para probar el grado de correlación entre los índices actitudinales acerca de la naturaleza de la ciencia y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y los años de experiencia docente del profesorado.

**Hipótesis 1:** Contrasta la correlación entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y la edad del profesorado.

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Hay una asociación igual a cero entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y la edad del profesorado:

$$H_0: \rho = 0$$

- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Hay una asociación distinta de cero entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y la edad del profesorado:

$$H_1: \rho \neq 0$$

**Hipótesis 2:** Verifica la correlación entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y los estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Hay una asociación igual a cero entre la actitud del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia y los estudios de segundo y tercer ciclo:

$$H_0: \rho = 0$$

- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Hay una asociación distinta de cero entre la actitud de los profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia y los estudios de segundo y tercer ciclo:

$$H_1: \rho \neq 0$$

**Hipótesis 3:** Verifica la correlación entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y la experiencia docente del profesorado:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Hay una asociación igual a cero entre la actitud del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia y la experiencia docente:

$$H_0: \rho = 0$$

- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Hay una asociación distinta de cero entre la actitud acerca de la naturaleza de la ciencia y la experiencia docente:

$$H_1: \rho \neq 0$$

### ***7.2 Resultados de los análisis de correlación de Spearman entre los índices actitudinales globales y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado***

A continuación se presentan los resultados del análisis de correlación: primero se muestran los resultados del análisis de correlación entre el índice actitudinal global de la naturaleza de la ciencia y las tres variables en estudio; y en segundo término se muestran los resultados de

los análisis de correlación entre los índices actitudinales globales para cada categoría de la naturaleza de la ciencia y las tres variables en estudio.

### ***7.2.1 Correlación de Spearman entre el índice actitudinal global (IAG) y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente***

La tabla 95 expone los resultados del análisis de correlación entre el índice actitudinal global y la variable edad, estudios de segundo y/o tercer ciclo, y experiencia docente.

**Tabla N° 95. Resultados de la prueba de Spearman entre el índice actitudinal global y las variables edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado**

	Edad	Estudios de segundo y tercer ciclo	Experiencia docente
<b>Índice Actitudinal Global (IAG)</b>			
$\rho$ (rho Spearman)	0,091	-0,096	0,137
$\rho^2$ (Coef. determinación)	0,0082	-0,192	0,018
Sig. (Bilateral)	0,315	0,284	0,127

Respecto a:

#### **A) Edad del profesorado**

La primera hipótesis de estudio contrasta la asociación entre el índice actitudinal global y la edad del profesorado:

$$\mathbf{H_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}}$$

$$\mathbf{H_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}}$$

Con un  $\rho$  de 0,091 y un  $p > 0,05$  (0,315) se confirma que la relación entre el índice actitudinal global y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. Por lo cual, se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H_0: \rho = 0}$ , que señala que no hay una asociación significativa entre ambas variables. A la vez, el bajo coeficiente de correlación  $\rho^2 = 0,0082$  muestra que sólo el 0,82 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. De este modo, se puede concluir que la asociación entre el

índice actitudinal global y la edad del profesorado no es estadísticamente significativa.

### **B) Estudios de segundo y tercer ciclo**

La segunda hipótesis de estudio contrasta la asociación entre el índice actitudinal global y la variable estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un coeficiente de correlación bajo y negativo  $\rho = -0,096$  y un  $p > 0,05$  (0,284) se confirma que la asociación entre el índice actitudinal global y los estudios de segundo y tercer ciclo no es significativamente distinta de cero. Por lo cual, se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay una asociación significativa entre ambas variables. También, el coeficiente de determinación bajo y negativo  $\rho^2 = -0,192$  confirma que no hay una relación estadísticamente significativa entre las dos variables medidas.

### **C) Experiencia docente**

La tercera hipótesis de estudio contrasta la asociación entre el índice actitudinal global y la experiencia docente del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un coeficiente de correlación  $\rho = 0,137$  y un  $p > 0,05$  (0,127) se confirma que la asociación entre el índice actitudinal global y la experiencia docente no es significativamente distinta de cero. Por lo que se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay una asociación significativa entre ambas variables. El coeficiente de determinación  $\rho^2 = 0,018$  confirma que solo el 1,8 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables estudiadas.

**7.2.2 Correlación de Spearman entre los índices actitudinales de las categorías de la naturaleza de la ciencia con la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado**

La tabla 96 presenta los resultados de los análisis de correlación entre los índices actitudinales para cada una de las categorías de la naturaleza de la ciencia con las tres variables en estudio: edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente.

**Tabla Nº 96. Resultados de la prueba de correlación de Spearman entre los índices actitudinales para cada categoría de la naturaleza de la ciencia y la edad, los estudios de segundo y tercer ciclo, y la experiencia docente del profesorado**

Categorías de la naturaleza de la ciencia		Edad	Estudios	Experiencia docente
<b>Primera categoría:</b>	Correlación de Spearman	0,179*	0,062	0,269**
	Coef. De Determinación	0,032	0,004	0,072
	Sig. (Bilateral)	0,046	0,494	0,002
<b>Segunda categoría</b>	Correlación de Spearman	-0,059	-0,172	0,002
	Coef. De determinación	-0,118	-0,344	0,000004
	Sig. (Bilateral)	0,512	0,056	0,979
<b>Tercera categoría</b>	Correlación de Spearman	0,005	-0,084	-0,048
	Coef. De determinación	0,000025	-0,168	-0,096
	Sig. (Bilateral)	0,955	0,354	0,598
<b>Cuarta categoría</b>	Correlación de Spearman	0,060	-0,074	0,069
	Coef. De determinación	0,0036	-0,148	0,0047
	Sig. (Bilateral)	0,505	0,414	0,441
<b>Quinta categoría</b>	Correlación de Spearman	-0,098	0,053	-0,022
	Coef. De determinación	-0,196	0,0028	-0,044
	Sig. (Bilateral)	0,279	0,555	0,807

\*La correlación es significativa al 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al 0,01 (bilateral).

De este modo los resultados de los análisis de correlación para cada categoría e hipótesis muestran a continuación.

### **A) Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa**

De manera general, esta categoría reflejó un índice de 0,1316, lo que representa una tendencia favorable en la actitud, pero muy baja. A continuación se discuten los contrastes para cada característica del profesorado.

#### **A.1) Edad del profesorado**

La primera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal de esta primera categoría de análisis y la edad del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho$  de 0,179 y un  $p = 0,05$  (0,046) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. De acuerdo a estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Al mismo tiempo, el coeficiente de determinación positivo y bajo,  $\rho^2 = 0,046$ , indica que solo el 4,6 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. De este modo, se puede concluir que no hay asociación entre la actitud sobre la naturaleza tentativa de la ciencia y la edad del profesorado.

#### **A.2) Estudios de segundo y tercer ciclo**

La segunda hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y los estudios de segundo y tercer ciclo del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = 0,062$  y un  $p > 0,05$  (0,494) se confirma que la correlación entre el índice actitudinal acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y los estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la

hipótesis nula,  $H_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. A la vez, el coeficiente de determinación positivo y muy bajo,  $\rho^2 = 0,004$ , indica que solo el 0,4 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. Según estos resultados, se concluye que no hay asociación entre la actitud acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y los estudios de segundo o tercer ciclo del profesorado.

### **A.3) Experiencia docente**

La tercera hipótesis contrasta la correlación entre el índice actitudinal acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y la experiencia docente del profesorado:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (p>0,05)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (p<0,05)}$$

Con un  $\rho = 0,269$  y un  $p < 0,05$  (0,002) se confirma que la asociación entre el índice actitudinal acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y la experiencia docente del profesorado es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis alternativa,  $H_1: \rho \neq 0$  ( $p < 0,05$ ), que señala que hay una asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Por otra parte, el coeficiente de determinación,  $\rho^2 = 0,072$ , indica que un 7,2 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. Según estos resultados se concluye que existe una correlación entre la actitud acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia y la experiencia docente, pero ésta es muy baja.

## **B) Segunda categoría. Multiplicidad metodológica**

De manera general, esta categoría reflejó un índice de -0,0115, lo que representa una tendencia desfavorable en la actitud. En seguida se discuten los contrastes para cada característica del profesorado.

### **B.1) Edad del profesorado**

La primera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y la edad del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,059$  y un  $p > 0,05$  (0,512) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Al mismo tiempo, el coeficiente de determinación es negativo,  $\rho^2 = -0,118$ , de manera que con estos resultados se puede concluir que no hay asociación entre la actitud desfavorable acerca de la metodología científica y la edad del profesorado.

### **B.2) Estudios de segundo y tercer ciclo**

La segunda hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y los estudios de segundo o tercer ciclo realizados por el profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho$  de  $-0,059$  y un  $p > 0,05$  (0,512) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y los estudios de segundo y tercer ciclo no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados, se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay una asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Al mismo tiempo, el coeficiente de determinación es negativo,  $\rho^2 = -0,344$ , de manera que con estos resultados se puede concluir que no hay asociación entre la actitud acerca de la metodología científica y los estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado.

### **B.3) Experiencia docente**

La tercera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y la experiencia docente del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho$  de 0,002 y un  $p > 0,05$  (0,979) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la metodología científica y la experiencia docente no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. El coeficiente de determinación positivo y muy bajo,  $\rho^2 = 0,000004$ , indica que un 0,0004 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. Según estos resultados se concluye que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca de la metodología científica y la experiencia docente del profesorado.

### **C) Tercera categoría. Rol de la observación e inferencia científica**

Esta categoría reflejó un índice de 0,0349, lo que representa una tendencia favorable en la actitud, pero muy deficiente acerca de estos aspectos de la ciencia. A continuación se discuten los contrastes para cada característica del profesorado.

#### **C.1) Edad del profesorado**

La primera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la edad:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = 0,005$  y un  $p > 0,05$  (0,955) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados, se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. El coeficiente de determinación positivo y muy bajo,  $\rho^2 = 0,000025$ , indica que sólo un 0,0025 % de la varianza se explica por la correlación entre las dos variables. Según estos resultados se concluye que

no hay una asociación significativa entre la actitud acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la edad del profesorado.

### **C.2) Estudios de segundo y tercer ciclo**

La segunda hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y los estudios de segundo y tercer ciclo del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,084$  y un  $p > 0,05$  (0,354) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y los estudios de segundo o tercer ciclo no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , por lo que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. El coeficiente de determinación es negativo,  $\rho^2 = -0,168$ , por lo tanto no hay una asociación significativa entre la actitud acerca del rol de la observación y la inferencia científica y los estudios de segundo y/o tercer ciclo realizados por el profesorado.

### **C.3) Experiencia docente**

La tercera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la experiencia docente del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,048$  y un  $p < 0,05$  (0,598) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la experiencia docente no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos

variables. A la vez, el coeficiente de determinación negativo,  $\rho^2 = -0,096$ , permite concluir que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca del rol de la observación y la inferencia científica y la experiencia docente.

#### **D) Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas**

Esta categoría reflejó un índice de 0,1175, lo que representa una tendencia favorable en la actitud, pero muy baja acerca de estos aspectos de la ciencia. A continuación se discuten los contrastes para cada característica del profesorado.

##### **D.1) Edad del profesorado**

La primera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la edad del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,039$  y un  $p > 0,05$  (0,665) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Al mismo tiempo, el coeficiente de determinación negativo,  $\rho^2 = -0,078$ , aporta datos que permiten concluir que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la edad del profesorado.

##### **D.2) Estudios de segundo y tercer ciclo**

La segunda hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y los estudios de segundo y tercer ciclo del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,074$  y un  $p > 0,05$  (0,414) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y los estudios de segundo o tercer ciclo no es estadísticamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación significativa entre las dos variables. A la vez, el coeficiente de determinación negativo,  $\rho^2 = -0,148$ , también permite concluir que no hay una asociación significativa entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y los estudios de segundo y/o tercer ciclo realizados por el profesorado.

### **D.3) Experiencia docente**

La tercera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la experiencia docente del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = 0,069$  y un  $p > 0,05$  (0,441) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la experiencia docente no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. A la vez, el coeficiente de determinación positivo y bajo,  $\rho^2 = 0,0047$ , indica que solo un 0,47 % de la varianza se explica por la correlación entre estas dos variables. Por lo tanto, estos resultados permiten concluir que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas y la experiencia docente del profesorado.

### **E) Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología**

Esta categoría reflejó un índice de 01433, lo que representa una tendencia favorable en la actitud, pero muy baja acerca de estos aspectos de la ciencia. A continuación se discuten los contrastes para cada característica del profesorado.

#### **E.1) Edad del profesorado**

La primera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y la edad del profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,0989$  y un  $p > 0,05$  (0,279) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y la edad del profesorado no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $\mathbf{H}_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. Al mismo tiempo, con un coeficiente de determinación negativo,  $\rho^2 = -0,196$ , es posible concluir que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca de la relación ciencia y tecnología y la edad del profesorado.

#### **E.2) Estudios de segundo y tercer ciclo del profesorado**

La segunda hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y los estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado:

$$\mathbf{H}_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$\mathbf{H}_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,053$  y un  $p > 0,05$  (0,555) confirman que la relación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y los estudios de segundo o tercer ciclo no es estadísticamente distinta de cero.

Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $H_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación significativa entre las dos variables. El coeficiente de determinación positivo y muy bajo,  $\rho^2 = 0,0028$ , indica que solo un 0,28 % de la varianza se explica por la correlación entre estas dos variables. Por lo tanto, estos resultados permiten concluir que no hay una asociación significativa entre el índice actitudinal acerca de la relación entre ciencia y tecnología y los estudios de segundo y tercer ciclo realizados por el profesorado.

### **E.3) Experiencia docente del profesorado**

La tercera hipótesis contrasta la asociación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y la experiencia docente del profesorado:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (} p > 0,05 \text{)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Con un  $\rho = -0,022$  y un  $p > 0,05$  (0,807) se confirma que la relación entre el índice actitudinal acerca de la relación ciencia y tecnología y la experiencia docente no es significativamente distinta de cero. Según estos resultados se acepta la hipótesis nula,  $H_0: \rho = 0$ , que señala que no hay asociación estadísticamente significativa entre las dos variables. A la vez, con el coeficiente de determinación negativo,  $\rho^2 = -0,044$ , es posible concluir que no hay una asociación significativa entre la actitud acerca de la relación entre ciencia y tecnología y la experiencia docente del profesorado.

### ***Síntesis del capítulo***

Respecto al análisis de correlación entre los índices actitudinales globales con las tres variables en estudio no se observó correlación con ninguna de las tres variables consideradas (edad, estudios de segundo y tercer ciclo, y experiencia docente).

Con respecto a los resultados del análisis de los índices actitudinales para cada categoría de la naturaleza de la ciencia, con cada una de las tres variables (edad, estudios de segundo y tercer ciclo, y experiencia docente),

se evidenció que prácticamente no hubo correlación significativa. Sin embargo, se observó una excepción dada por la relación significativa, pero baja, entre la actitud del profesorado sobre la naturaleza tentativa de la ciencia y la experiencia docente. Esta evidencia deja ver que la experiencia docente del profesorado es una variable a tener en cuenta en el estudio de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia. Si consideramos que la experiencia docente influye en el proceder del docente en el aula, de alguna manera esta variable estaría relacionada con la actitud que mostró el profesorado acerca de las ideas que aluden a este aspecto de la ciencia, sin embargo, dada la baja correlación que se observó en este estudio, consideramos necesario realizar otros más específicos acerca de la existencia de una posible relación entre ambas variables.

## **PARTE V DISCUSIÓN DE LAS ACTITUDES ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA**

Actitudes del profesorado

Actitudes del estudiantado

Similitudes y diferencias entre las actitudes del profesorado  
y estudiantado

---

---

En este apartado V se expone la discusión de los resultados cuantitativos del análisis del cuestionario de actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia. Se discuten y contrastan los aspectos más relevantes de las actitudes mostradas por el profesorado y las actitudes del estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Asimismo se contrastan las similitudes y las diferencias entre las actitudes del profesorado y estudiantado a la luz de las ideas aportadas en cada discusión.

---

## ***CAPÍTULO 8. ACTITUDES DEL PROFESORADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA***

La evidencia indica que el profesorado mostró actitudes muy variadas sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia y con distintos grados de adecuación con los actuales planteamientos metacientíficos. La actitud global mostró una tendencia favorable, aunque esta se vio debilitada por la identificación de ideas ingenuas sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. De ahí que, a un nivel más específico, las actitudes se mostraron menos favorables y, en muchos casos, se correspondieron con las visiones ingenuas y simplistas aportadas por los antecedentes.

Para cada categoría se presenta un esquema que resume las ideas de cada ítem que el profesorado identificó positiva o negativamente. Los recuadros superiores contienen las ideas identificadas positivamente y los recuadros inferiores contienen las ideas identificadas negativamente, y que se señalan con las letras **(P)** y **(N)**, respectivamente. La ausencia de frases en cualquiera de los recuadros significa que no hubo una suficiente identificación de las ideas del ítem.

A continuación se expone la discusión de los resultados sobre las actitudes del profesorado para cada una de las categorías de la naturaleza de la ciencia.

### ***8.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa***

Esta categoría se compone de doce ítems que han permitido conocer las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza tentativa de la ciencia. Desde esta perspectiva, que se nutre de las aportaciones de la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia, la ciencia es una actividad dinámica, sujeta a cambio y a revisión, relativa, subjetiva y que está influida por el contexto sociocultural.

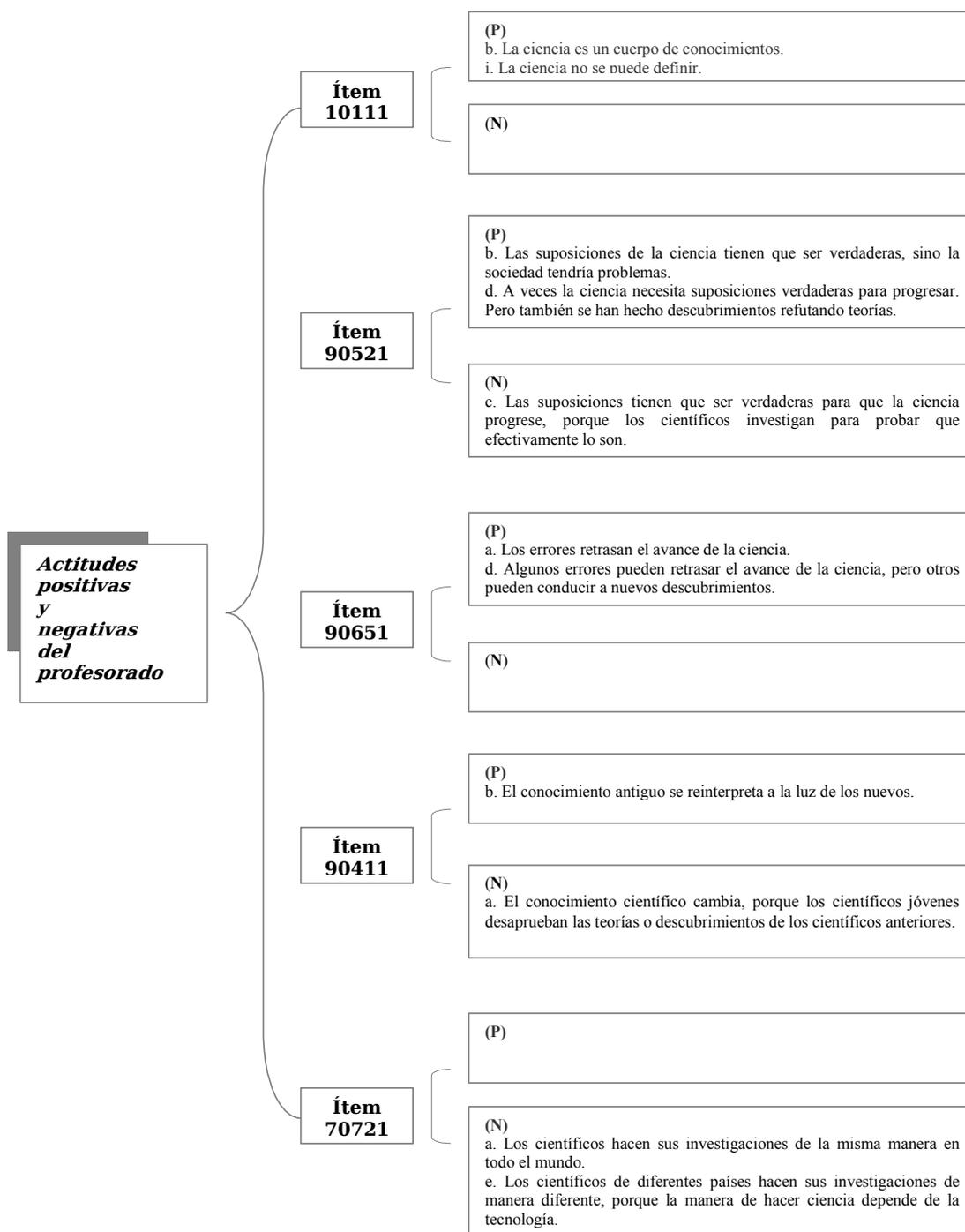
A continuación se expone la discusión de acuerdo a las ideas más relevantes aportadas en las cuatro subcategorías.

### **I.1 El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión, es dinámico y no una estática acumulación de información**

El profesorado mostró una actitud global positiva, pero, a un nivel más específico, las actitudes fueron variadas, mostrando diferentes tendencias, en las que se combinaban actitudes adecuadas con otras más ingenuas. El profesorado identificó once ideas: siete que identificaron positivamente y cuatro que identificaron negativamente. El esquema indica las ideas que el profesorado identificó preferentemente y que representan a los cinco ítems de esta subcategoría.

Para definir la ciencia el profesorado ha mostrado una actitud positiva hacia dos ideas: una adecuada, que enfatiza la ciencia como un cuerpo de conocimientos, y una ingenua, que afirma la ciencia no se puede definir. El profesorado mostró una actitud global positiva, aunque incompleta, ya que no tuvieron la capacidad para identificar otras ideas adecuadas, que ayudaban a construir mejor definición de la ciencia.

Se encontraron antecedentes consistentes con la evidencia aportada (Morell, 2007; Yalvac *et al.*, 2007). En estos estudios el profesorado definió la ciencia con los mismos parámetros. El profesorado mostró una actitud global favorable, pero incompleta, ya que, al igual que en la evidencia valoró muy débilmente otros aspectos adecuados.



La idea de ciencia que el profesorado identificó positivamente concuerda con la imagen de la ciencia como archivo (Albaladejo *et al.*, 1993). Según los autores esta visión de la ciencia se explica por los conocimientos que aporta para describir los fenómenos que estudia. Esta

postura concuerda con la aportada por Echeverría (1999), quien sostiene que una definición de ciencia basada en los conocimientos que aporta es incompleta, ya que omite muchos de los aspectos que la conforman, desde los valores hasta los aspectos más instrumentales y prácticos. Desde esta visión, la ciencia se comprende exclusivamente, en función de sus productos finales (contexto de justificación), y no se tienen en cuenta los procesos implicados en la construcción de dichos conocimientos (contexto de descubrimiento).

Durante décadas la enseñanza de las ciencias ha transmitido una imagen de la ciencia centrada, casi exclusivamente, en la enseñanza y el aprendizaje de las leyes, teorías, y en toda la diversidad de conceptos que ha elaborado desde sus inicios. Esta imagen de la ciencia ha tenido una gran influencia, afectando la comprensión de su verdadera naturaleza, mucho mayor de la que se piensa. Un ejemplo de ello es la postura que ha tomado en las cuatro acepciones el Diccionario de la Real Academia Española para definir la ciencia. De estas cuatro definiciones, hay dos que enfatizan el conocimiento que aporta la ciencia y, aunque correctas, son incompletas. La primera definición se ha construido en función de sus aspectos metodológicos y la última en función de las disciplinas que comprende la actividad científica.

1. Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales.
2. Saber o erudición. Tener mucha, o poca, ciencia. Ser un pozo de ciencia. Hombre de ciencia y virtud.
3. Habilidad, maestría, conjunto de conocimientos en cualquier cosa. La ciencia del caco, del palaciego, del hombre vividor.
4. Conjunto de conocimientos relativos a las ciencias exactas, fisicoquímicas y naturales.

Echeverría (2002) ha señalado que la acción de definir nunca es inocua, ya que toda definición se genera sustancialmente a partir de una base cargada de teoría y de valores. El solo hecho de pretender que una definición sea más o menos precisa, rigurosa, pertinente y útil, lleva

implícitos estos valores, más otros particulares al concepto, que orientan la acción de definir, así como, también, al resultado, que sería la definición. También Fourez (2000) sostiene una postura similar al señalar que una definición, generalmente, es una relectura de cierto número de elementos del mundo a través de una teoría, por lo tanto, una definición sería una interpretación de una parte del mundo. Así, la definición de cualquier concepto, en este caso de la ciencia, se generaría de una interpretación que en su esencia, se sustenta, delimita y caracteriza por la ética y los valores personales y sociales que predominan en el momento histórico en que se elabora.

En relación con la definición de ciencia se observan posturas distintas. Entre estas posturas hay las que están a favor de definirla en función de los aspectos que hacen referencia exclusiva al trabajo científico, pero también hay otras, menos tradicionales, que argumentan a favor de la existencia de una selección muy heterogénea de actividades humanas que pueden encontrarse en los límites de lo que se entiende por ciencia en la actualidad (Rudolph, 2003). Este mismo autor sostiene que no hay una única ciencia, como tampoco hay una única reflexión sobre esta, sino que hay diversas posturas de ciencia que conviven a la vez. Contrariamente a esta postura, Cobern y Loving (2001) señalan que la ciencia se puede definir siempre y cuando mantenga un límite coherente para los propósitos de los currículos de ciencia. Así, para estos autores, la definición de ciencia debería excluir otras formas de conocer, como las indígenas u otras como el arte, la economía, la historia, la religión, pero sin que esta signifique otorgar a la ciencia un lugar privilegiado respecto de estos y otros tipos de conocimientos.

La imagen de la ciencia que construye el estudiantado se construirá, en parte, a partir de las actividades de aprendizaje que proponga el profesorado. La visión de la ciencia que tiene el profesorado influirá en estas actividades, por lo tanto, enseñará el contenido científico como un cuerpo de conocimientos, vacío de una justificación epistemológica, histórica, sociológica, axiológica, ética, etc., de tal manera que el estudiante aprenderá la ciencia con la ausencia de muchos de los múltiples procesos que la conforman (Albaladejo *et al.*, 1993).

En relación con la idea de progreso de la ciencia, el profesorado ha mostrado dos actitudes, que sugieren que tiene contradicciones sobre la verdadera naturaleza del progreso de la ciencia. Aunque el profesorado ha identificado positivamente la idea adecuada, las actitudes sugieren un énfasis en la idea de una supuesta verdad que estaría presente en la ciencia. Desde esta perspectiva, las actitudes son contradictorias y reflejan deficiencias en los aspectos de la naturaleza de la ciencia, ya que ponen acento en la idea de relatividad de la ciencia que se opone a la idea absoluta que ha transmitido la enseñanza de las ciencias. De acuerdo a lo que señala Artigas (1989), los supuestos que elabora la ciencia son una expresión de auténticas condiciones de posibilidad, dado que su validez resulta indispensable para que esta pueda existir. La validez de los supuestos generales de la ciencia, así como los de cada disciplina, se verifican en tanto que la ciencia siempre está progresando. Hay una retroalimentación positiva, ya que el propio progreso científico se encarga de validar dichos supuestos abriendo nuevos panoramas y, a la vez, ampliando y precisando los supuestos que sirvieron de base.

En relación con el papel de los errores en la ciencia, el profesorado ha mostrado una actitud global positiva. Esta actitud global se reforzó por la fuerte identificación positiva, la más alta, de la idea adecuada, que señala que los errores en la ciencia pueden promover mejoras y nuevos descubrimientos, y, también, porque tuvieron la capacidad de identificar la idea ingenua, que sostiene la postura contraria, es decir, que los errores retrasan en avance de la ciencia.

El reconocimiento de los errores en la actividad científica forma parte de los planteamientos, que reconocen que la ciencia es un conocimiento relativo, dinámico, y sujeto a cambio y revisión. Se sabe que la ciencia elabora conocimientos que muchas veces son inciertos (Mc Comas y Olson, 1998), pero, también, que esta evidencia no implica la negación del rigor científico, sino el reconocimiento que la ciencia, como actividad humana es fiable aunque limitada y que esta característica no se puede eliminar completamente (Holbrook y Rannikmae, 2007). En este sentido, Chinn y Malhotra (2002) señalan que los errores y las limitaciones

están presentes en toda investigación científica debido a la complejidad e incertidumbre de los métodos que utiliza la ciencia.

Los científicos reconocen que en la ciencia nunca hay un cien por cien de seguridad y, por tal razón, invierten una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para evitar los posibles errores en la actividad científica (Lederman *et al.*, 2002, *op.cit.*). La ciencia tiene una axiología que los científicos ponen en marcha para saber si lo están haciendo bien o mal (Izquierdo, comunicación personal). Desde esta perspectiva, es posible ver que la actividad científica también es una actividad humana y que, al igual que en todos los otros contextos, pone en juego un conjunto de actitudes, de valores, la ética personal de cada científico, la ética de la propia comunidad científica, y que estos elementos, y muchos otros conducen a la búsqueda de un “espacio” para visualizar qué camino tomar, hacia dónde avanzar y cómo.

Tal es el análisis que desarrolla Niaz (2000) sobre el papel de los errores en la ciencia, teniendo como base las reflexiones que aportó R. Millikan<sup>18</sup> sobre las fuentes de errores en su trabajo. Niaz señala que Millikan, a partir de la observación de sus errores, refinó y mejoró el método que estaba utilizando hasta entonces. El cambio consistió en el reemplazo de agua por gotas de aceite, y así evitó el error que producía la evaporación del agua en los experimentos que estaba desarrollando para conocer la carga eléctrica del electrón. Duschl (2000) amplía estos argumentos al afirmar que los errores permiten a los científicos acercarse con mayor exactitud al mejor modelo teórico de la realidad. Este autor señala que suponer que en la ciencia no hay errores es convenir con un modelo de crecimiento lineal del conocimiento científico, cuando la realidad es que el conocimiento científico sigue vías que contienen errores, direcciones erróneas y comienzos equivocados. También Vallverdú (2002) sostiene que en la práctica científica existen numerosas variables, que

---

<sup>18</sup> R. Millikan, ganador del Premio Nóbel de Física en 1923, realizó diversos experimentos, uno de los cuales es el que se denomina “el experimento de Millikan o experimento de la gota de aceite”, con el cual logró medir por primera vez la carga eléctrica del electrón.

hacen que el error sea muy frecuente. Este autor sostiene que los errores de la ciencia se pueden clasificar en dos grupos:

- Errores de tipo personal: Factores cognitivos, de prácticas, de pericia, de diseño de los protocolos, entre otros.
- Errores externos: Como las variables físicas, factores relativos a la manipulación, a los instrumentos, entre otros.

Muchos de los errores que ocurren durante la práctica experimental y teórica se deben a errores cognitivos, la mayoría de las veces involuntarios, y ocurren tanto a nivel de la percepción informativa, como en el procesamiento de los datos y su interpretación. El trabajo científico requiere una continua revisión y discusión de los errores, y de la evidencia negativa, ya que los errores juegan un rol importante como causas para producir modificaciones que mejoran el propio conocimiento, las preguntas y/o los métodos (Vallverdú, 2002 op.cit.).

Por otra parte, la idea ingenua, que afirma que los errores retrasan el avance de la ciencia, también identificada por el profesorado de nuestro estudio, se fundamenta en los modelos epistemológicos que han basado su justificación en la lógica matemática. De ahí la idea que la ciencia y la actividad que desarrollan los científicos así como los conocimientos que elaboran, no pueden ser menos que exactos e infalibles.

La enseñanza de las ciencias ha transmitido durante décadas la idea de ciencia como una actividad absoluta, exacta e infalible. De ahí que se manifieste en uno de los mitos de la ciencia (Mc Comas, 1998) y en una de las visiones deformadas que transmite la enseñanza de las ciencias (Fernández *et al.*, 2002). Ambos referentes concuerdan que la enseñanza de las ciencias y, particularmente, el profesorado, transmiten la idea que la ciencia es un conocimiento infalible, libre de errores y que crece por la acumulación de verdades absolutas. En este sentido se ha señalado que los currículos y el profesorado tienen en común el poner la atención en los aspectos vinculados con un ideal de ciencia y de los científicos, así como, también, en la exactitud y fiabilidad de las evaluaciones que realizan.

El papel de los errores en la ciencia se considera escasamente en los estudios sobre el tema. Entre los antecedentes cabe destacar las

aportaciones de Akerson *et al.* (2000 op.cit). Estos autores sostienen que el profesorado, que no tiene una adecuada comprensión del papel de los errores en la ciencia, tiende a excluir de la enseñanza actividades que implican, por ejemplo, la reinterpretación de los datos. En concordancia con esta postura, Chinn y Malhotra (2002 op.cit.) señalan que esta actitud del profesorado también se ve reflejada en una enseñanza que da prioridad al desarrollo de actividades prácticas centradas en estrategias simples y basadas en un manejo sencillo de datos y variables, y en situaciones muy simples que impiden al estudiantado tener una comprensión profunda de estos aspectos de la ciencia. También Shumba (1999) señala que estas condiciones de enseñanza de la ciencia impiden al estudiantado desarrollar la capacidad para comprender que los resultados que obtiene en las actividades prácticas son tentativos y, por el contrario, refuerzan la idea que ha llegado a un resultado final que es absoluto. Este autor menciona que este es uno de los tipos de enseñanza que contribuye a perpetuar en el estudiantado la ausencia de aprecio hacia la ciencia.

Acevedo *et al.* (2007a op.cit.) y Mc Comas (1998) concuerdan en que la enseñanza tiene la responsabilidad de promover la idea que la ciencia se construye no sólo a partir de aciertos. Al respecto Mc Comas (1998) especifica que es fundamental que el profesorado comprenda que la realidad de la actividad científica está marcada por una incesante revisión de los diversos procesos que implica, aunque en la práctica este aspecto se mencione escasamente por los científicos. Al mismo tiempo Acevedo *et al.* (2007) han señalado que la adecuada comprensión del papel de los errores en la ciencia es clave para comprender el significado de la metodología de la ciencia. Estos autores sostienen que la apropiada comprensión de los errores en la ciencia por parte del profesorado puede significar una influencia favorable para la enseñanza de las ciencias, ya que lleva implícita una aproximación más constructivista y humana de la actividad científica.

Adúriz- Bravo (2005) afirma que mostrar que la ciencia es una actividad humana, compleja, llevada adelante por muchas personas, con diferentes tipos de formaciones, injerencias y responsabilidades, tiene hondas implicaciones para la enseñanza de las ciencias naturales. La

incorporación de estos aspectos en el aula permitiría al estudiantado un conocimiento más real, preciso y completo de la ciencia. Esta incorporación favorecería la modificación de los numerosos estereotipos existentes hacia ideas más reales y mejor fundamentadas de la actividad científica y de los propios científicos (Duschl, 2000). También Chin (2007) afirma que es importante que el estudiantado comprenda y reconozca el papel de los errores en la ciencia. Según esta autora, esta comprensión facilitaría el desarrollo de actitudes orientadas a evaluar sus propias ideas alternativas, favoreciendo el desarrollo de otras nuevas y la creación de diferentes soluciones a los problemas que va encontrando. Todas estas transformaciones favorecerían la elaboración y construcción de procesos más creativos en el aprendizaje de las ciencias.

Otro aspecto que fundamenta la naturaleza tentativa de la ciencia es la idea de cambio y de progreso. Al respecto, el profesorado también mostró una actitud global positiva hacia este aspecto. Esta actitud positiva se debió, fundamentalmente, a la identificación positiva de la idea adecuada, que enfatiza que los cambios se pueden producir por la reinterpretación del conocimiento científico debido a nuevas aportaciones. Sin embargo, esta actitud se debilita con la identificación negativa de una idea plausible, lo que sugiere que el profesorado tiene alguna comprensión de la idea de cambio y de progreso de la ciencia, pero también tiene deficiencias que le impiden reconocer otras ideas que conforman el aspecto y que lo explican con mayor amplitud y profundidad.

Se han encontrado antecedentes consistentes con la evidencia aportada (Yalvac *et al.*, 2007). Estos autores señalan que la actitud global del profesorado en su estudio fue favorable hacia la idea que la ciencia cambia, pero los argumentos que justificaban esta actitud fueron muy diversos y sin una explicación clara. Al respecto, hubo profesorado que consideró que los cambios de la ciencia se debían a nuevas evidencias o a la reinterpretación de la evidencia existente. Por su parte Khishfe y Lederman (2007 *op.cit.*) encontraron aspectos contrastantes, ya que la mayoría del profesorado mostró una actitud negativa hacia la idea de cambio de la ciencia. En cambio, sólo una minoría tuvo la capacidad para identificar las ideas básicas más acordes, y esta actitud se debilitó, aún

más, al identificar que el progreso científico era resultado de las innovaciones tecnológicas.

Las ideas más acordes acerca de la naturaleza dinámica de la ciencia sostienen que la provisionalidad del conocimiento científico deriva de su capacidad para cambiar, fundamentalmente, con la aportación de nuevas observaciones y por las reinterpretaciones de las observaciones existentes. En este sentido, Acevedo *et al.* (2007a) señalan que, aunque se reconoce que el conocimiento científico es hasta cierto punto duradero, también se acepta su provisionalidad. Esta idea del carácter, hasta cierto punto duradero del conocimiento científico, ha sido cuestionada por Barnes (1987), quien sostiene que este conocimiento no ha de ser considerado como un conjunto de verdades inmutables, porque, de hecho, varía constantemente en la medida que se utiliza. Este autor afirma que es necesario comprender que el conocimiento científico es una interpretación del mundo, o de una parte de él, en constante desarrollo y no un reflejo de él, lo que significa que no está garantizado y asegurado únicamente por la realidad. Al respecto Barnes afirma:

“El conocimiento científico tiene una vida extraordinariamente corta. El conocimiento que se acepta y utiliza un tanto rutinariamente en cualquier campo de la ciencia es, en conjunto, extraordinariamente reciente; prácticamente en ningún campo de la ciencia se utilizan recursos que tengan más de unos decenios de vida, y cuando se utiliza un material más antiguo rara vez se acepta sin modificaciones” (p.63).

En este mismo sentido Osborne *et al.* (2003) afirman que la provisionalidad e incerteza del conocimiento científico es un aspecto fundamental de la naturaleza de la ciencia, que debería estar incorporado de manera explícita en la enseñanza de las ciencias. Estos autores señalan que es necesario transmitir al estudiantado la idea que el conocimiento científico que se enseña se encuentra adecuadamente establecido y fuera de toda duda razonable, aunque siempre hay otra parte del mismo que es dudosa. Sobre esto mismo, Acevedo *et al.* (2007a) establecen que la enseñanza debería promover la visión que el conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero que puede estar sujeto a cambio en el futuro

ante nuevas pruebas o ante nuevas interpretaciones de las pruebas ya existentes. Ya en décadas anteriores Cotham y Smith (1981) consideraban fundamental desarrollar adecuadamente estos aspectos en el aula de ciencias.

Con respecto al ítem 70721, que pretende identificar la actitud del profesorado respecto de la relatividad de la ciencia, éste mostró una tendencia contraria a las observadas en los ítems anteriores, ya que identificó negativamente dos ideas ingenuas, que afirman que la ciencia es universal debido a la aplicación del método científico y también porque el uso de la tecnología le da dicho carácter.

Los antecedentes encontrados son consistentes con la evidencia (Abd-El-Kalick, 2005; Lederman *et al.*, 2002; Niaz, 2008; Yao-Liu y Lederman, 2007, *op.cit.*). Cabe destacar los resultados obtenidos por Abd-El-Kalick (2005) en los que el la mayoría del profesorado también identificó la idea que la ciencia se desarrolla de un modo similar en cualquier lugar o país, y la visión absoluta y universal de la ciencia. Estos antecedentes se refuerzan con las aportaciones de Lederman *et al.* (2002) y Niaz (2008 *op.cit.*), quienes concuerdan en señalar que el profesorado considera que hay un método científico universal, que es capaz de proveer los mismos resultados en cualquier contexto o país. De la misma forma, Yao-Liu y Lederman (2007) evidenciaron que el profesorado no reconoció el impacto que ejercen las diferencias culturales, ni los sistemas de creencias de cada cultura en la dirección de las investigaciones científicas.

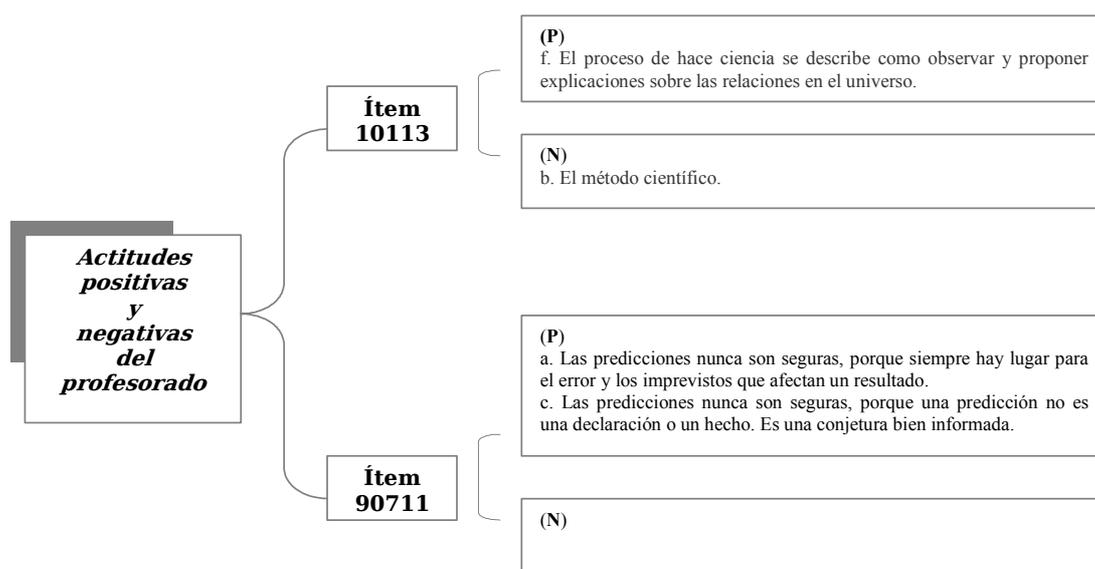
Las ideas ingenuas enfatizadas en este ítem hacen referencia a una supuesta objetividad de la ciencia aportada por el método científico. La actitud que mostró el profesorado es consistente con la visión que plantea que, si existiese un método científico universal, dos científicos en distintos lugares y con la misma experiencia, podrían revisar los mismos hechos y llegar a las mismas conclusiones. Este conjunto de ideas forma parte de la visión que se ha sintetizado en uno de los mitos más comunes que transmite la enseñanza de las ciencias (Mc Comas, 1998 *op.cit.*). Según este mito, la ciencia posee un método científico único, que le otorga un carácter universal y objetivo. Esta visión también implica la omisión de la influencia que tiene el contexto social, económico y cultural en que se

desarrolla la actividad científica, por lo cual se visualiza al método científico único como un aspecto de la ciencia que es transversal a todas las culturas e, incluso, a la propia individualidad de los científicos.

La influencia de las ideas ingenuas centradas en la objetividad de la ciencia se ha detectado en las orientaciones que siguen las actividades que desarrolla el profesorado en el aula. Un ejemplo que representa esta influencia es el énfasis que otorgan a la verificación de actividades y al seguimiento riguroso de los pasos del método científico (Mc Comas, 1998 op.cit.). Algunos autores como Jenkins (2007) llegan incluso a afirmar que cualquier idea que haga mención a la existencia del método científico reduce cualquier intento de diversidad, creatividad, imaginación y flexibilidad en la enseñanza de las ciencias.

**I.2 El conocimiento científico está basado en la evidencia empírica. Rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas**

Para las ideas de esta subcategoría la actitud global del profesorado ha mostrado una tendencia favorable conformada por ideas adecuadas, pero se debilita por la presencia de una idea ingenua. El esquema que se presenta sintetiza las ideas que el profesorado identificó positiva y negativamente.



El profesorado ha tenido actitudes favorables hacia las ideas que enfatizan el papel de la evidencia empírica y de los planteamientos teóricos que elaboran los científicos, pero ha reconocido el método científico como el proceso principal de la ciencia.

La actitud global del profesorado para describir los procesos de la ciencia mostró una tendencia favorable al reconocer que la ciencia puede describirse, principalmente, a partir de la observación y la elaboración de explicaciones, sin embargo, continua permeando la idea del método científico único.

Hay antecedentes que concuerdan con la evidencia que muestran la tendencia en la actitud del profesorado a considerar el método científico como el aspecto fundamental en los procesos de la ciencia (Yao-Liu y Lederman, 2007). También Abd-El-Kalick y Boujaoude (1997) amplían este antecedente al señalar que el profesorado situó al método científico en un lugar central de la actividad científica. Esta relevancia que le otorgan a este aspecto llega hasta el punto de considerar que las competencias de los científicos se restringen o dependen, fundamentalmente, de una adecuada utilización del método científico. Estos mismos autores sostienen que la actitud que ha mostrado el profesorado hacia el método científico estaría relacionada con la utilización que hacen del libro de texto. Según estos autores, el profesorado parece haber adoptado esta actitud directamente desde este recurso, dado que ponen énfasis en una idea del método científico que se describe en los libros de texto. Tras esta afirmación subyace la relevancia que tiene el positivismo lógico y la concepción heredada en la enseñanza de las ciencias. Estos modelos de la ciencia, que ponen énfasis en los aspectos metodológicos de la actividad científica, sentaron las bases epistemológicas de los currículos de ciencias e implícitamente se encontraban en los currículos de formación del profesorado de ciencias, a la vez que inspiraron la sección metodológica de los libros de texto para la enseñanza de las ciencias de la población (Adúriz-Bravo, 2001).

Por otra parte, Abd- El-Kalick (2005 op.cit.) y Acevedo (2003) concuerdan que el profesorado considera que el método científico tradicional es el único método de la ciencia y que ciertos atributos, como la

creatividad e imaginación, son recursos que utilizan los científicos con el fin de que la ciencia sea atractiva para las personas que no se interesan por ella.

La idea de la ciencia vinculada al método científico mostrada por el profesorado también es consistente con la visión rígida de la actividad científica (Fernández, 2000) y con el mito del método científico general y universal que transmite la enseñanza de las ciencias (Mc Comas, 1998). Según esta visión, el profesorado considera el método científico como el elemento central de la ciencia, y que es el que utilizan los científicos para lograr los conocimientos.

El profesorado que sustenta esta visión no considera la creatividad e imaginación como factores necesarios para promover en el aula (Khishfe y Lederman, 2007). Desde una visión de la ciencia centrada en el método científico, las características o atributos como la creatividad (Ryan y Aikenhead, 1992), la imaginación o la práctica de otras muchas habilidades y aptitudes personales de los científicos no se consideran (Acevedo *et al.*, 2007b), como tampoco lo es el salto creativo aportado por el método abductivo (Mc Comas, 1998). El énfasis en la existencia de un método científico tradicional obstaculiza el desarrollo de una enseñanza de las ciencias que otorgue al estudiantado oportunidades para desarrollar creativamente los procesos implicados en las actividades que se proponen en la práctica de aula. Por tal motivo, se menciona que la presencia en el aula de esta visión sea, probablemente, una de las posibles causas de la actitud desinteresada del estudiantado hacia la ciencia (Tobias, 1990).

En relación con la naturaleza de las predicciones científicas, el profesorado ha mostrado una actitud favorable hacia dos ideas adecuadas, que se refuerzan por la ausencia de actitudes desfavorables sobre este aspecto. Ambas ideas hacen referencia a la relatividad que tienen las predicciones científicas, como la tiene la propia ciencia. Estas ideas se oponen a la visión de la ciencia como una actividad que se desarrolla sobre verdades absolutas con las cuales también se identificó el profesorado en la primer subcategoría.

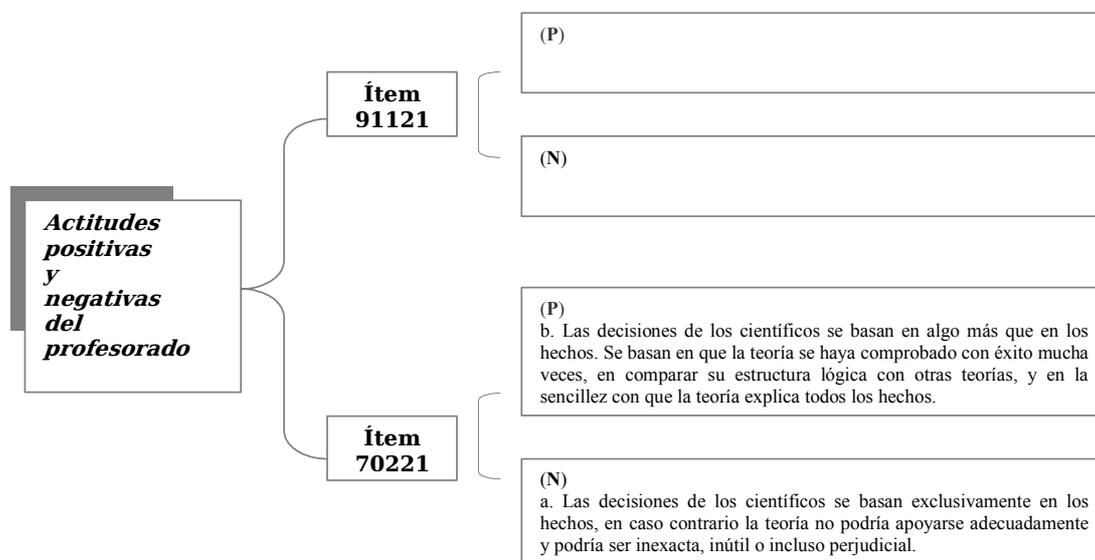
Aunque en la literatura de la investigación didáctica se reconoce la relevancia que tiene la adecuada comprensión del rol y del significado de

las predicciones en la enseñanza de las ciencias, los antecedentes sobre este aspecto son escasos (Niaz, 2008 op.cit.). Un antecedente que contrasta con la evidencia lo aportan Osborne *et al.* (2003), donde el profesorado omitió la dimensión referida a las hipótesis y predicciones científicas por encontrarlas no relevantes. Así, Niaz (2008 op.cit.), en su reflexión sobre la actitud mostrada por el profesorado participante en el citado estudio de Osborne *et al.*, ha considerado que ésta estaría relacionada con la creencia que las predicciones científicas son parte integral del método científico y, por tal razón, no se valoraron adecuadamente. Otro antecedente aportado por Mc Comas (1998) alude que el desconocimiento y la falta de comprensión que hay entre el profesorado y en la propia enseñanza de las ciencias sobre las predicciones científicas queda demostrado en tanto se utiliza como un sinónimo de hipótesis.

Mc Comas (1998) señala que es esencial que el estudiantado comprenda que la elaboración de predicciones y la recolección de evidencias tienen un rol central para probar una hipótesis y para el desarrollo de las explicaciones científicas. Esta autor afirma que en la clase de ciencias las predicciones deberían adquirir la misma importancia que tienen para los científicos en el laboratorio. Esto porque las predicciones se relacionan estrechamente con los aspectos creativos que implica la ciencia, que son un antídoto contra las ideas que visualizan la ciencia como una simple recolección de datos. También Duschl (2000 op.cit.) resalta la importancia que tiene en la enseñanza de las ciencias el desarrollo de una adecuada comprensión del papel de las predicciones en la ciencia, y sobre la cual señala que “el profesorado que es capaz de identificar los hechos nuevos de la disciplina durante la instrucción está añadiendo un nuevo elemento muy útil a su arsenal de destrezas de selección y secuenciación del currículo” (p. 63).

**I.3 El conocimiento científico es subjetivo, porque la observación e interpretación de la evidencia empírica está influida por la “perspectiva de la corriente científica actual” y también por la subjetividad personal de cada científico**

La actitud global del profesorado hacia las ideas vinculadas con la subjetividad de la ciencia ha mostrado una tendencia deficiente. El profesorado ha identificado negativamente la mayoría de las ideas propuestas en el ítem 91121 y, aunque en el ítem 70221 ha mostrado una tendencia más positiva, la actitud global es muy débil. El siguiente esquema resume las ideas que el profesorado ha identificado positiva y negativamente en esta categoría.



El profesorado ha identificado escasamente las ideas de los dos ítems. Esta evidencia indica que el profesorado ha tenido dificultad para identificar las ideas más acordes, lo que sugiere deficiencias en la comprensión sobre la naturaleza subjetiva de la ciencia.

Para esta subcategoría el profesorado ha mostrado una actitud global con una tendencia positiva, pero muy débil. Sin embargo, a nivel más específico las actitudes son más desfavorables y visiblemente pobres en contenidos. Para el profesorado, la idea de la subjetividad de la ciencia se explica a partir de dos ideas opuestas: una adecuada, identificada

positivamente, que vincula la subjetividad de la ciencia con el proceso de aceptación de una teoría científica, y una idea ingenua, identificada negativamente, que acentúa en el carácter objetivo que tiene el proceso de aceptación de una teoría científica.

Los antecedentes encontrados muestran actitudes del profesorado en los dos sentidos. Hay numerosos antecedentes que son consistentes con la actitud más favorable sobre la naturaleza subjetiva de la ciencia (Abd-El- Kalick *et al.*, 1998; Lederman, 1999; Morell, 2007 *op.cit.*; Schwartz y Lederman, 2002; Schwartz *et al.*, 2004). Estos antecedentes muestran la actitud positiva del profesorado acerca de la subjetividad de la ciencia. Schwartz y Lederman (2002) observaron que el profesorado identificó positivamente la idea de la subjetividad de la ciencia, pero falló al desconocer la influencia de las características personales de los científicos en la actividad científica. En este estudio el profesorado identificó negativamente el papel de los atributos personales de los científicos en procesos específicos, como los relacionados con el diseño de las investigaciones, a la vez que omitió el papel relevante que aquellos adquieren durante la elaboración del conocimiento científico. También hay antecedentes que son consistentes con la evidencia acerca de la idea ingenua, que hace mención a la objetividad de la ciencia (Abd- El- Kalick y Lederman, 2000, *op.cit.*; Matkins *et al.*, 2002; Lin y Chen, 2002).

En el profesorado, uno de los aspectos que fundamenta la actitud basada en una idea objetiva de la ciencia es la ausencia de reconocimiento de la influencia de los atributos o características personales de los científicos. En este sentido la aportación de Matkins *et al.* (2002 *op.cit.*) confirma esta tendencia, ya que el profesorado no reconoció este aspecto argumentando que los científicos ven lo que creen ver. Esta actitud ingenua se encuentra formando parte de la visión deformada, que excluye la participación de factores que influyen explícita y/o implícitamente en las decisiones que toman los científicos y que conducen a seleccionar una u otra teoría sobre un problema científico en particular (Fernández *et al.*, 2002 *op.cit.*). Esta actitud también se encuentra recogida en el mito que afirma que los científicos son objetivos (Mc Comas, 1998). Este autor

sostiene que cualquier elaboración de los científicos es dependiente de una teoría, por lo cual este proceso es fundamentalmente de orden psicológico.

Hay que considerar que la ciencia es subjetiva, ante todo porque es una actividad humana realizada por personas. Los científicos, al igual que cualquier persona, sustentan una diversidad de preconcepciones y prejuicios acerca de cómo opera el mundo, y estas nociones y percepciones influyen en sus habilidades, lo que hace imposible que puedan interpretar objetivamente un hecho.

Esta falsa idea de objetividad de la ciencia y de los científicos se encuentra incluso en el interior de la propia comunidad científica (Mosterin, 1990). Este autor sostiene que muchos científicos relevantes, que aportaron grandes descubrimientos, enfatizaban la importancia de los métodos que utilizaron, olvidando por completo la contribución de sus atributos personales en estos descubrimientos. Al respecto Mosterin (1990) expresa:

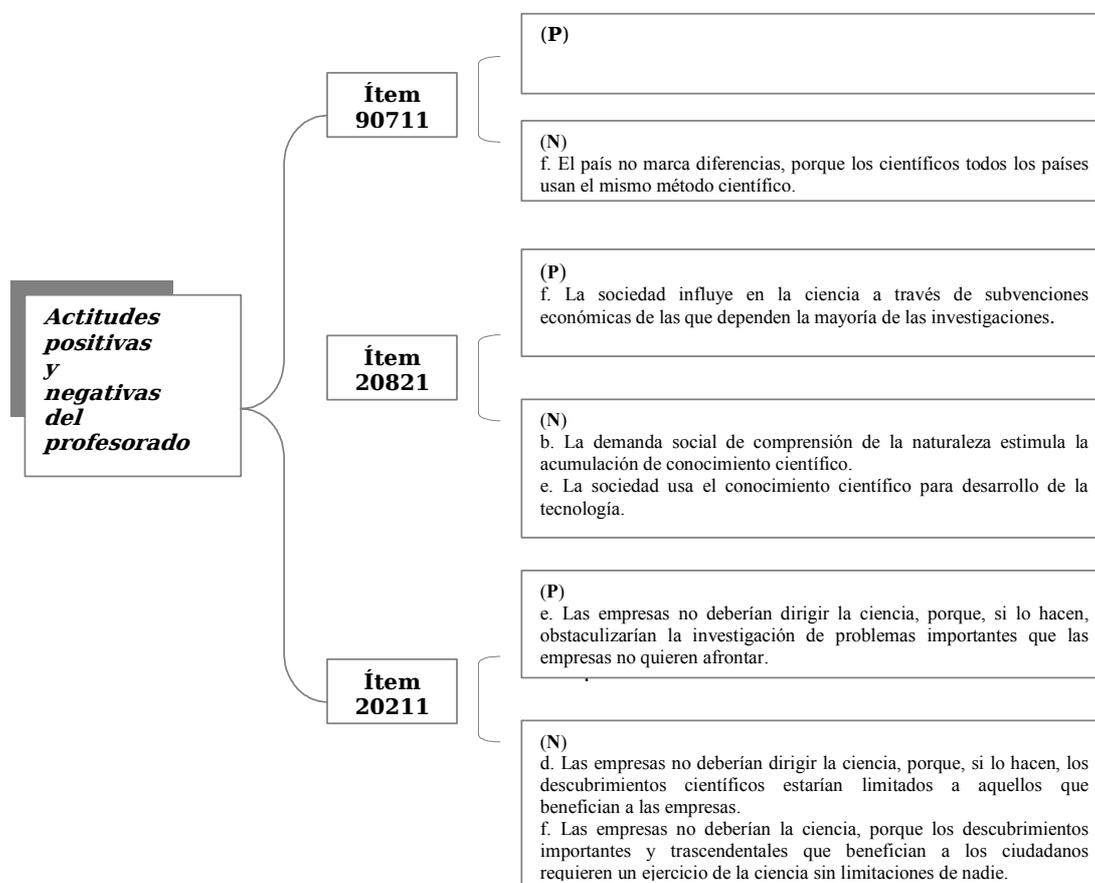
“A veces se dice ingenuamente que la ciencia es lo que hacen los científicos. Esta presunta caracterización no hace más que trasladar el problema, pues no está nada claro quiénes sean los científicos. Además, no todo lo que hacen los científicos es ciencia (...). Igualmente ingenuo sería pensar que los científicos mismos son siempre explícitamente conscientes de los métodos que usan en sus investigaciones. Newton pensaba que todos sus principios se inferían directamente por inducción a partir de sus experimentos y observaciones” (p.10).

La afirmación de Mosterin (1990) deja ver que esta visión ingenua tiene una base muy fuerte en la idea que la ciencia existe en función de un método, que le aporta todas las propiedades que la identifican como tal. Desde esta visión, la objetividad aportada por el método está por encima de la subjetividad de los científicos, que no se reconoce ni aún dentro de la propia comunidad científica. La idea de una supuesta exactitud, rigurosidad y objetividad aportada por el método es lo que permitiría a la ciencia “ser ciencia”.

A modo de síntesis, la actitud global del profesorado se ha construido en base a dos ideas opuestas, que sugieren contradicciones sobre el carácter subjetivo de la ciencia. De acuerdo a esta evidencia, la actitud del profesorado se ha centrado en el reconocimiento de la objetividad de la ciencia otorgada por el método científico único. Reconocen que los científicos aportan subjetividad, pero le adscriben un papel secundario que deja las aportaciones personales de los científicos en un lugar poco relevante respecto a lo que supuestamente aporta el método científico a la actividad científica.

**I.4 La dirección y productos de la investigación científica esta influida por los factores sociales y la cultura en la cual se desarrolla**

En esta subcategoría la actitud global del profesorado se ha construido sobre la bases de dos tendencias. El esquema que se expone a continuación presenta las ideas que el profesorado identificó positiva y negativamente.



En el profesorado hay una actitud negativa hacia la idea que enfatiza la influencia de la cultura y de los sistemas educativos en la ciencia, pero ha mostrado una actitud positiva hacia las ideas que mencionan el rol que deberían tener las empresas, como representantes de la sociedad, en la actividad científica

La escasa representación de las ideas del ítem 90711 muestra que el profesorado no tuvo la capacidad para identificar los aspectos más adecuados que ponen énfasis en el papel que tiene la cultura y el sistema educativo en la forma de hacer ciencia. En cambio, el profesorado ha mostrado una actitud favorable al identificar positivamente ideas adecuadas en los ítems 20821 y 20211, que hacen mención al papel que deberían tener las empresas en la ciencia.

En los estudios sobre el tema hay escasos antecedentes sobre la actitud del profesorado hacia este aspecto de la ciencia. En el ámbito local hay antecedentes consistentes con la evidencia (Acevedo *et al.*, 2002), ya que el profesorado mostró una actitud poco adecuada hacia la idea de la influencia de la sociedad en la actividad científica.

El aspecto que enfatiza la relación ciencia-empresa se encuentra excluido de muchas investigaciones que abordan la dimensión sociedad-ciencia. Hay que considerar que este aspecto de la ciencia propone a los investigadores, así como al profesorado, tomar una posición que tiene un incuestionable trasfondo ético y axiológico y que requiere un compromiso sobre el cual aún no hay consensos. Así, cabe destacar, como ejemplo, la aún incipiente discusión en torno al doble rol que tienen las grandes empresas farmacéuticas en la sociedad, y sobre el cual la voz de la ciudadanía apenas se tiene en cuenta, a pesar de las implicaciones para la vida personal y social.

Aunque existen iniciativas curriculares orientadas a reforzar los aspectos socioculturales de la ciencia, mucho profesorado, durante sus prácticas, evita confrontar los aspectos más políticos y sociales vinculados a la investigación científica. Esta actitud del profesorado estaría impidiendo el desarrollo de una enseñanza de las ciencias capaz de trascender los límites del aula de clase y de la escuela (Jenkins, 1999). También Hodson (2003), que ha realizado importantes aportaciones

orientadas a abrir la discusión sobre el tema de la relación sociedad-ciencia, menciona que para el estudiantado nunca será suficiente aprender que la ciencia y la tecnología están influidas por las fuerzas sociales, políticas y económicas. Por tal razón, Acevedo et al. (2003) sostienen que la enseñanza de estos aspectos de la ciencia requiere un refuerzo importante a nivel de objetivos, de contenidos y del quehacer del profesor en el aula. Igualmente, no dejan de expresar su preocupación al señalar que, si no ocurre este proceso de cambio, será muy fácil involucionar hacia la enseñanza de las ciencias más tradicional. Estos autores reflexionan señalando que:

“Hay una preocupación, porque se piensa que estos y otros muchos principios y contenidos que fundamentan estos aspectos de la ciencia se desvirtúen durante el recorrido hasta su puesta en práctica y que aquellos conceptos añejos vayan recobrando poco a poco su hegemonía, imponiendo la dirección a seguir, para, finalmente, retornar al mismo lugar de siempre: el predominio de conceptos y objetivos de orden cognitivo sobre cualquier otro de carácter estratégico, social y afectivo”(p.38).

Echeverría (1998, op.cit) señala que es necesario comprender que el carácter público de la ciencia no es natural, no se ha dado, sino que es un logro cultural y social. Este autor sostiene que en el progreso de la ciencia no sólo hay progreso desde el punto de vista de la metodología, de la matematización, de sus aplicaciones o de la mejora del conocimiento del mundo natural, sino que, también, está implícito el progreso de una cultura científica que debe transmitirse desde la enseñanza de las ciencias al conjunto de la sociedad.

Por otra parte, la actitud del profesorado frente al interrogante que plantea si la sociedad influye en la ciencia, es variada. El profesorado ha identificado positivamente esta relación a través de la afirmación que la sociedad hace aportaciones económicas a la investigación, pero se decantan negativamente por dos ideas más específicas que hacen énfasis en la existencia de un vínculo entre la ciencia con la empresa privada, pero que requiere una adecuada regulación. Por lo tanto, el profesorado ha

reconocido esta influencia, pero no tiene una clara comprensión de la forma en que se establece.

Se han encontrado antecedentes consistentes con la evidencia (Morell, 2007). En este estudio el profesorado mostró una actitud contradictoria sobre la influencia de la sociedad en la ciencia. Las actitudes que mostró el profesorado han puesto en evidencia un bajo nivel de discriminación para identificar las ideas adecuadas y plausibles. Por una parte este profesorado mostró una tendencia favorable a considerar la influencia de la sociedad en la ciencia, pero la relación inversa apenas se tuvo en cuenta. Y, por la otra, mostró una actitud ingenua al considerar a la sociedad como un agente pasivo en la empresa científica, donde el papel de la sociedad se restringe al consumo y disfrute de los productos derivados de la actividad científica. Los antecedentes aportados en el ámbito local por Martín-Díaz (2006)<sup>19</sup> también concuerdan con la evidencia, ya que el profesorado, de la misma forma, mostró una baja identificación en la relación entre la sociedad y la ciencia.

La actitud negativa que mostró el profesorado a la idea ingenua que afirma que el país no marca diferencias debido a la utilización del método científico confirma el papel que otorga a este aspecto de la ciencia. Se señala que el surgimiento de la ciencia y de la metodología científica como constructos políticos, a mediados del siglo XIX, tuvo para la educación científica consecuencias significativas que perduran hasta hoy. Aunque la idea de la existencia de una metodología científica única creó controversias importantes en el interior de las sociedades científicas de la época, su impacto fue de tal magnitud que quedó impresa en los planteamientos de diversos científicos e intelectuales de la época. Rescatamos las palabras del astrónomo J. Herschel (1831), quien señaló: "Natural philosophy is essentially united in all its departments, through all of which one spirit reigns and one method of enquiry applies" (p.219). Esta noción de Herschel también era compartida por ilustres filósofos como Aristóteles, Bacon, Descartes, Comte y Nietzsche.

---

<sup>19</sup> Es un estudio realizado con profesorado de secundaria y universidades centrado en conocer la importancia que asignan el profesorado a los contenidos de la naturaleza de la ciencia.

Hay que considerar que esta noción de la ciencia, basada en un método científico único, ofreció resistencia hasta el declive del positivismo lógico a mediados del siglo XX, que coincidió con los profundos cambios ocurridos en el pensamiento filosófico sobre la ciencia (Jenkins, 2007 op.cit.). Aunque se ha intentado responder adecuadamente a estos cambios dando énfasis a los aspectos sociales y éticos de la ciencia, hay que reconocer que en muchos sentidos la educación científica mantiene las características y criterios que predominaban en la enseñanza de las ciencias en el siglo XIX. Algunas de estas ideas son, por ejemplo, la de método científico, el énfasis en un grupo de reglas que el estudiantado debe aprender y aplicar, y, también, la separación artificial entre los procesos y los productos de la ciencia.

Por otra parte, el profesorado mostró una actitud global positiva acerca del papel de las empresas en la investigación científica, pero las actitudes más específicas mostraron distintas tendencias. El profesorado mostró una actitud positiva al identificar ideas que señalan que las empresas no deben dirigir la ciencia. El profesorado mostró una actitud favorable al identificar la idea más adecuada para justificar porqué las empresas no deberían estar ligadas con la dirección de las investigaciones científicas, pero, también, ha mostrado una actitud opuesta, desfavorable, hacia dos ideas plausibles, que subrayan los beneficios económicos de las empresas y que la ciencia requiere trabajar sin limitaciones de ninguna naturaleza.

La actitud global mostrada por el profesorado sobre este aspecto sugiere un cierto grado de idealización de la relación sociedad-empresas-ciencia. Barnes (1987) sostiene que es necesario tener en cuenta que hay expertos científicos situados en los escalafones más altos de la burocracia militar e industrial, así como en el área de la salud y seguridad nacional. La empresa científica también forma parte de una comunidad de intereses económicos y políticos. Sin embargo, en los ciudadanos hay una actitud generalizada de ver a la ciencia demasiado ajena a los intereses políticos y económicos que mueven al resto de los componentes de la sociedad. A pesar de esta realidad, hay que tener en cuenta que la mayoría de los científicos realizan la actividad científica sin compartir plenamente los

valores que se mueven en el mercado y, por esto mismo, se encuentran expuestos a presiones procedentes de distintas fuentes de poder a las que tampoco pueden hacer frente.

Por su parte, Echeverría (1998 op.cit.) sostiene que la mayoría de los científicos muestra oposición hacia los aspectos ajenos a la propia ciencia, quizás porque también tienen una concepción idealizada de la misma. Los científicos han mostrando una gran diversidad de opiniones acerca de cuestiones como el capitalismo, la intervención del estado en la empresa científica, y de otros problemas políticos, aunque la misma sociedad se ha encargado de mostrar que la comunidad científica tiene una uniformidad moral y política que en la realidad es inexistente.

Esta actitud un tanto idealizada de la ciencia forma parte de la visión descontextualizada y socialmente neutra de la ciencia, que se ha encontrado en el profesorado (Fernández, 2000; Fernández *et al.*, 2002). De acuerdo a estos antecedentes, el profesorado no reconoce la compleja relación que existe entre la ciencia y la sociedad, visualizando a la ciencia como una actividad socialmente neutra y ajena a la influencia del medio social y cultural. Acevedo *et al.* (2003) señalan que la tendencia general en la actitud del profesorado es no considerar los aspectos culturales y sociales de la ciencia en la práctica de aula habitual. En parte, este hecho se debe a que estas ideas se perciben como incompatibles con la finalidad exclusivamente propedéutica que ha tenido la enseñanza de las ciencias (Acevedo, 2004). En este mismo sentido, Fernández *et al.* (2002) afirman que en el ámbito de la enseñanza de las ciencias se acepta que la comprensión de la relación sociedad-ciencia tiene una escasa relevancia en la práctica de aula. De manera que, a pesar de los planteamientos actuales de la educación científica, persiste el predominio de una enseñanza de las ciencias centrada en aspectos más tradicionales, que, como señalan estos autores, “deja a la sombra las características esenciales de la actividad científica” (p.484). Para Sadler *et al.* (2006), la ausencia de estos tópicos en la práctica de aula se justifica, también, con la carencia de recursos para desarrollar experiencias apropiadas. Sin embargo, el profesorado justifica esta ausencia debido al factor tiempo, que finalmente es el argumento que

se esgrime cuando hay mucha dificultad para promover cambios en los paradigmas a nivel educativo.

La importancia de enseñar la interconexión entre la ciencia y la sociedad se encuentra muy bien documentada. Son numerosas las aportaciones provenientes de la investigación en didáctica de las ciencias que enfatizan reiteradamente en este aspecto, por citar algunos, Hodson (2003); Jenkins (1999); Kølsto (2001b); Mc Comas y Olson (1998); Sadler *et al.* (2006). Estos autores concuerdan que la incorporación a la enseñanza de los aspectos sociales de la ciencia y su adecuada contextualización, que incluye hasta los aspectos éticos y los valores implicados, permite al estudiantado mejorar a diversos niveles. Esta mejora ocurre a nivel académico, porque el conocimiento científico se hace más significativo y comprensible, y a nivel personal, porque el aprendizaje de estos aspectos adquiere un rol significativo en la formación del estudiantado como ciudadanos capacitados para tomar decisiones personales y tecnocientíficas apropiadamente fundamentadas.

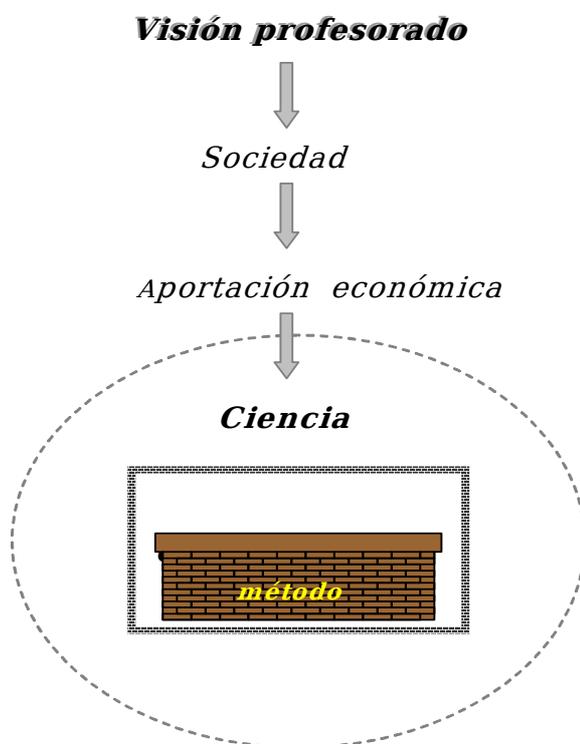
De este modo, la ausencia de reconocimiento de la influencia del contexto es una falacia, que queda absolutamente superada si se tiene en cuenta los aspectos que se han discutido y que dan cuenta que no es posible pensar en una ciencia al margen de la sociedad, así como tampoco una enseñanza al margen de la verdadera naturaleza de la ciencia. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que las diversas comunidades científicas, por consensos fundamentados o no en la lógica, literalmente lanzan afirmaciones que tienen un impacto sorprendente sobre el medio social y cultural. En este caso, la escuela o, más estrictamente, la educación científica, como uno de sus contextos fundamentales, se hacen eco de supuestas verdades, que de un modo explícito y/o implícito se encargan de transmitir.

Todos estos antecedentes nos llevan a afirmar que la sostenida presencia de una visión descontextualizada de la ciencia y sustentada en un método científico universal, que persiste en la sociedad y en la propia educación científica, no es producto del azar, ni menos de la ausencia de reflexión. De ahí que creemos necesario tratar este núcleo duro desde su argumentación original, que, aunque pudo tener sentido y utilidad para las

necesidades del siglo XIX y parte del siglo XX, ahora no es lo suficientemente amplia y profunda como para explicar adecuadamente todos los aspectos que conforman la naturaleza de la actividad científica. De esta manera, la tendencia en la actitud del profesorado no es aislada y tampoco es ajena a la visión que sustentaba la sociedad científica del siglo XIX y XX.

La actitud que ha mostrado el profesorado sobre la relación sociedad y ciencia se fundamenta, en parte, en una idea de la existencia de un método científico que está por encima de cualquier limitación personal, social y cultural. La figura 30 representaría esta visión del profesorado sobre el rol del método científico para la ciencia.

**Figura N° 30. Visión del profesorado acerca de la relación sociedad y ciencia**



Según esta idea, el método científico hace posible, debido a su supuesta objetividad y universalidad, que la ciencia no se vea afectada por factores externos presentes en la sociedad. La ciencia estaría relacionada con la sociedad por las aportaciones económicas, que recibe para desarrollar la actividad científica. Por lo demás, esta visión actúa como un núcleo duro sobre el cual se sostienen muchas de las actitudes que ha mostrado el profesorado sobre distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia

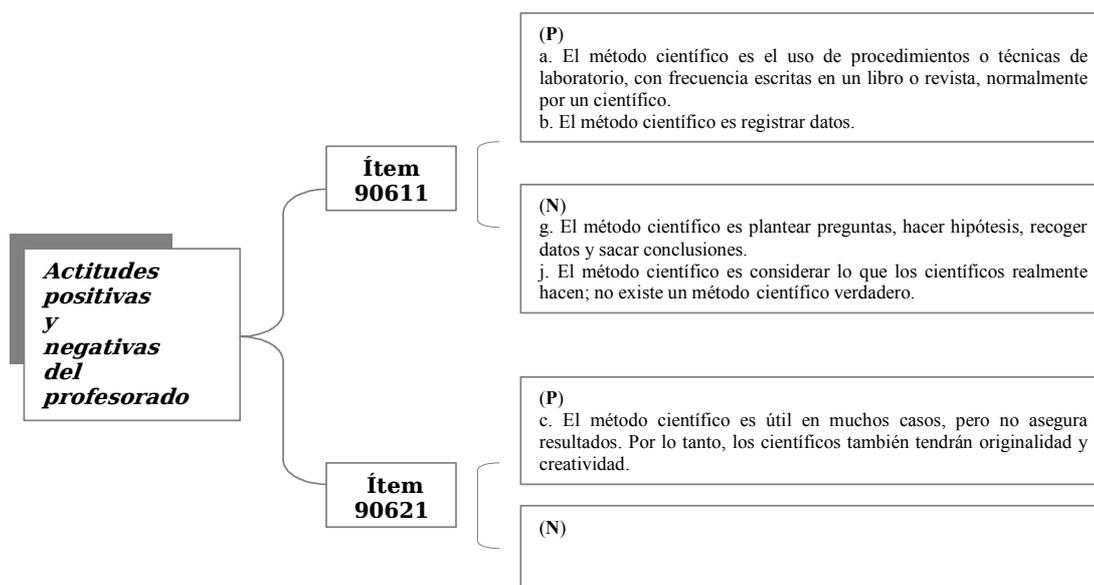
También se ha de considerar que la realidad de la actividad científica muestra que su práctica no sólo se hace en los laboratorios, sino también en las revistas científicas o en las instituciones públicas y privadas. De este modo, aunque la ciencia tenga una caracterización axiológica, hay otros contextos que tienen otros tipos de valores, y de los cuales la ciencia no puede abstraerse, porque se influyen estrechamente (Echeverría, 1998). Al respecto, Echeverría argumenta que es en los laboratorios donde se construye, produce y fabrica el conocimiento científico o una innovación científica relevante. Dentro de la comunidad de investigadores es donde ocurre el primer contraste de una innovación, pero que, sin embargo, hay que comprender que fuera del ámbito científico hay numerosos grupos que también están implicados e interesados en este nuevo conocimiento (desde los profesionales tecnocientíficos hasta la sociedad en general, e incluso se amplía más allá de las fronteras de un país y continente). Con esto se quiere mostrar que gran parte del conocimiento científico se acepta en base a convenios y decisiones, que en muchas ocasiones son ajenas a la propia axiología de la ciencia y a la utilización rigurosa de un método científico universal.

Esta ausencia de comprensión del vínculo sociedad y ciencia, además de encontrarse en el profesorado, también ha tenido un impacto importante en la ciudadanía. El desconocimiento de los procesos sociales vinculados a la ciencia y su desarrollo ha reforzado en la ciudadanía muchas ideas simplistas, que sitúan a la ciencia como un factor absoluto del progreso y, por lo mismo, que hace que le adscriban una responsabilidad mayoritaria en muchos problemas que aquejan al mundo en la actualidad, como, por ejemplo, el deterioro del ambiente (Fernández *et al.*, 2002, 2003).

En el campo de la relación ciencia y sociedad las decisiones que se toman se encuentran muy condicionadas por aspectos de orden axiológico - normas y valores culturales y sociales-, y actitudinal- sentimientos y emociones- (Bell y Lederman, 2003). Por esta razón, la adecuada comprensión por parte del profesorado del vínculo ciencia y sociedad se considera una variable fundamental a la hora de promover cambios en las aulas de ciencias.

### 8.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica

Para esta categoría el profesorado ha mostrado una actitud global negativa. Esta actitud es una muestra clara de las ideas sobre la metodología científica que predominan en el profesorado y esta tendencia refuerza algunas de las actitudes sobre este aspecto mostradas en la primera categoría. El esquema que se presenta a continuación menciona las ideas que el profesorado identificó preferentemente.



La actitud global del profesorado para describir la metodología científica se compone de ideas adecuadas e ingenuas expresadas en forma de actitudes positivas y negativas. Entre éstas últimas destaca la actitud muy negativa que ha mostrado a la única idea adecuada, que alude a la inexistencia de un método científico verdadero.

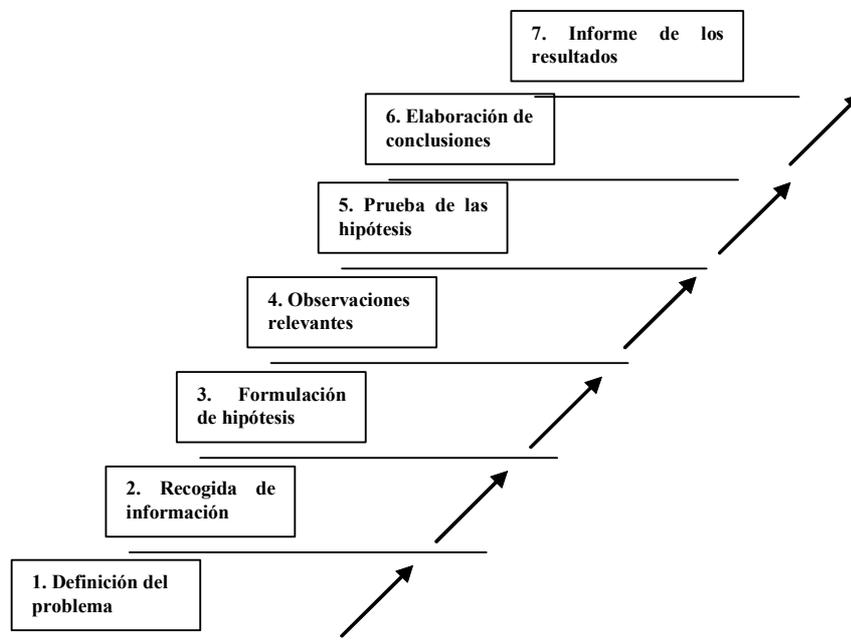
Se han encontrado antecedentes consistentes con la evidencia (Aikenhead, 1984; Acevedo *et al.*, 2007b; Brickhouse, 1990; Craven *et al.*, 2002; Gallagher, 1991; Glasson y Benteley, 2000; Lederman, 1999; Windschilt, 2004). Estos estudios señalan que el profesorado mostró una mayoría de actitudes ingenuas acerca de la metodología científica. Entre las actitudes más significativas se encontraron las que reforzaban la existencia de un método científico universal y las que enfatizaban el método científico basado en una secuencia de procedimientos. Otros antecedentes aportados en el ámbito local también son consistentes con la evidencia (Acevedo *et al.*, 2007a; Carrascosa *et al.*, 1993; Porlán, 1989; Fernández, 2000; Fernández *et al.*, 2002, Manassero *et al.*, 2004). Entre estos estudios cabe destacar la aportación de Acevedo *et al.* (2007), ya que el profesorado mostró una actitud similar a la que mostró el profesorado de nuestro estudio reforzando la tendencia ingenua en las actitudes sobre este aspecto de la ciencia.

Las ideas ingenuas que identificó el profesorado se han encontrado ampliamente difundidas en la enseñanza de las ciencias formando parte de una de las visiones deformadas, que plantea la existencia de un método científico concebido como una serie de pasos a seguir (Fernández *et al.*, 2002). Estas ideas también se encuentran en el mito, que transmite la enseñanza de las ciencias, que afirma que la ciencia es más procedimental que creativa (Mc Comas, 1998 op.cit.). Según este mito, la enseñanza de las ciencias transmite una visión de la metodología científica centrada, fundamentalmente, en la experimentación y en la observación. Ambos procesos se consideran los medios por excelencia para la obtención de información relevante para la ciencia. Al respecto Fernández *et al.* (2002) y Mc Comas (1998 op.cit.) coinciden en que la fuerte presencia de estas ideas ingenuas se encuentran muy extendidas entre el profesorado, estudiantado y, prácticamente, en todos los ámbitos de la enseñanza de las ciencias: currículos, contenidos, metodologías, estrategias, recursos, entre otros.

En la enseñanza de las ciencias la visión de la metodología científica, basada en una serie de pasos y procedimientos rígidos a seguir, se originó, inocentemente, a partir del estudio desarrollado por Kessler (1945). El

trabajo de Kessler tenía la finalidad de elaborar una lista de características asociadas con la investigación científica. Este autor llegó a establecer, después del proceso de recogida de datos, una lista con los ítems mejor situados por la muestra de científicos participantes en el estudio. Finalmente, estos aspectos se colocaron en un orden lógico hasta que, finalmente, se elaboró el esquema con los elementos asociados a la investigación científica. Esta lista suscitó la atención de los editores de libros de textos de aula, y así fue como rápidamente se incluyó con el sentido de que dichas etapas describían “cómo se hacía ciencia”. Aunque con el tiempo se han reducido los pasos de la lista original, ha persistido la base errónea que la identificó desde sus inicios con las etapas del método que siguen los científicos (Mc Comas, 1998). Las etapas del modelo de método científico, que, supuestamente, desarrollan mecánicamente los científicos, se presentan en la figura 31.

**Figura Nº 31. Las etapas típicas asociadas con el denominado “método científico”**



*Fuente* Adaptado de Mc Comas (1998)

En contraste con esta idea de la metodología científica se encuentran otras, como la que expresa la idea adecuada que identificó negativamente el profesorado y que sostiene que el método científico es considerar lo que los científicos realmente hacen y que verdaderamente no hay un método científico. Esta visión menos lineal y absoluta de la metodología científica se ha ido configurando desde las aportaciones epistemológicas de Kuhn. Más tarde Feyerabend sostuvo, de un modo más radical, que en la ciencia no es posible encontrar un método científico, sino, más bien, un quehacer científico caracterizado por un pluralismo metodológico que es fundamental para el progreso científico. Según Feyerabend es el propio devenir de la historia de la ciencia la que ha mostrado que ningún método científico tiene reglas inalterables. Para Feyerabend, el quehacer científico se ha caracterizado por contravenir explícita o implícitamente reglas metodológicas generalmente aceptadas, y que, sin embargo, su observación parecía imprescindible para que una teoría se aceptase. Contrariamente a las ideas que se habían gestado fuertemente desde los inicios del siglo XX, en 1970, Feyerabend propugnó la idea del liberalismo metodológico, que no restringe la investigación científica encorsetándola a determinadas reglas (Echeverría, 1999). Así es como Feyerabend defendió la postura del “todo vale” para la metodología científica y, según este filósofo de la ciencia, esta debía considerarse como la regla o principio metodológico más adecuado para el progreso de la ciencia. Aunque la postura de este filósofo resultó altamente criticable, la historia y la sociología de la ciencia se han encargado de demostrar que, efectivamente, los científicos desarrollan la tarea científica utilizando una gran diversidad de métodos, de técnicas, y de habilidades y atributos personales, que no siempre es posible ajustar a los parámetros tradicionales de la metodología científica transmitida en la enseñanza de las ciencias.

Por otra parte, esta visión de la metodología científica se vincula también con el desarrollo de una axiología científica. Si se acepta que la axiología de la ciencia analiza los fines y métodos de la ciencia en función de los valores que hipotéticamente se satisfarían si se logran dichos objetivos, entonces la metodología científica, así como la propia ciencia, no se puede encuadrar en un marco lineal y absoluto, ya que los valores que la

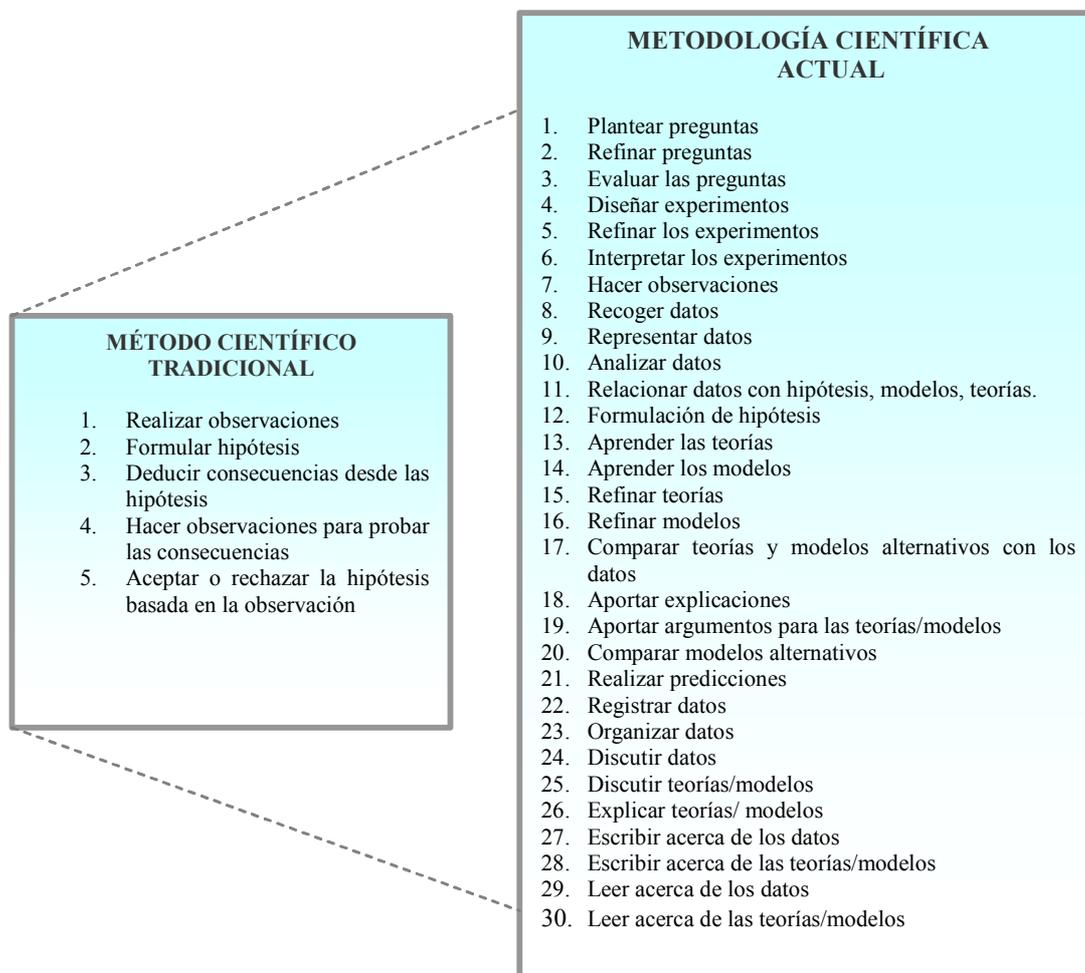
fundamentan cambian, y esto mismo ocurre con las disciplinas, los contextos y los escenarios en que se desarrolla (Echeverría, 1999). Por tal razón, la propia idea del pluralismo metodológico que impugnó Feyerabend contiene implícitamente un pluralismo axiológico, que es necesario tener en cuenta. En concordancia con esta postura, Olivé (1995) expresa que en la actividad científica hay una pluralidad axiológica, que, naturalmente, se extiende a la metodología científica. Olivé refuerza esta visión del pluralismo metodológico afirmando que “No hay ningún conjunto fijo de reglas metodológicas, que sean legítimas para aplicar a la ciencia” (p. 135).

La enseñanza de las ciencias requiere unos conceptos mínimos fundamentales para desarrollar en el estudiantado una adecuada comprensión de la naturaleza de la actividad científica. En este sentido Grandy y Duschl (2007) han realizado una aportación importante al tomar los aspectos más relevantes del método científico tradicional y adaptarlos, según los actuales planteamientos de la actividad científica, a lo que sería un modelo base de la actual visión de la metodología científica para incorporarlos a la enseñanza de las ciencias.

Esta idea de metodología científica, de utilidad para la enseñanza de las ciencias, se conforma de una treintena de procesos que, se sabe, desarrollan los científicos cuando realizan una investigación. Las etapas del método científico tradicional pasan a formar parte del conjunto de procesos perdiendo la rigidez, pero ganando en flexibilidad, hasta el punto que es posible recurrir a ellas una y otra vez.

La figura 32 indica la propuesta de metodología científica que proponen estos autores.

**Figura Nº 32. Contrastes en los procesos implicados en el método científico tradicional y los procesos que componen el modelo actual de metodología científica.**



*Fuente* Adaptado de Grandy y Duschl (2007)

Esta contribución de la investigación didáctica, para una mejor comprensión de la metodología científica, es un punto de inflexión para promover en la enseñanza de las ciencias una evolución de la visión tradicional del método científico hacia otra más real y cercana a las tareas que desarrollan los científicos cuando investigan.

La propuesta de Grandy y Duschl (2007) cobra aún más sentido al relacionarlo con el marco que fundamenta el Modelo Cognitivo de Ciencias (Giere, 1990), porque incluye procesos de la investigación científica, que pueden aplicarse a la construcción del conocimiento científico escolar (Izquierdo *et al.*, 1999). En relación con la importancia que tiene la metodología científica desde el modelo cognitivo de ciencias esta autora señala:

“El método con el cual los alumnos alcanzarán su meta será el que funcione en el aula, y que probablemente no será el método experimental propio de las ciencias (puesto que difícilmente se llegará a poder experimentar de manera autónoma, debido a que los métodos y los instrumentos les son tan desconocidos como las teorías científicas); los experimentos no van a tener sentido para ellos si no es a través de la reconstrucción escrita, gracias a la cual tomará sentido tanto el proceso como la “visión del mundo” que resulte de él. Así pues, discutir con los demás sobre los experimentos, escribir reflexivamente sobre ellos y construir para ellos los signos adecuados (tablas, gráficos, símbolos, palabras) llegando a un consenso sobre su significado será el “método” que conduzca a la construcción del conocimiento científico escolar” (p.50).

Tobias (1990) sostiene que la comprensión inadecuada de la naturaleza de la metodología científica por parte del profesorado puede ser un impedimento para que el estudiantado pueda desarrollar sus aprendizajes y expresar su propia creatividad e imaginación. Aunque sobre esta afirmación hay que poner atención, ya que los estudios más recientes continúan señalando que la actitud favorable del profesorado sobre este aspecto de la ciencia no implica que las exprese adecuadamente durante la práctica docente (Swchwartz y Lederman, 2009).

La actitud del profesorado sobre los procesos de la ciencia se ha mostrado conformada por una idea adecuada, que enfatiza en la utilidad del método, pero también incluye atributos personales de los científicos, como la originalidad y creatividad. Sin embargo, esta actitud contrasta con

la evidencia aportada en otros ítems, ya que el profesorado negó la influencia de las características personales de los científicos en la ciencia. Esta actitud implica que el profesorado tiene contradicciones en sus ideas y explicaciones acerca de la metodología científica.

Hay antecedentes consistentes con la evidencia derivada del análisis de esta categoría en Mellado *et al.* (2008)<sup>20</sup>. El profesorado de este estudio reconoció que la metodología científica depende en muchos casos de las circunstancias particulares del hecho que se investiga, así como, también, de las ideas previas y de la subjetividad de los científicos.

Un aspecto importante que es necesario enfatizar en la visión actual de la metodología científica es la revalorización de diversos atributos humanos, que han estado siempre presentes en la ciencia, porque ningún trabajo científico se ha sostenido ni sostiene en base a los resultados empíricos. En este sentido Lederman *et al.* (2002) enfatizan que la ciencia requiere de estos atributos para la invención de explicaciones y para la elaboración de entidades teóricas, y sobre cuyos procesos afirma que:

“Es cierto que los científicos observan, comparan, miden, prueban, especulan, elaboran hipótesis, crean ideas y herramientas conceptuales, y construyen teorías y explicaciones. Sin embargo, esta no es la única secuencia de actividades que puede originar una respuesta funcional o válida, o dar origen a un conocimiento verdadero” (p. 501).

Esta misma visión también es compartida por Fourez (2000), quien sostiene:

“Los científicos utilizan todo el ingenio y la creatividad de los mejores artesanos y de los diplomáticos para negociar con los mundos sociales y naturales con el fin de llegar a construirse representaciones que cumplan las funciones que ellos tratan de alcanzar” (p. 60).

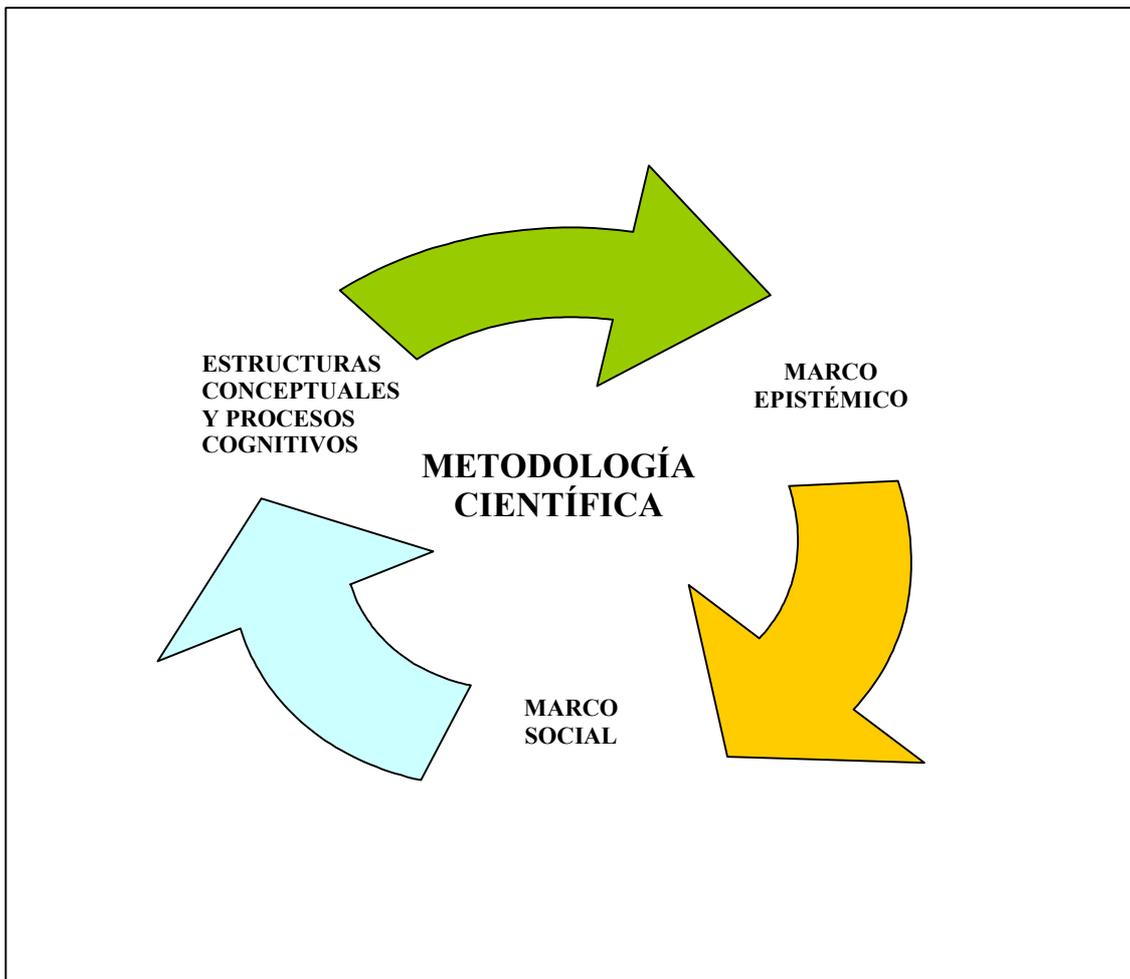
También Grandy y Duschl (2007) proponen un marco conceptual para el desarrollo de una metodología de la ciencia, que debería

---

<sup>20</sup> Este estudio involucró al profesorado de diversos países de Europa, entre ellos España. La evidencia que se señala se obtuvo, además, por medio de técnicas cualitativas de recogida de datos y de análisis.

desarrollarse en función de tres bases fundamentales interrelacionadas (Figura 33).

**Figura Nº 33. Componentes de la metodología científica desde los modelos actuales**



*Fuente Adaptado de Grandy y Duschl (2007)*

Este ciclo se retroalimentaría debido a la conexión que se establece entre los tres aspectos que lo componen:

- Una estructura conceptual y cognitiva: que implica los procesos de razonamiento acerca de los temas científicos,
- Un marco epistémico: que incluya el marco filosófico para desarrollar y evaluar el conocimiento científico, y

- ▀ Un marco social: que incorpore los procesos y las características del contexto social, que permita comprender cómo ocurren los descubrimientos científicos, su comunicación, su representación y su argumentación.

Grandy y Duschl (2007) sostienen que los múltiples aspectos que pueden componer estos tres marcos y las interrelaciones entre ellos aportarían muchos de los elementos que carecen las aulas de ciencias en relación con la metodología científica. Según estos autores, la inclusión explícita del componente epistemológico y social, que rara vez o nunca se ha tenido en cuenta, abre una nueva dimensión sobre este aspecto de la ciencia que, como señalan los antecedentes, tiene un papel importante en la calidad de los aprendizajes del estudiantado.

A modo de síntesis, con la evidencia aportada en esta categoría se puede afirmar que el profesorado parece tener alguna idea acorde con la visión actual de la metodología científica, pero la tendencia mayoritaria es sostener la visión del método científico tradicional, así como algunas ideas ingenuas y simplistas, que evidencian un desconocimiento de los fundamentos metacientíficos y de la importancia didáctica que tiene la adecuada comprensión de este aspecto de la ciencia.

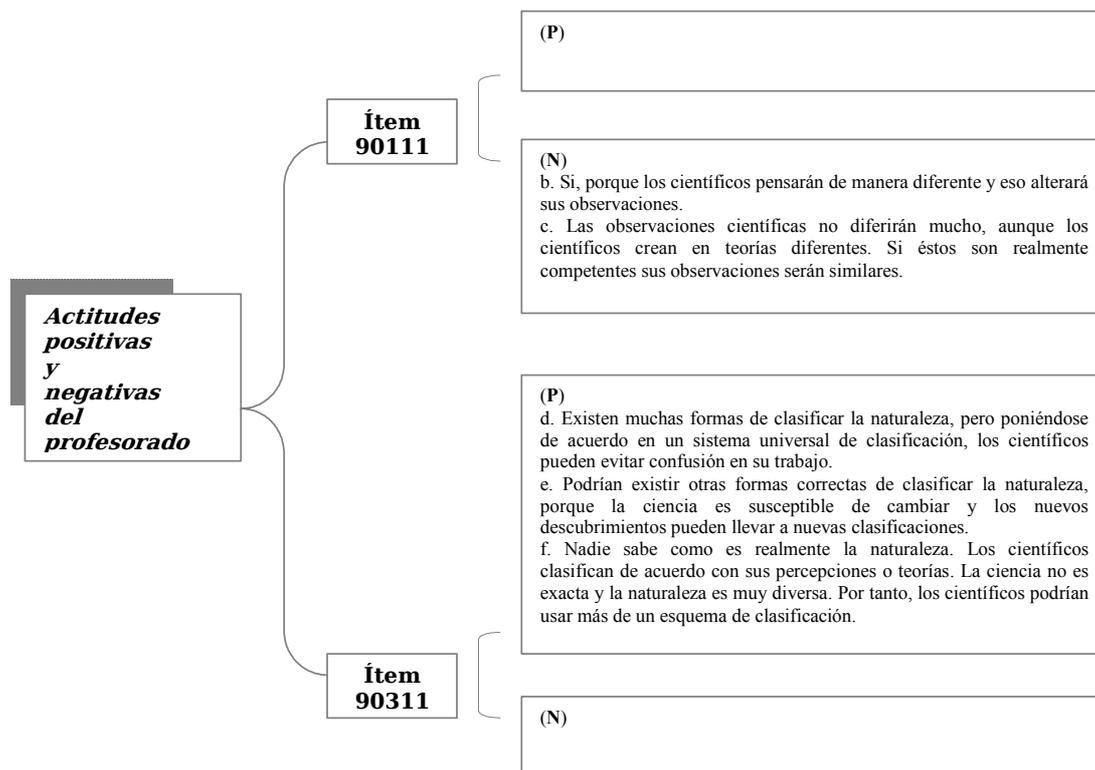
Como ejemplo de esta situación tomamos la reflexión que realiza Mc Comas (1998 op.cit.), quien expone:

“El nivel de refuerzo que realiza la enseñanza de las ciencias respecto al método científico tradicional es tan fuerte que es el propio estudiantado el que se decepciona cuando saben que los científicos, en realidad, no siguen un método rígido y establecido de determinados pasos a seguir” (p.40).

### ***8.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica***

El profesorado ha mostrado una actitud global positiva, pero muy débil, hacia las ideas sobre el rol de la observación e inferencia científica. En parte esta tendencia se debe a la actitud negativa, que mostró el profesorado hacia la mayoría de las ideas relacionadas con la naturaleza de la observación científica. En cambio, el profesorado ha mostrado una

actitud más favorable hacia otras ideas, que aluden a la inferencia, a través de las ideas que aluden a la clasificación que hacen los científicos de la naturaleza. El esquema muestra las actitudes más positivas y más negativas de los dos ítems que componen esta categoría.



El profesorado ha mostrado una actitud global desfavorable hacia la mayoría de las ideas que valoran la naturaleza subjetiva de las observaciones científicas. Esta actitud sugiere una negación del carácter subjetivo de la observación y de la influencia de las teorías previas en los procesos de la ciencia.

Se encontraron numerosos antecedentes consistentes con la evidencia (Bartholomew *et al.*, 2004; Fernández, 2000; Gallagher, 1991; Kouladis y Ogborn, 1995; Lin y Chen, 2002; Lotter *et al.*, 2006; Windtschitl, 2004; entre otros). Estos estudios señalan que el profesorado ha mostrado una actitud positiva hacia ideas inductivas e ingenuas de la ciencia, y en particular de la observación científica. Este profesorado no consideró el

papel de las teorías previas o de modelos científicos en los procesos de la ciencia, revelando una actitud claramente inductiva ingenua. Los antecedentes aportados por Windschitl (2004) señalan que el profesorado mostró una actitud similar a la evidencia al negar el carácter subjetivo de la observación y la influencia de las teorías en cualquiera de los procesos que realizan los científicos. Aunque la mayoría de los antecedentes muestran esta tendencia en la actitud del profesorado, hay algunos que muestran una tendencia opuesta, con ideas más adecuadas (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). En este estudio el profesorado identificó positivamente las ideas sobre la subjetividad de las observaciones y la influencia que ejercen diversos factores en la actividad científica.

Este método inductivo se afirmó por el positivismo lógico y se consideró como el método principal de las ciencias empíricas (Echeverría, 2000 *op.cit.*). Este modelo se basa en la lógica que “Todas las S’s observadas son P’s, por lo tanto, todas las S’s son P’s”, y se caracteriza por abordar la validez de las inferencias utilizando la observación (Padilla, 1986). En 1958, Hanson impugnó esta lógica al sostener que toda observación científica está “cargada de teoría”. Más tarde Kuhn, que también desarrolló las ideas de Hanson, afirmó que la historia de la ciencia muestra que los grandes avances científicos no han derivado exclusivamente de la acumulación de datos obtenidos a través de la observación o de la utilización de nuevos instrumentos, sino que en ellos también han estado implicadas diversas elaboraciones humanas como la intuición e imaginación. Acerca de los planteamientos de Kuhn sobre la observación científica, Echeverría (2000) aporta la siguiente reflexión:

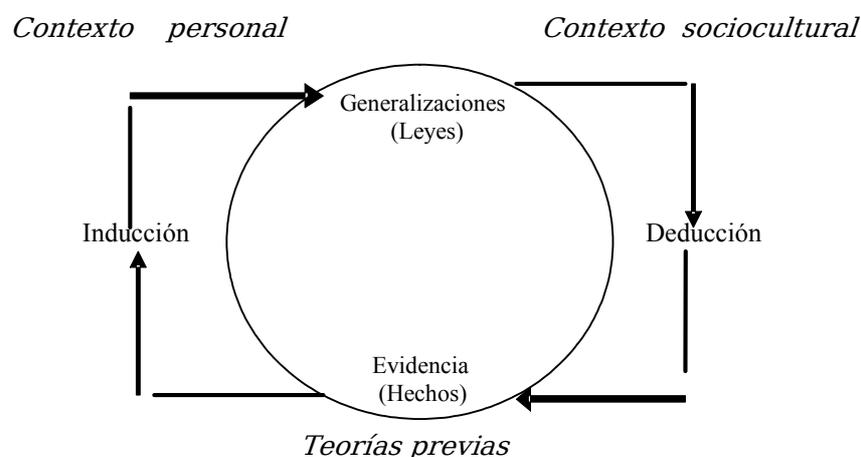
“Las teorías de Hanson sobre la percepción de los científicos, así como las investigaciones de la psicología de la Gestalt, están repetidamente invocadas por Kuhn” (...). Kuhn no creyó en la inmediatez de los datos sensoriales para el conocimiento científico, ni mucho menos en su capacidad para actuar como fiel balanza, en tanto base empírica estable entre dos paradigmas rivales” (p.127).

Hay un consenso generalizado en que los científicos, al abordar un problema o pregunta, lo hacen sobre un modelo previo, que orienta prácticamente todos los procesos de la investigación, incluida la

observación. Hacking (1996) refuerza esta concepción al señalar que “la observación y la experimentación científica están cargadas de una competente práctica previa”. Sin embargo, también, en la filosofía, historia y sociología de la ciencia hay numerosas referencias, que confirman que toda observación científica está afectada por ideas previas, así como por otros factores que relativizan y subjetivan sus productos. Al respecto, Klimovsky (1994) sostiene que la observación científica no es un hecho puro, ya que no se observa sin estructurar sobre una base teórica, del mismo modo que sin hipótesis y sin teoría no es posible la observación. Este autor afirma que en cada observación existe una construcción del sujeto, en el sentido que toda observación va acompañada de una idea previa. Por tal razón, la observación científica está condicionada al observador y unida a su lenguaje y a su bagaje cultural. De ahí que se concluye que no existe una observación pasiva, sino una reestructuración de lo que cada uno quiere observar utilizando las nociones que resultan útiles. Fourez (2000 op.cit.) amplía esta visión realzando que la comunidad científica nunca ha sido un colectivo neutro ni desinteresado, y sobre el cual afirma “la forma de pensar de la mayoría de los científicos estará influida por su lugar social” (p.73).

Para la didáctica de las ciencias el modelo inductivo ingenuo es de interés, ya que fundamenta el modelo didáctico por descubrimiento, ampliamente utilizado en las aulas de ciencias. Así, Mc Comas (1998 op.cit.), en un intento de reforzar la adecuada comprensión de este aspecto, muestra la significativa diferencia que tiene el papel de la observación en el modelo inductivo respecto del que tiene en la visión actual de la ciencia.

Como indica la figura 34, el modelo inductivo ingenuo sitúa a la observación en la base, y se considera como el proceso iniciador de la generación del conocimiento científico.

**Figura Nº 34. Modelo inductivo ingenuo**

*Fuente* Adaptado de Mc Comas (1998)

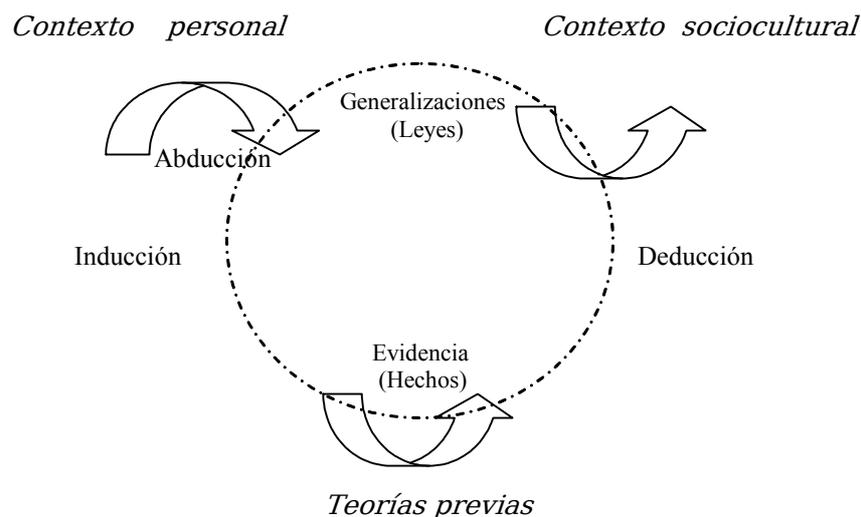
Este modelo se caracteriza por omitir la influencia de los factores externos a la observación. Entre estos factores cabe señalar el contexto personal, el contexto sociocultural y las teorías previas relacionadas con la actividad científica y con todo el ámbito sociocultural. La línea cerrada representaría la ausencia de influencias externas en la actividad científica en general, y en particular sobre la observación

En contraste, en la figura 35 Mc Comas (1998 op.cit.) representa el sentido y rol que tiene la observación desde las actuales perspectivas de la ciencia. La inducción, aunque presente, se muestra como un proceso más. Según este modelo todos los procesos de la ciencia están influidos por el contexto personal y el contexto sociocultural, y, desde esta perspectiva, las teorías previas tienen un rol fundamental.

El proceso de interacción se representa por las líneas abiertas del círculo e intenta representar esta idea de los procesos de la ciencia, que funcionan como un "sistema abierto". A diferencia del modelo ingenuo, este modelo incorpora el proceso de abducción para representar el salto creativo presente en toda investigación científica. La abducción es la etapa donde se expresan con mayor fuerza las influencias personales, como la ética, la filosofía, la axiología, la creatividad y la imaginación, entre muchos

otros atributos, que aportan y fundamentan la subjetividad de los procesos de la ciencia, y de la observación.

**Figura N° 35. Modelo actual sobre la construcción del conocimiento científico**



*Fuente Adaptado de Mc Comas (1998)*

Sobre la influencia de la visión inductiva en la enseñanza de las ciencias cabe destacar los antecedentes aportados por Windschitl (2004 op.cit.). En el estudio desarrollado por este autor las ideas inductivas que mostró el profesorado se reflejaron en sus prácticas. Las ideas del profesorado se reflejaron al otorgar mayor relevancia a los aspectos técnicos y procedimentales que a la exploración de las teorías previas de los contenidos que estaban enseñando. El profesorado que mostró ideas ingenuas tuvo dificultades para desarrollar tareas relacionadas con la elaboración de un proyecto de investigación propio. Esta dificultad fue especialmente visible en las etapas iniciales del proceso de investigación, que coinciden con procesos más creativos, como los vinculados con el planteamiento del problema, el planteamiento de preguntas, y también con el propio diseño de la investigación. Después, en el aula, esta actitud del

profesorado se reflejó en las escasas oportunidades que otorgó al estudiantado para promover este tipo de actividades, pero sí que dio prioridad y reforzó actividades dentro de un modelo basado en el método científico y, además, altamente estructurado.

Windschitl (2004)<sup>21</sup> plasmó las principales evidencias aportadas por el estudio en un esquema que muestra las relaciones e interacciones entre los procesos de la ciencia (Ver Figura 36).

El esquema expone las singularidades del modelo tradicional y el modelo actual de metodología de la ciencia en base a tres aspectos:

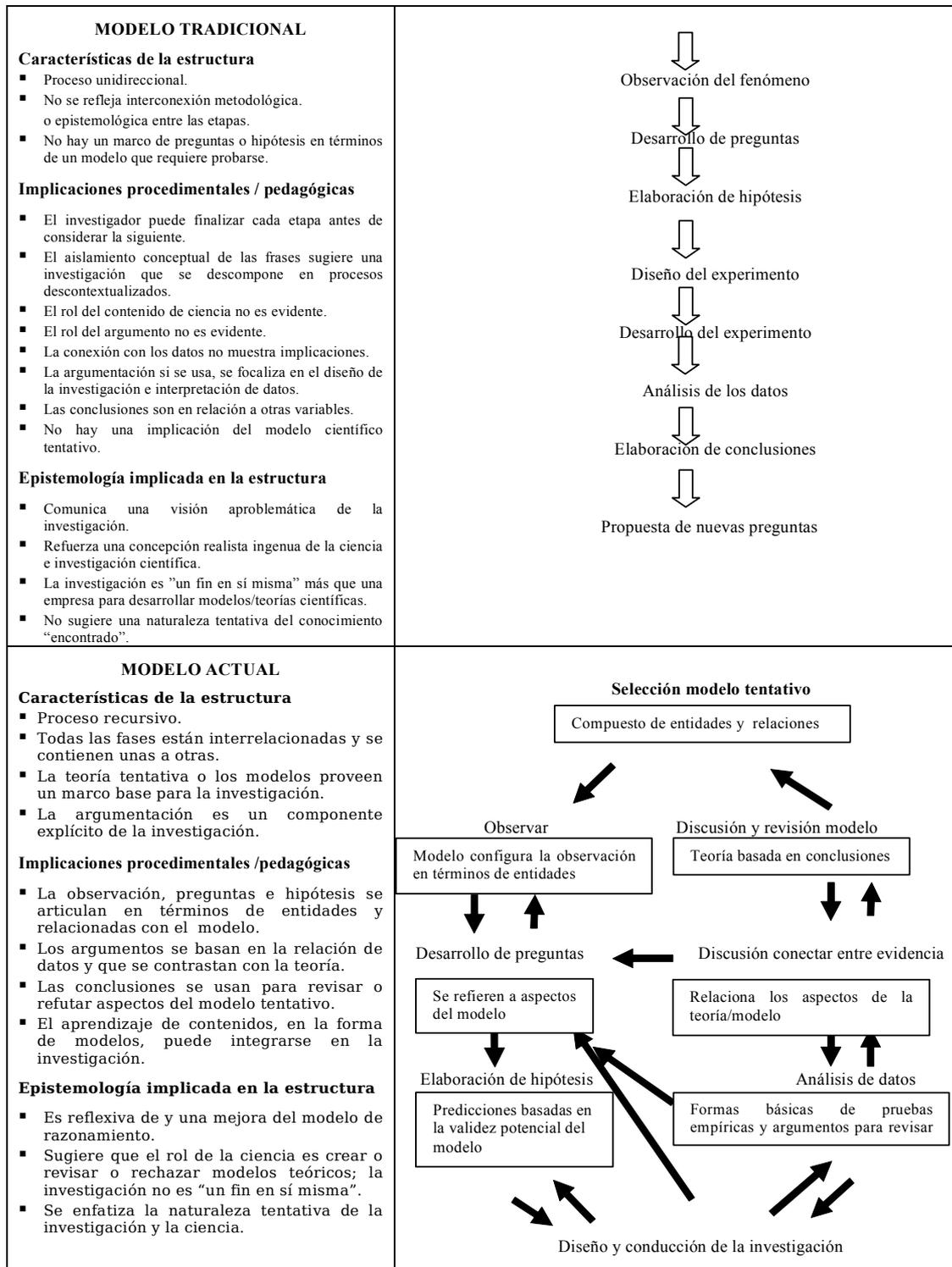
- ▀ características de la estructura,
- ▀ implicaciones procedimentales/pedagógicas y
- ▀ la epistemología implicada en la estructura.

Esta representación incluye las implicaciones pedagógicas que tiene la visión inductiva, y que no siempre se tienen en cuenta cuando se analizan estos aspectos de la ciencia. Se visualizan las diferencias entre los modelos y se ve cómo, en el más actual, las distintas etapas se solapan, revisan, y retroalimentan; la observación se encuentra subordinada a una etapa teórica previa

---

<sup>21</sup> Windschitl (2004) desarrolla un estudio que investiga las creencias del profesorado sobre la investigación científica.

**Figura Nº 36. Esquema que representa y explica las características del modelo de metodología tradicional y el modelo de metodología actual**



Fuente Adaptado de Windschitl (2004)

Por otra parte, el profesorado mostró una actitud global más favorable hacia la otra idea de la categoría, que enfatiza la naturaleza subjetiva de las inferencias que hacen los científicos. En este sentido, el profesorado ha aceptado positivamente que no hay una sola forma de clasificar la naturaleza, que la ciencia es susceptible de cambiar, y que los nuevos descubrimientos pueden llevar a nuevas clasificaciones. También ha aceptado que existen muchas formas de clasificar la naturaleza, por lo cual, la ciencia debe consensuar un sistema universal de clasificación. Aunque el profesorado mostró una actitud inductiva, en este ítem ha mostrado una actitud más favorable al aceptar el papel que tienen las teorías y sus percepciones, así como, también, que la ciencia no es exacta y la naturaleza es muy diversa.

Los antecedentes encontrados muestran distintas tendencias en relación con la evidencia. Los antecedentes aportados por Lederman (1999) son consistentes, ya que el profesorado mostró la misma actitud hacia este aspecto de la ciencia. En cambio, una mayoría de antecedentes coinciden en señalar una tendencia que contrasta con la evidencia (Abd-El-Kalick, 2005, op.cit.; Acevedo, 2003; González *et al.*, 2005; Martínez-Losada y García-Barrios, 2006). En el ámbito local, los antecedentes aportados por Martínez-Losada y García-Barrios (2005)<sup>22</sup> y Acevedo, Vázquez, Acevedo & Manassero (2003) coinciden en señalar que, para el profesorado, la observación es la actividad más importante de la actividad científica y que los científicos observan la naturaleza tal cual es. También González *et al.* (2005 op.cit.) aportan antecedentes similares, ya que el profesorado consideró que los modelos de la evolución biológica son similares a como es la realidad. La aportación de Abd-El-Kalick (2005 op.cit.) sigue esta misma tendencia, pero en este estudio el profesorado identificó, además, los avances tecnológicos como la fuente principal a partir de la cual la ciencia genera los descubrimientos y señalaron como ejemplo el papel del microscopio electrónico de alta resolución en la

---

<sup>22</sup> En el estudio participaron 218 profesores de enseñanza secundaria de ciencias naturales de la comunidad autónoma de Galicia. El objetivo es conocer cómo valora el profesorado los diversos tipos de actividades procedimentales. Se basa en una lista de 16 actividades y/o procesos relacionados con la actividad científica.

ciencia. En contraste, sólo una minoría del profesorado reconoció que la observación científica es dependiente de una teoría o de un conocimiento previo. Estos antecedentes también se refuerzan con las aportaciones de Lederman *et al.* (2002) y Yao Liu y Lederman (2007 op.cit.), ya que coinciden en que, aunque el profesorado mostró actitudes acordes, de todos modos, ha evidenciado una actitud global ingenua acerca de la ciencia y de sus procesos.

La evidencia sugiere que el profesorado comprende que los científicos clasifican la naturaleza a partir de inferencias y suponen que éstas son una correspondencia de la realidad y no la realidad en sí. La correspondencia entre el conocimiento científico y la realidad es una cuestión que ha preocupado a la filosofía de la ciencia desde sus inicios (Adúriz- Bravo *et al.*, 2002). Los modelos post positivistas asumen que las entidades teóricas, en este caso el sistema de clasificación, son una herramienta de organización del mundo de los fenómenos, que no tienen necesariamente una contrapartida en la realidad ontológica. En este sentido rescatamos la postura de Hacking (1996 op. cit.) quien afirma que los científicos crean un sistema de clasificación que no tiene una realidad ontológica, pero que tiene una función relevante para representarnos el mundo natural e intervenir en él. Este autor enfatiza en el papel de la observación y la experimentación para obtener conocimiento científico y modificarlo, pero afirma que estos procesos no describen ni descubren el mundo tal y como es, como se lee en las visiones más tradicionales, sino que lo mediatizan y transforman al intervenir activamente en él.

El enfoque epistemológico de modelos teóricos propugna la idea de una relación indirecta entre las declaraciones que elabora la ciencia y el mundo natural, si se puede llamar real (Suppes, 1960)<sup>23</sup>. Esta perspectiva rompe con la visión absoluta y universal de la ciencia y con el supuesto de verdad de la lógica matemática, pero la idea de verdad es la que se utiliza para caracterizar el modelo. Así, la verdad es ahora la verdad del modelo y no de la realidad o del fenómeno, que se pretende describir. Estas ideas se

---

<sup>23</sup> La idea de modelos la expone Suppes (1960) en el artículo "*A comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Science*"

fundamentan, además, con el reconocimiento de la realidad de la propia actividad científica, ya que, muchas veces, los científicos utilizan medios no lingüísticos, como diagramas, modelos a escala, entre muchas otras representaciones, para caracterizar los temas que les ocupan.

Giere (1999, *op.cit*) señala que los científicos parten del supuesto que la naturaleza es compleja, del mismo modo que lo es la relación entre el modelo y ésta. Desde esta perspectiva, el problema central es ver en qué medida se ajusta el modelo a los sistemas correspondientes en el mundo real y hasta qué punto es similar a ellos. Por lo cual, los diversos planteamientos que hacen los científicos corresponderían a los ajustes que hacen al modelo al encontrar nuevas evidencias. Sin embargo, en la enseñanza de las ciencias rara vez se considera esta perspectiva relativa y en parte subjetiva del conocimiento que aporta la ciencia a la sociedad.

Desde la didáctica de las ciencias se señala que es necesario que el profesor desarrolle en el aula situaciones que enriquezcan los modelos teóricos que tiene el estudiantado sobre los fenómenos que estudia y que, a la vez, promuevan la construcción de modelos teóricos más complejos, proceso que ha de ocurrir en función del incremento de las explicaciones sobre el fenómeno que se estudia (Solsona *et al.*, 2000). Para que esto ocurra, el profesor ha de tener una adecuada comprensión de los aspectos metacientíficos y de los conceptos científicos de la disciplina que enseña.

Las ideas que tiene el profesorado probablemente influyan positiva o negativamente en la construcción de los modelos teóricos en el estudiantado. Así, el rol que adscriban a la observación y la inferencia puede determinar la orientación que seguirá el aprendizaje del estudiantado que, básicamente, se puede reducir a dos posibilidades:

- Un modelo teórico adecuado, o
- Un modelo teórico erróneo o incompleto del fenómeno.

De este modo, si el profesorado enfatiza una visión inductiva y objetiva de la observación científica, probablemente defina un tipo de enseñanza muy pobre en la promoción de la construcción de modelos teóricos en el estudiantado. En cambio, si sostiene una visión más tentativa, flexible, subjetiva de la observación científica, probablemente

promoverá en el estudiantado procesos de aprendizaje más complejos, que le conducirá, de un modo casi natural, a elaborar un modelo teórico representativo del fenómeno natural que se estudia.

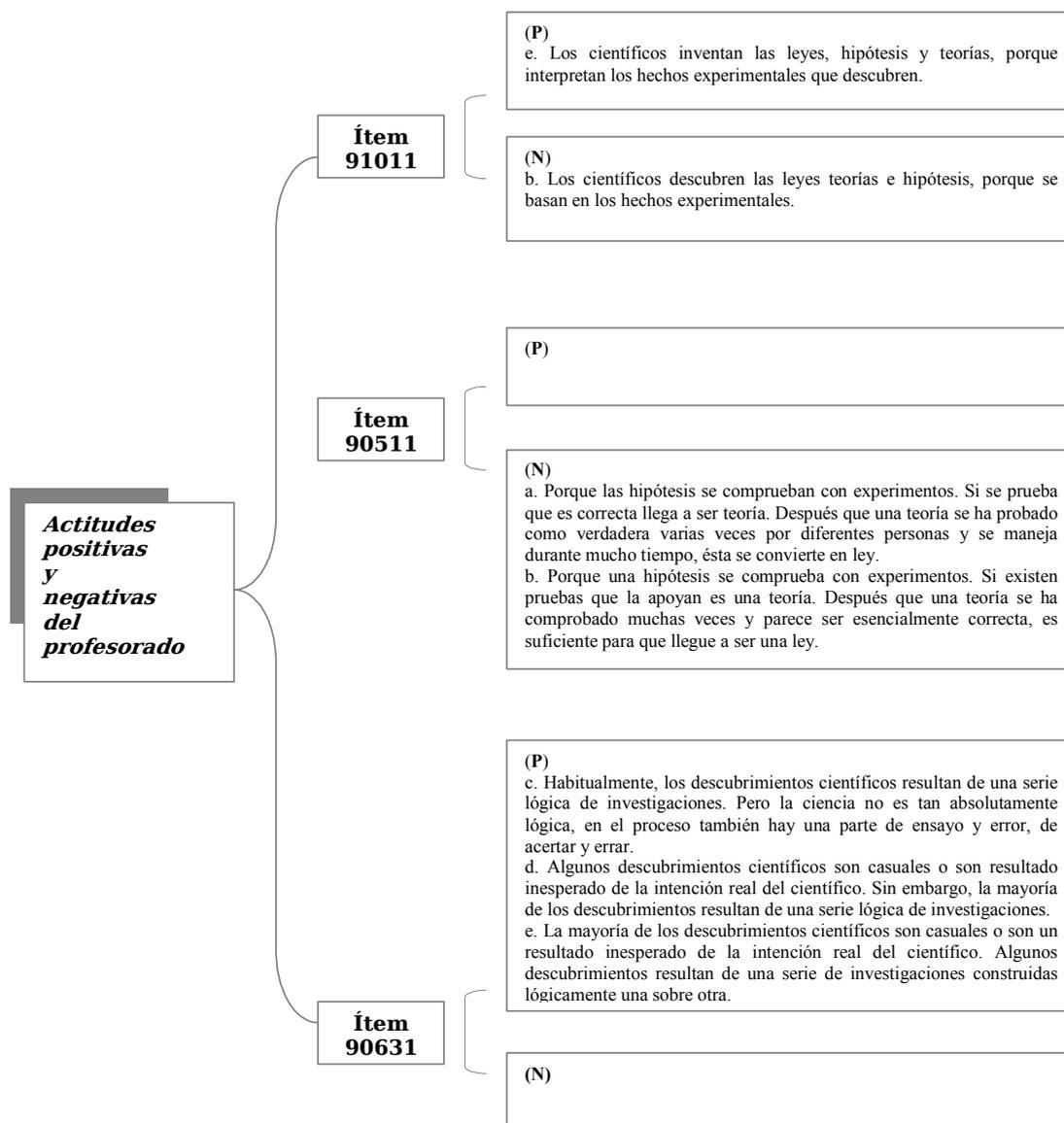
También son importantes las actitudes del profesorado en la práctica de aula en relación con la utilización o no de mediadores o modelos del segundo orden, heurísticos, o modelos analógicos del modelo de ciencia escolar. Este aspecto se ha de contemplar en el sentido que es probable que las ideas epistemológicas del profesorado influyan, ya sea facilitando u obstaculizando, en la utilización de estos mediadores. Estos mediadores parecen tener un papel importante en permitir al estudiantado avanzar desde mostrar lo que se ve, es decir, el hecho o el fenómeno, a mostrar aquello que se sabe sobre el mundo, es decir, el hecho científico reconstruido desde el modelo (Adúriz- Bravo *et al.*, 2005). Ello es debido a que se cree que es muy poco probable que un profesor, que sostenga actitudes ingenuas, logre utilizar adecuadamente estos mediadores, y así la enseñanza y el aprendizaje se verán enriquecidos o empobrecidos en función del tipo de ideas que sustente el profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia.

A partir de estas posturas se puede inferir que el grado de comprensión que tiene el profesorado sobre este aspecto de la naturaleza de la ciencia, así como de otros diversos (recordemos que se encuentran interrelacionados), afectará a la calidad de las explicaciones del marco conceptual, y también al nivel de complejidad del modelo teórico que llegue a construir el estudiantado sobre el fenómeno que están aprendiendo.

#### ***8.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas***

El profesorado ha mostrado una actitud global positiva conformada por distintas tendencias. Éste ha mostrado una actitud más acorde hacia la idea, que afirma que las hipótesis, teorías y leyes se inventan por los científicos y que los descubrimientos son resultados de la investigación, aunque, a veces, está presente la casualidad. Sin embargo, también ha identificado negativamente las ideas ingenuas, que sostienen que las hipótesis, teorías y leyes se descubren por los científicos y que las hipótesis

pueden evolucionar hasta convertirse en leyes como resultado de la comprobación. El esquema que se expone a continuación muestra las ideas que el profesorado identificó positiva y negativamente en esta categoría.



Acerca de las ideas de la naturaleza y rol de las hipótesis, teorías y leyes, el profesorado mostró dos tendencias. El profesorado ha aceptado favorablemente que las hipótesis, teorías y leyes se inventan por los científicos, pero, al mismo tiempo, ha mostrado una actitud opuesta al considerar que se descubren por los científicos en los hechos

experimentales. A esta actitud se suma la identificación de las ideas ingenuas, que afirman la existencia de una jerarquía entre las hipótesis, teorías y leyes. Esta supuesta jerarquía vendría dada por un proceso de evolución de las hipótesis a teorías y éstas a leyes según el grado de comprobación empírica.

Los antecedentes encontrados son consistentes con la evidencia aportada (Abd-El-Khalick, 2005; Abd-El-Kalick y Boujaoude, 1997; Akerson *et al.*, 2000; Manassero *et al.*, 2004; Yalvac *et al.*, 2007). Los resultados de los estudios señalan que el profesorado mostró una actitud ingenua acerca de la naturaleza y rol de las teorías y leyes científicas. Este profesorado situó a las hipótesis, teorías y leyes dentro de una estructura jerárquica, donde las hipótesis se encontraban en un nivel primario respecto a una teoría y una ley. Esta actitud se vio reforzada con la identificación de la idea que una hipótesis podía evolucionar a teoría según la calidad del apoyo empírico. Según Yalvac *et al.* (2007), el profesorado explicó que la relación de jerarquía entre las hipótesis, teorías y leyes era dependiente del nivel de evidencia encontrado. También los antecedentes aportados por Akerson *et al.* (2000) señalan que el profesorado, para justificar sus actitudes, expresó que una teoría puede ser una conjetura o una pregunta, que puede comprobarse o no a través de la experimentación.

En la investigación didáctica hay abundantes antecedentes, que muestran que las actitudes del profesorado acerca de las hipótesis, teorías y leyes científicas se basan fundamentalmente en dos ideas:

- ▀ Que las hipótesis, teorías y leyes son el resultado de la evolución de una hacia otra, la cual forma parte de la falacia inductiva en tanto se comprueba su valor y existencia en función de una acumulación de evidencias aportadas por la experimentación; y
- ▀ Que las hipótesis, teorías y leyes contienen la verdad, y esta verdad se extrae de la realidad y, por lo tanto, se descubre por los científicos (Abd-El-Khalick, 2005 op. cit.).

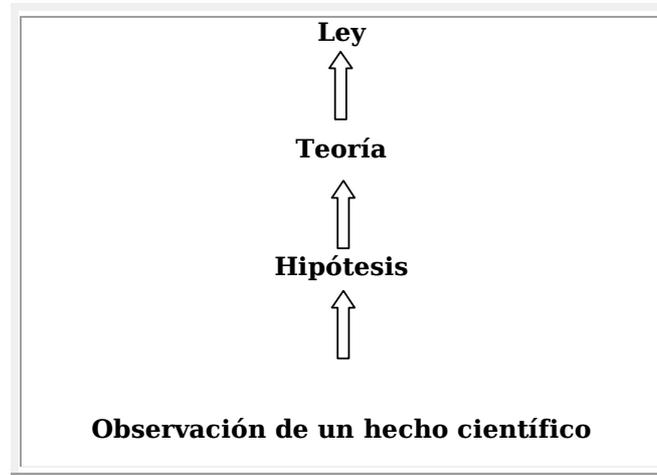
Estas actitudes ingenuas del profesorado, en parte, estarían reforzadas por la idea ampliamente extendida en la enseñanza de las

ciencias, que las pruebas a las que se someten las teorías tienen características similares a las pruebas matemáticas. Por ello, se consideran portadoras de un conocimiento científico absoluto y universal (Mc Comas, 1998 op.cit.). También Windschitl (2004 op.cit.) amplía los antecedentes al constatar que, para el profesorado, las teorías científicas son una herramienta opcional de la ciencia, que puede ser de utilidad a los estudios, ya que tienen la función de ayudar a explicar los resultados. Según Niaz (1998), la ausencia de la perspectiva histórica de la ciencia en la enseñanza ha ayudado a promover la noción que en la ciencia los aspectos teóricos cumplen un rol auxiliar para dar la forma y la estructura a la evidencia observable.

La idea que las hipótesis, teorías y leyes se descubren contrasta con la verdadera naturaleza de estas construcciones, ya que éstas se elaboran racionalmente por los científicos. En este sentido, una ley es un principio o patrón que explica un fenómeno presente en la naturaleza. Las teorías, al igual que las leyes, son también una construcción humana cargada de ideas previas (Echeverría, 1998 op.cit.). Por lo tanto, los científicos crean las teorías y las leyes para interpretar y describir los fenómenos que investigan (Chen, 2006).

En relación con estas visiones, Mc Comas (1998) afirma que la enseñanza de las ciencias trasmite el mito de una relación jerárquica entre las hipótesis, teorías y leyes, según la cual una teoría y una ley son formas distintas de un mismo conocimiento. De acuerdo a esta visión, este cambio se produciría debido al incremento de evidencia a favor de una idea científica inicial en forma de hipótesis, que permitiría la evolución de un tipo de conocimiento en otro hasta la aceptación total como una ley madura. Así, una hipótesis sería una conjetura bien informada, haciendo referencia a la idea errónea sobre el estatus de una hipótesis. Esta visión de la falsa relación jerárquica entre una hipótesis, una teoría y una ley científica la representó Mc Comas en el siguiente esquema (figura 37).

**Figura N° 37. Modelo ingenuo de falsa jerarquía de las hipótesis, teorías y leyes científicas**



*Fuente* Mc Comas (1998)

A esta visión ingenua se opone el marco que confirma las diferencias en el estatus epistemológico entre una hipótesis, una teoría y una ley científica. Mc Comas (1998) ha representado la diferencia entre los roles, estatus y función que hay entre una hipótesis, una teoría y una ley en el esquema que muestra la figura 38. La lectura de esta propuesta deja ver que cada uno de estos constructos tiene un significado diferente y fundamental, a la vez, para el progreso de la ciencia. Así, para Mc Comas (p.43):

- Una hipótesis científica puede ser:
- El fundamento para una predicción, entendida como un conocimiento factible de contrastar empíricamente,
  - La base para originar una generalización, que puede llegar a ser una ley científica, que se concibe como una descripción de los fenómenos que ocurren en la naturaleza, y
  - La base para generar una explicación para generar una teoría científica, entendida como el marco conceptual, que explica una

ley o el conjunto de hechos relacionados con los fenómenos naturales.

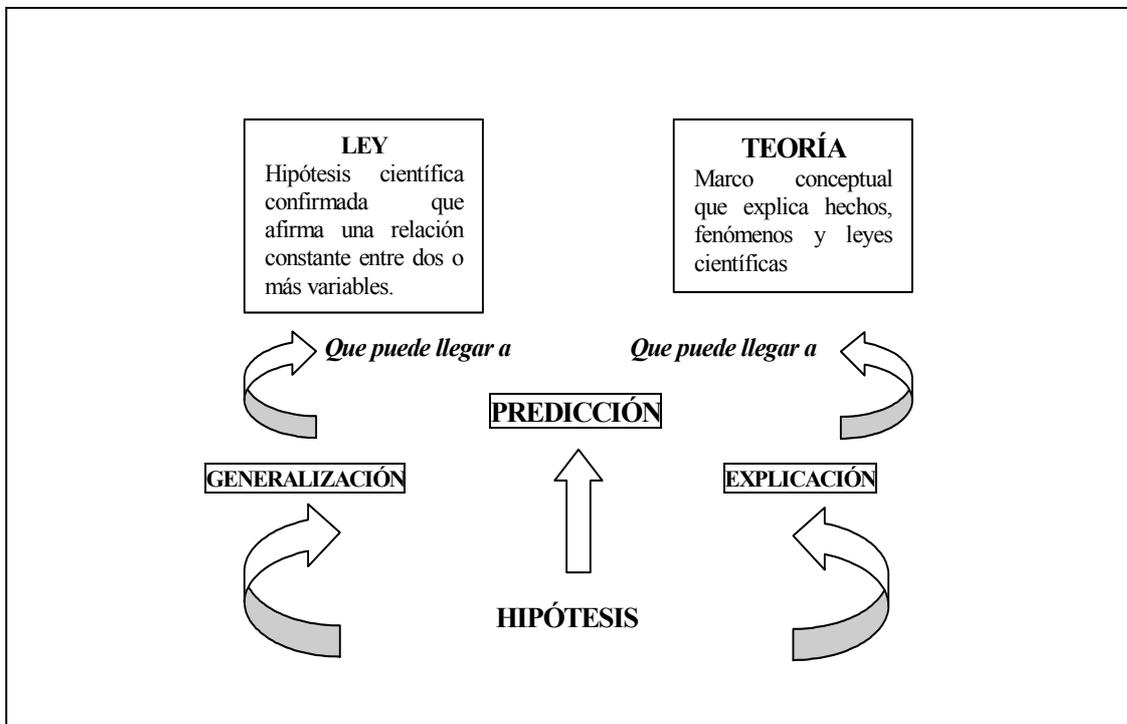
Una ley científica es:

- Una descripción de los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Una teoría científica es:

El marco conceptual, que explica dicha ley o el conjunto de hechos relacionados con dicho fenómeno.

**Figura N° 38. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas**

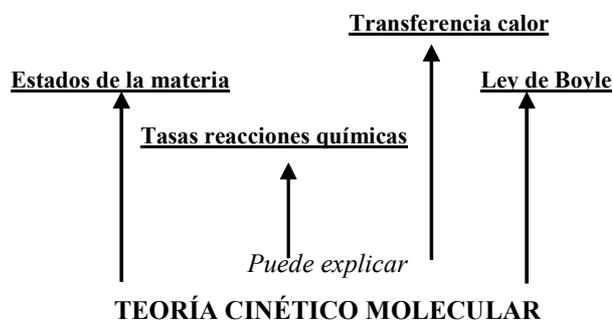


Fuente Mc Comas (1998)

Para clarificar el rol e importancia de teoría científica podemos centrarnos en la Teoría Cinético Molecular, donde se visualiza la capacidad que tiene de explicar diversos fenómenos de la naturaleza (Figura 39). En este caso citamos, por ejemplo, fenómenos como la Ley de Boyle o los cambios de estado de la materia, así como, también, la transferencia de calor. Así es posible ver que las hipótesis, teorías y leyes científicas son de

distinta naturaleza y tienen distintos roles en la ciencia. Al mismo tiempo, deja ver la importancia de las teorías para la ciencia, ya que son una construcción teórica altamente corroborada y un sistema de explicaciones internamente consistente. Por tales razones, las teorías tienen la capacidad de dar apoyo explicativo a variados fenómenos de la naturaleza (Suppe, 1977).

**Figura N° 39. Ejemplo que representa el rol de la Teoría Cinético Molecular para dar apoyo explicativo a distintos fenómenos de la naturaleza**



*Fuente* Adaptado de Lederman *et al.* (2002)

Desde la didáctica de las ciencias se afirma que la comprensión de la naturaleza de las leyes, teorías e hipótesis es fundamental para enseñar al estudiantado adecuadamente el conocimiento científico. A la presencia de las ideas ingenuas se suman antecedentes, que muestran que, para el estudiantado, el aprendizaje y comprensión de los roles de estos tres constructos presenta cierto nivel de dificultad, especialmente en lo que se refiere al carácter de invento que tienen las leyes científicas (Chen, 2006). Mathews (2007) propone, como alternativa a las dificultades para promover una mejor comprensión de este aspecto de la naturaleza de la ciencia, enseñar al estudiantado utilizando la concepción que las hipótesis, teorías y leyes son modelos que construye la ciencia. Esta alternativa instruccional facilitaría la comprensión de los aspectos centrales de estas construcciones, a la vez que serviría de puente entre la experiencia y la

comprensión de sus aspectos teóricos más abstractos. Este autor, recoge parte del marco teórico de Ausubel para señalar que enseñar ciencias en base a modelos, analogías y metáforas puede ser significativo para cruzar el puente de lo conocido a lo desconocido. Grandy (2003) complementa esta propuesta señalando que también es necesario combinar adecuadamente los aspectos epistemológicos con las teorías de aprendizaje para las ciencias, así como también es fundamental tener una correcta idea de los modelos que se han de enseñar.

La actitud positiva del profesorado hacia los descubrimientos científicos significa un avance importante para promover mejoras en las ideas ingenuas sobre el aspecto fundamental de esta categoría. Los estudios de las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia apenas consideran las ideas acerca de los descubrimientos científicos. Hay aportaciones de estudios más generales, que contrastan con la evidencia, ya que el profesorado se identificó con la idea ingenua, que afirmaba que los descubrimientos científicos son resultado de la casualidad, y, sin embargo, apenas identificaron la idea adecuada, que afirmaba que el conocimiento científico es una construcción de los científicos, que evoluciona, y es un producto de la actividad de los científicos a través de la historia (Fernández *et al.*, 2002).

La visión ingenua de los descubrimientos científicos como un producto de la casualidad se basa en la idea que la generación de nuevas ideas científicas es materia del ámbito de la adivinación o de la suerte. Durante la enseñanza, el énfasis en esta visión sólo estaría ayudando a reforzar en el estudiantado la conocida distinción entre el contexto de descubrimiento y de justificación. Esta visión ingenua omite los extensos e intensos periodos de trabajo intelectual y, en algunos casos, de actividad experimental, que preceden a los descubrimientos, que la enseñanza muestra como instantáneos y misteriosos (Hadzidaki, 2006). Esta autora señala que, aunque se reconoce que en el origen de determinados descubrimientos científicos pudo estar presente alguna porción de la casualidad (serendipity), hay que considerar que, la mayor parte de las veces, estos descubrimientos son resultado de un trabajo científico altamente elaborado. En este mismo sentido Lawson (2002) aporta

antecedentes, que refuerzan la naturaleza lógica y diversas formas de razonamiento utilizadas por los científicos para lograr los descubrimientos. Este autor aporta antecedentes en base al análisis del patrón del pensamiento científico, que han utilizado diversos científicos para lograr los descubrimientos. Así, entre éstos, indagó en las estrategias que utilizó Galilei para lograr sus descubrimientos, particularmente en las formas de razonamiento que desarrolló en los procesos implicados en el descubrimiento de las lunas de Júpiter. Lawson pudo mostrar el carácter racional y lógico de estos descubrimientos, en los cuales estuvieron implicados razonamientos del tipo hipotético-deductivo, así como, también, procesos relacionados con la asimilación y acomodación, que forman parte del modelo de Piaget.

Por otra parte, Kipnis (2007) enfatiza la relevancia que tiene para el aprendizaje del estudiantado desarrollar en el aula actividades, que les permitan comprender la naturaleza y sentido que tienen los descubrimientos científicos. Este autor señala que una instrucción, que considera este aspecto de la ciencia, promueve en el estudiantado una mejor comprensión de los errores que están presentes en la actividad científica y el desarrollo de habilidades asociadas con la creatividad y de iniciativas, que pueden promover actitudes y habilidades orientadas a superar sus propios errores en el aprendizaje de la ciencia. La inclusión en estos aspectos también favorecería una mejor comprensión de otros, que también forman parte del trabajo científico, como los relacionados con los consensos que realizan los científicos, con el marco social y de cooperación en que se desarrolla comúnmente la ciencia, y, en general, con una adecuada comprensión de cómo trabajan realmente en ciencias. Kipnis (2007) concluye que una adecuada enseñanza de este aspecto de la ciencia permitiría al estudiantado acercarse a los procesos que forman parte del contexto de descubrimiento y del contexto de justificación de la ciencia, favoreciendo una construcción más real de la naturaleza de la actividad científica.

La importancia de la comprensión de la naturaleza de los descubrimientos científicos también está fundamentada en las aportaciones de Nerssesian (1992). Esta autora pone el acento en la importancia de la

historia de la ciencia para promover una adecuada comprensión de los procesos vinculados con los descubrimientos científicos. El estudio de los procesos históricos relacionados con los descubrimientos científicos puede proveer modelos para aprender la actividad en sí misma, ya que tiene el potencial para asistir al estudiantado en la construcción, en los cambios y en la comunicación de las representaciones científicas que elaboran. En un sentido similar, Kipnis (2007) enfatiza la importancia de incorporar elementos de la historia de la ciencia en relación con los descubrimientos y teorías científicas, pero también llama la atención acerca de los contenidos de historia de la ciencia que hay en los textos de clases. Kipnis afirma que los textos enfatizan una visión de la ciencia normal, que no se corresponde con la realidad de cómo los científicos logran nuevos conocimientos, y muestran una idea limitada del verdadero significado y rol de las teorías científicas. Se considera que uno de los beneficios más significativos que tiene la inclusión de la historia de la ciencia vinculada con los descubrimientos científicos es que permite hacer ver al estudiantado que los errores de la ciencia son una parte natural del proceso de hacer ciencias y promueve una actitud más autónoma para tomar iniciativas y perder el miedo a proponer innovaciones en las actividades que realizan en las clases de ciencias.

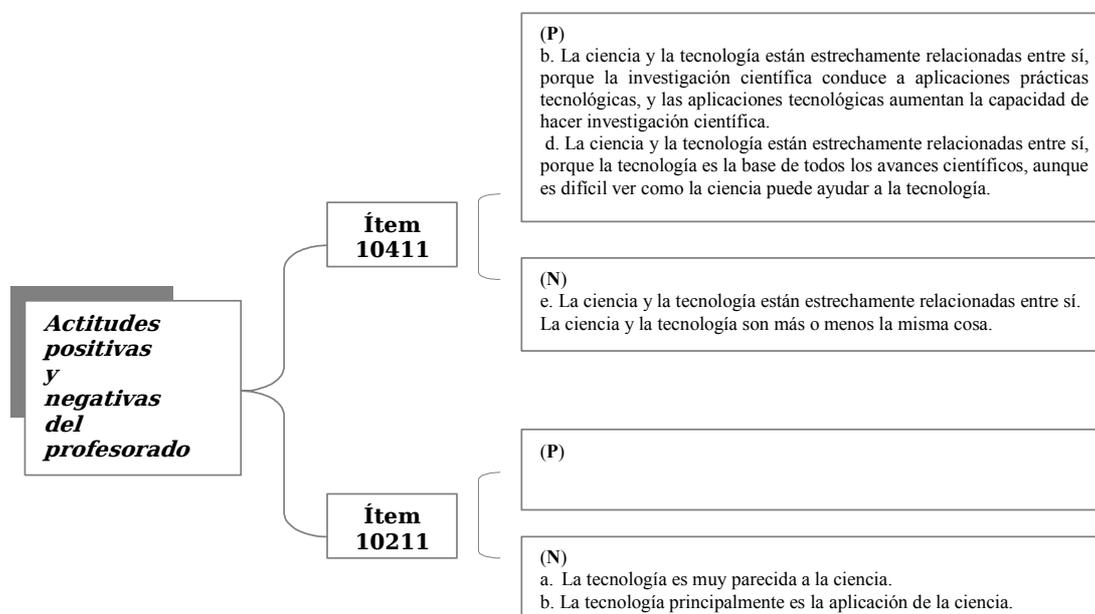
Hadzidaki (2006) mostró que la utilización de contenidos vinculados con el desarrollo histórico del conocimiento científico provee un contexto crítico para la discusión y la reflexión, con lo cual el estudiantado tiene la oportunidad de desarrollar una comprensión esencial de los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Hadzidaki considera que la inclusión de la historia de la ciencia ha hecho posible el logro de uno de los objetivos más demandados por la enseñanza de las ciencias: el promover en el estudiantado, conjuntamente, una comprensión profunda del contenido científico y de los aspectos de la naturaleza de la ciencia.

La evidencia obtenida en esta categoría, así como los antecedentes aportados por los estudios sobre el tema, nos muestran que el profesorado tiene una mayoría de actitudes ingenuas sobre la naturaleza y rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas. Como señala Niaz (2008), este tipo de actitudes estarán invariablemente presentes en el aula reforzando,

probablemente, la visión del estudiantado que, con toda seguridad, estará orientada en el mismo sentido que la del profesorado y del libro de texto. También los libros de texto tienen un rol en el refuerzo de estas ideas, ya que, además de ignorar la base heurística de los principios de la ciencia, ponen énfasis en una visión empirista y en las ideas que enfatizan que el conocimiento científico se construye sobre verdades irrevocables, afirmando conclusiones que no dan lugar al razonamiento, al debate o a la controversia.

### 8.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología

En esta categoría el profesorado ha mostrado una actitud global positiva, pero construida sobre actitudes específicas con tendencias opuestas. El profesorado ha mostrado la actitud más favorable al reconocer que hay una relación entre ciencia y tecnología, pero ha mostrado una actitud menos favorable en la definición de tecnología. El esquema indica el conjunto de ideas que mejor identificó el profesorado, ya sea positiva o negativamente.



La actitud global del profesorado acerca de las ideas, que aluden a la relación ciencia y tecnología, ha mostrado dos tendencias. Por una

parte, una actitud positiva hacia la idea adecuada, que pone especial acento a la relación de mutua cooperación entre la ciencia y la tecnología, y hacia la idea ingenua, que sitúa a la tecnología en la base de los avances científicos. Por otra parte, el profesorado mostró una actitud negativa hacia la idea, que la ciencia y la tecnología son lo mismo, reforzando la actitud más ingenua sobre la definición de tecnología.

Aunque para la educación científica la comprensión de la relación entre la ciencia y tecnología se considera un tema relevante, las investigaciones sobre este aspecto aún son escasas. Entre los antecedentes se encontró que la mayoría son consistentes con la evidencia obtenida (Morell, 2007; Yalvac *et al.*, 2007). Los resultados de ambos estudios concuerdan con la evidencia, ya que el profesorado reconoció la existencia de una relación entre la ciencia y la tecnología, pero hubo actitudes menos favorables para definir cómo se establecía este vínculo. Morell (2007) observó que, aunque el profesorado reconoció esta relación, no tuvieron la capacidad para explicarla adecuadamente, ya que consideraron que ciencia y tecnología son similares y, como tal, tienen la misma importancia en los procesos sociales.

Se han encontrado estudios, que ayudan a explicar la raíz de las creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología. Estas investigaciones coinciden en mostrar que en el profesorado hay cierta relación entre sus visiones del mundo y las visiones de la ciencia y la tecnología (Liu y Lederman, 2003; 2007; Ogunniyi *et al.*, 1999). Se encontró que el profesorado, que mostraba una visión ingenua del mundo y la naturaleza, preferentemente antropocéntrica y pragmática, mostraba también una visión ingenua de la naturaleza de la ciencia, en particular sobre la ciencia y tecnología. Además, Liu y Lederman (2003) señalan que el profesorado, que mostró una visión pragmática del mundo, tenía a la ciencia y a la tecnología como conocimientos muy parecidos.

La figura 40 es una representación de la relación entre la cosmovisión del profesorado y la visión de la ciencia y la tecnología que observaron estos autores.

**Figura N° 40. Visión ingenua de la relación ciencia y tecnología con la cosmovisión del profesorado**

---



En un estudio posterior Liu y Lederman (2007) amplían y confirman los antecedentes. Estos autores observaron que el profesorado, que tenía estas visiones ingenuas, se caracterizó por mostrar una falta de reflexión para argumentar las preguntas del cuestionario aplicado, y que, en general, tenía una visión ingenua del mundo natural y una visión superficial, débil y fragmentada de la naturaleza de la ciencia.

Hay que tener en cuenta que el origen de estas ideas se extiende más allá de los límites de la escuela y de la enseñanza de las ciencias. Estas ideas se encuentran fuertemente arraigadas en la sociedad como resultado de la influencia del positivismo lógico y del impacto del modelo lineal de investigación y desarrollo, que dominó las políticas públicas de ciencia y tecnología durante gran parte del siglo XX.

Esta visión ingenua forma parte del mito, que transmite la enseñanza de las ciencias, que sostiene que la ciencia y la tecnología son idénticas (Mc Comas, 1998). Esta es una idea muy común en la enseñanza de las ciencias y en el profesorado, y se fundamenta en la visión errónea que la tecnología es el aspecto práctico de la ciencia. En el profesorado está presente la idea que la ciencia no es siempre práctica, pero que la tecnología sí lo es, aportando artefactos de diversa naturaleza. Esta idea surge de considerar que la búsqueda del conocimiento por el propio conocimiento es ciencia pura, mientras que la explotación en la producción comercial de este conocimiento es tecnología.

Por otra parte, para definir la ciencia la actitud global del profesorado muestra una tendencia ingenua. El profesorado ha identificado negativamente una idea ingenua y una plausible, y enfatizó que la tecnología es muy parecida a la ciencia y es la aplicación de la ciencia.

A los escasos estudios acerca de las actitudes sobre la relación entre la ciencia y la tecnología se suma también la escasa presencia de la definición de tecnología. La mayoría de los antecedentes son consistentes con la evidencia, en el sentido que el profesorado tiene una fuerte visión ingenua acerca de la tecnología y de cómo ésta se relaciona con la ciencia (Acevedo *et al.*, 2002; Manassero *et al.*, 2004; Morell, 2007 *op.cit.*; Rubba y Harkness, 2003; Tsai, 2001). Los antecedentes aportados en el ámbito local concuerdan en que la mayoría del profesorado tiene un escaso

conocimiento y comprensión de la relación ciencia y tecnología, expresada en el deficiente reconocimiento de esta dimensión en sus respuestas al cuestionario de opiniones (Acevedo *et al.*, 2002), pero también al identificar, al igual que nuestra evidencia, que la tecnología es la aplicación de la ciencia (Manassero *et al.*, 2004 op.cit.; Morell, 2007 op.cit.). Entre los antecedentes cabe destacar la aportación de Morell (2007), quien encontró que en el profesorado conviven una mezcla de visiones: una visión intelectualista, que concibe la tecnología como ciencia aplicada, combinada con una visión artefactual, que admite que la tecnología es igual a maquinarias y artefactos. Estos antecedentes se refuerzan con las aportaciones de Tsai (2001), quien evidenció que el profesorado mostró una actitud ingenua al enfatizar la idea que entre la ciencia, la tecnología y la sociedad se establece una relación lineal. También, Rubba y Harkness (2003) observaron esta misma tendencia en la actitud del profesorado en Estados Unidos.

La idea ingenua, que alude a la tecnología como ciencia aplicada, ha conducido a la imposición de acepciones falsas. Una de estas acepciones es la de considerar el término tecnología para aquellas tecnologías basadas principalmente en las aplicaciones del conocimiento científico. Sin embargo, desde esta visión se desconoce que, aunque ambos conocimientos se encuentran estrechamente relacionados, la influencia de la ciencia sobre la tecnología adquirió gran relevancia a partir de la segunda mitad del siglo XIX.

Desde la didáctica de las ciencias (Acevedo, 1998 a, b) hay acuerdo que la idea de tecnología como ciencia aplicada es la idea ingenua más común de esta relación. No obstante, Quintanilla (1981) niega la identificación de la tecnología como ciencia aplicada y reitera sobre el carácter ingenuo de esta idea señalando que hay múltiples ejemplos históricos, que muestran que la tecnología tiene sus propios paradigmas y trayectorias. Sin embargo, también hay puntos de vistas divergentes como el de Maiztegui (2002), quien afirma: “Desde inicios de la revolución industrial los tecnólogos han incorporado las estrategias de la investigación científica para producir y mejorar sus elaboraciones” (p. 5). Este punto de vista también lo comparte Bunge (1980), quien señala que, aunque la

ciencia haya tenido influencia en la tecnología y ambos conocimientos hayan compartido en algún momento un acervo común, es importante tener en cuenta que los tecnólogos hacen una reelaboración de los conocimientos científicos para utilizarlos.

Según Costa y Doménech (2002), la visión ingenua de la relación ciencia y tecnología tiene su base en el positivismo lógico, ya que este modelo ha considerado la tecnología como un campo derivado y subvalorado de las ciencias experimentales, especialmente de la física. También Acevedo *et al.* (2003) concuerdan con esta postura al señalar que hay una base positivista en la visión de dependencia jerárquica del desarrollo tecnológico a la investigación científica.

Siguiendo con esta relación también se han encontrado antecedentes contundentes que muestran la relevancia de desarrollar en el estudiantado una adecuada comprensión de la relación entre la ciencia y la tecnología y de conducirlo, finalmente, hacia una mejor comprensión de las naturalezas de ambos conocimientos. En este sentido rescatamos a Cajas (1999), quien aporta elementos importantes, que justifican la incorporación del conocimiento tecnológico en el currículo de ciencias. Este autor afirma que la tecnología como contenido curricular puede aportar modelos pragmáticos, que pueden ser útiles para conectar la enseñanza de las ciencias con el contexto de la vida diaria del estudiantado. La utilización de la tecnología para contextualizar la enseñanza de las ciencias permitiría movilizar la discusión y la reflexión sobre la comprensión pública de la ciencia hacia la comprensión pública de la tecnología. Esta postura puede abrir una perspectiva de la enseñanza de las ciencias distinta a la convencional, más conocida por el profesorado de ciencias. Por otra parte, el profesorado de ciencias ve en la conexión entre la enseñanza de las ciencias con los problemas de la vida diaria del estudiantado un elemento fundamentalmente de tipo motivacional. Cajas sostiene también que la inclusión de la tecnología puede enriquecer la clase de ciencias, ya que aporta una visión del mundo que es diferente a la que expone el conocimiento científico. En un sentido similar Esteban (2003) enfatiza sobre la relevancia de incluir a la tecnología en la enseñanza de las ciencias, pero centrándose en la historia de la tecnología. De la historia de

la tecnología se pueden extraer ejemplos, que permiten promover en el estudiantado una mejor comprensión de la relevancia de estos conocimientos para la vida personal y social.

A modo de síntesis hemos considerado la aportación de Solbes y Vilches (1997), quienes afirman que la ausencia de una adecuada comprensión de la ciencia y la tecnología, así como de la relación entre ambas, tiene implicaciones negativas a nivel del aula de ciencias. Estos autores afirman que, durante la práctica docente, la mayoría del profesorado omite la enseñanza de la relación ciencia y tecnología. La ausencia de este conocimiento promueve en el estudiantado una visión de la ciencia que le aparta del mundo en que vive. Este vacío también se refuerza con la escasa relevancia que los libros de texto otorgan a este aspecto, y que, según estos autores, también es una causa del escaso interés del estudiantado por las disciplinas de ciencias, particularmente por la física y la química.

Al parecer, en el profesorado hay un escaso conocimiento de los nuevos paradigmas de la ciencia y la tecnología, y menos aún de la evolución que han tenido estos conocimientos. Según Solbes y Vilches (1997) esta sería otra de las razones de la fuerte presencia de ideas ingenuas en el profesorado sobre ambos conocimientos. Para Morell (2007 op.cit.), las ideas ingenuas sobre la relación ciencia y tecnología también estarían relacionadas con el énfasis que otorga el profesorado a la idea del método científico tradicional. Según esta hipótesis, el profesorado establecería alguna conexión entre los aspectos manipulativos y experimentales, que consideran en el método científico tradicional, con la tecnología. Por último, Hoolbrook y Rannikmae (2007) han señalado que, si bien en el contexto escolar es muy complejo distinguir la diferencia entre enseñar ciencias y enseñar tecnología, el profesorado no debe olvidar que ambos conocimientos son de naturaleza opuesta.

### ***Síntesis del capítulo***

Las actitudes del profesorado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia se caracterizan por una combinación de actitudes adecuadas e ingenuas. Los índices actitudinales globales mostraron valores

muy similares, con excepción de la categoría que alude a la metodología científica, que ha mostrado una tendencia negativa.

A nivel global el profesorado mostró las actitudes más favorables hacia las ideas de la primera categoría, que alude a la naturaleza tentativa de la ciencia. En cambio, ha mostrado una actitud global negativa hacia las ideas sobre la metodología científica, en la segunda categoría. En la tercera categoría, sobre el rol de la observación e inferencia científica, el profesorado mostró una actitud positiva, aunque muy débil, y en la cuarta y quinta categorías mostró una tendencia positiva más favorable.

Aunque las actitudes globales evidenciaron una tendencia levemente positiva, las actitudes específicas, es decir, a nivel de las frases, mostraron una mayor variabilidad. Las actitudes adecuadas estaban combinadas con ideas ingenuas, aunque en la mayoría de los casos hubo una tendencia más clara en uno u otro sentido. Sin embargo, en algunos casos esta combinación de actitudes era contradictoria, sin que señalara una tendencia definida. En general, a nivel de frases, las características de las actitudes eran menos favorables de lo que expresaba el índice global y, en algunos casos, como se observó en las categorías cuarta y quinta, a pesar de mostrar un índice global positivo, las actitudes específicas eran más ingenuas de lo que representa dicho índice.

En la primera categoría, entre los aspectos de la naturaleza de la ciencia mejor valorados por el profesorado se encuentran los que señalan que el conocimiento científico cambia, es dinámico y está sujeto a una continua revisión. Sin embargo, dentro de esta categoría, el profesorado tuvo dificultad para reconocer las ideas vinculadas con la subjetividad de la ciencia, especialmente las referidas a la influencia de las características personales de los científicos. En contraste, ha acentuado sus actitudes hacia la idea de objetividad de la ciencia, que, según las orientaciones de sus actitudes, sería aportada por el método científico. Esta misma actitud ha mostrado hacia las ideas vinculadas con la influencia de la sociedad en la ciencia al identificarse preferentemente con posturas que negaban dicha relación, que también estaban vinculadas con la aplicación del método científico.

En la segunda categoría, las actitudes del profesorado acerca de la metodología científica se decantaron claramente por la existencia de un método científico universal. Muchas de las actitudes se centraron en que la ciencia trabaja con un método científico único, que es capaz de aportar los mismos resultados sin importar la persona que lo aplica, el contexto o la teoría previa. De esta manera, las actitudes positivas que mostró el profesorado en la mayoría de las categorías, se debilitaban por la presencia de actitudes ingenuas que, la mayor parte de las veces, se relacionaban con la visión del método científico como elemento central de la ciencia. Esta tendencia se observó en las actitudes sobre el papel de la observación, la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes, y también, implícitamente, en las ideas sobre la relación ciencia y tecnología.

En la tercera categoría, el profesorado tuvo una actitud global positiva, aunque muy débil, acerca del rol de la observación e inferencia científica. Sin embargo, a un nivel específico ha mostrado actitudes más ingenuas y muy acentuadas en ideas inductivas sobre los procesos de la ciencia y también sobre la observación. En contraste, ha mostrado una actitud positiva al reconocer el carácter subjetivo de las inferencias que hace la ciencia. Así, sobre este aspecto, el profesorado mostró dos tendencias en las actitudes: una más ingenua sobre la observación y una actitud más adecuada sobre la inferencia. Esta combinación de actitudes sugiere que, aunque tiene nociones adecuadas, también tiene deficiencias en el conocimiento de las ideas que fundamentan estos aspectos de la ciencia.

En la cuarta categoría, las actitudes acerca de la naturaleza y rol de las hipótesis, teorías, y leyes científicas se componen de distintas ideas. La tendencia general en la actitud fue la de considerar que las hipótesis, teorías y leyes se relacionan jerárquicamente, de manera que una puede evolucionar hacia otra. El papel de las teorías en la ciencia prácticamente se desestimó por el profesorado. Esta actitud concuerda con numerosos antecedentes y refuerza otras actitudes ingenuas, que relacionan otros aspectos de la ciencia con la existencia de un método científico y con ideas derivadas de los modelos empírico, inductivo y positivista. En cambio, en esta misma categoría, la actitud acerca de los descubrimientos científicos

fue más favorable al reconocer que los descubrimientos no se extraían de la naturaleza, sino que eran elaboraciones de los científicos y se basaban más en procesos lógicos de la investigación que en la casualidad.

En la quinta categoría, también el profesorado mostró una actitud global positiva en la relación ciencia y tecnología. Sin embargo, las actitudes más específicas mostraban, por un lado, una tendencia adecuada al reconocer que ambos conocimientos se relacionaban entre sí, pero, por otro, las actitudes eran ingenuas al considerar que tecnología y ciencia eran similares y que la tecnología era la aplicación de la ciencia. Según los antecedentes esta actitud, bastante extendida en el profesorado y sociedad, proviene de la influencia de las ideas del positivismo lógico y, creemos también, de otros modelos como el empírico e inductivo ingenuo, con gran influencia en la enseñanza de las ciencias. De ahí que, probablemente, algunos autores vinculen esta actitud con la visión del método científico.

Por último, que las actitudes más enfatizadas por el profesorado se vincularon con la idea de la ciencia como un conocimiento tentativo, pero no subjetivo, y si lo es, tiene lugar a un nivel muy general, debido al desconocimiento de la influencia del contexto social y cultural y de las características personales de los científicos. Otro aspecto relevante es la fuerte visión inductiva de los procesos de la ciencia, que, de acuerdo a la evidencia, estarían presentes durante el desarrollo del método científico. Las teorías científicas no se tuvieron en cuenta como un aspecto fundamental de la ciencia. Respecto a la tecnología, el profesorado la identificó como muy similar a la ciencia y a la vez que enfatizó en la idea que es la aplicación de la ciencia, desestimando su verdadera naturaleza y rol.

### ***CAPÍTULO 9. ACTITUDES DEL ESTUDIANTADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA***

En este capítulo se expone la discusión de la evidencia de las actitudes que ha mostrado el estudiantado hacia los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio. Una visión general de la evidencia señala que el estudiantado tiene desconocimiento y deficiencias en la comprensión sobre la mayoría de los aspectos de la naturaleza de la ciencia. Aunque el estudiantado mostró actitudes favorables, la mayoría de las veces estas ideas se encontraron combinadas con actitudes ingenuas. Estas actitudes contradictorias probablemente, se generaron debido al enfrentamiento de sus ideas personales con las ideas más formales propuestas en el cuestionario. Las actitudes globales han mostrado una tendencia muy similar en las distintas categorías, aunque la excepción se observó en la actitud visiblemente ingenua que mostró el estudiantado sobre la relación entre la ciencia y la tecnología. En cambio, a nivel más específico se observó una variedad de tendencias, caracterizadas por una combinación de actitudes adecuadas con ingenuas, que sugerían contradicciones sustanciales sobre uno o más aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Con el propósito de resaltar las tendencias en las actitudes del estudiantado, en cada ítem de cada categoría se presenta un esquema con cada una de las frases que identificó positiva y negativamente. Los recuadros superiores contienen las ideas identificadas positivamente y los recuadros inferiores contienen las ideas identificadas negativamente, y que se señalan con las letras **(P)** y **(N)**, respectivamente. La ausencia de frases en los recuadros indica que no hubo representación de frases con índices positivos o negativos en dicho ítem.

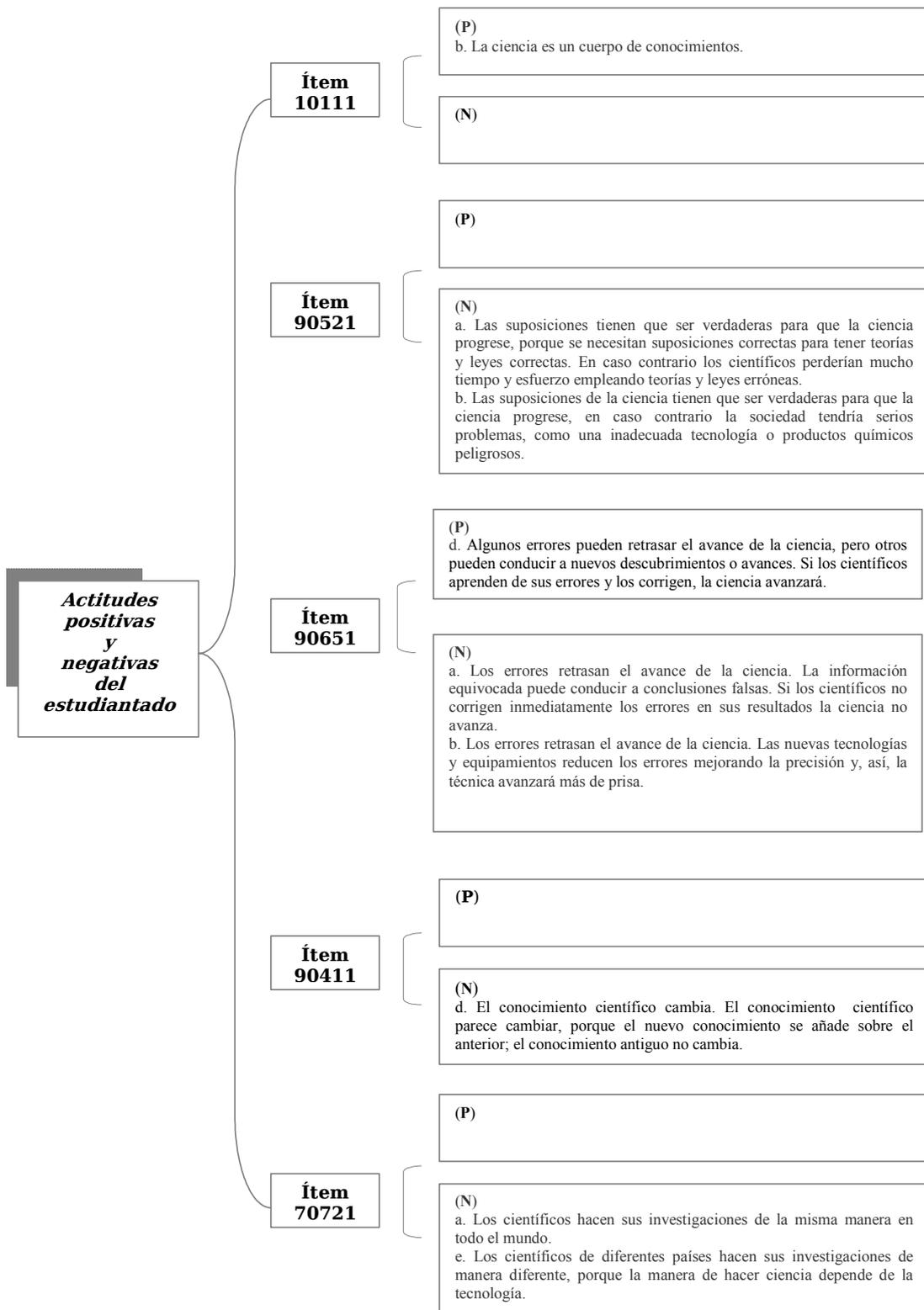
A continuación se expone la discusión para cada categoría de la naturaleza de la ciencia. Al final se presenta una síntesis del capítulo con las ideas más relevantes derivadas de la discusión.

### ***9.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa***

Esta categoría se compone de doce ítems, que contienen distintas ideas sobre la naturaleza tentativa de la ciencia. La evidencia ha mostrado que el estudiantado tiene deficiencias en el conocimiento y comprensión sobre la mayoría de los aspectos que conforman esta categoría.

#### **I.1 El conocimiento científico está sujeto a cambio y revisión, es dinámico y no una estática acumulación de información**

En esta subcategoría el estudiantado ha identificado nueve frases. Dos frases mostraron índices actitudinales positivos y siete índices actitudinales negativos. Las actitudes más favorables se centraron en la definición de ciencia y en el papel de los errores en la ciencia, aunque con contradicciones. En cambio, las actitudes menos favorables fueron hacia las ideas que prestan atención al progreso de la ciencia, la idea de cambio de la ciencia, y sobre la influencia del contexto sociocultural en la actividad científica. El esquema que se presenta a continuación expone las frases indentificadas positiva y negativamente por el estudiantado.



Para la definición de ciencia el estudiantado ha identificado positivamente la idea adecuada, que sostiene que la ciencia es un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).

La evidencia es consistente con los antecedentes aportados por otros estudios que utilizaron el mismo cuestionario (Acevedo *et al.*, 2002 op.cit; Vázquez *et al.*, 2006). Estos antecedentes indican que la mayoría del estudiantado definió la ciencia como un cuerpo de conocimientos, pero, a diferencia de la evidencia, esta idea se completó con otras, por lo que finalmente el estudiantado participante mostró una actitud más adecuada y completa. También hay antecedentes que contrastan con la evidencia, como los aportados por Stein y Mc Robbie (1997). En estas investigaciones el estudiantado mostró aún más actitudes favorables, ya que identificaron un mayor número de ideas adecuadas y se identificaron con diversas visiones que las autoras organizaron en siete categorías:

- La ciencia es lo que se aprende en la escuela
- La ciencia es un producto consumible
- La ciencia es el estudio del mundo
- La ciencia es un proceso
- La ciencia es un conocimiento dinámico
- La ciencia está influida por el contexto social

En estas categorías están contenidas ideas que forman parte de distintas visiones de la ciencia. Hay ideas simplistas e ingenuas, como la que alude a que la ciencia es lo que se aprende en la escuela, así como otras más contextualizadas, que ponen énfasis en la idea de la ciencia como un conocimiento dinámico e influido por el contexto social. Otros antecedentes muestran esta misma tendencia en la actitud del estudiantado (Boujaoude y Abd-El-Khalick, 1996). El estudiantado libanés participante en el estudio se identificó con diversas ideas sobre la ciencia, que los autores clasificaron en seis categorías y que en algunos casos complementan las señaladas por Stein y Mc Robbie (1997). Sin embargo, Boujaoude y Abd-El-Khalick (1996) consideraron que, aunque el

estudiantado aportó muchas ideas, sus actitudes aún son muy restringidas y cercanas a la imagen de ciencia como un conocimiento de tipo académico.

La actitud que mostró el estudiantado de nuestro estudio concuerda con la imagen de la ciencia como archivo (Albaladejo *et al.*, 1993). Esta imagen, similar a la mostrada por el profesorado, considera a la ciencia como un cuerpo de conocimientos. Según esta imagen, la ciencia se visualiza en función de los conocimientos disciplinares que aporta y, por lo tanto, omite aquellos aspectos relacionados con los procesos y, en general, con el contexto de descubrimiento y con muchos aspectos que forman parte de la actividad científica (axiológicos, sociales, culturales, entre muchos otros).

A la vez, el estudiantado mostró una actitud desfavorable hacia la idea de progreso y cambio de la ciencia. El estudiantado identificó negativamente dos ideas ingenuas, que enfatizan el progreso de la ciencia a partir de la elaboración de conocimientos verdaderos.

Los antecedentes sobre las actitudes del estudiantado en relación con el cambio y progreso de la ciencia son escasos. Sin embargo, la evidencia encontrada concuerda con las ideas que forman parte del mito que alude a una visión absoluta de la ciencia (Mc Comas, 1998). Según esta visión, la ciencia ignora los fallos y los errores que se producen durante los procesos que desarrolla.

En relación con el papel de los errores en la ciencia, el estudiantado identificó favorablemente la idea adecuada que enfatiza el rol positivo que pueden tener los errores en la actividad científica. Sin embargo, el estudiantado también mostró una actitud negativa hacia dos ideas ingenuas, que afirman que los errores retrasan el avance de la ciencia, reforzando la postura ingenua que mostró acerca del progreso de la ciencia.

Se han encontrado algunos antecedentes consistentes con la evidencia en Vázquez *et al.* (2002)<sup>24</sup>. Estos autores señalan que el estudiantado mostró actitudes adecuadas a la vez que actitudes ingenuas sobre el papel de los errores en la ciencia, ya que identificaron los errores como un factor de progreso, pero también como un factor de retraso para la ciencia.

El estudiantado también mostró una actitud global ingenua hacia las ideas que aluden a la naturaleza dinámica y cambiante de la ciencia. Esta actitud ingenua se ve reforzada por la ausencia de identificación de la idea adecuada, que enfatiza la reinterpretación del conocimiento existente por nuevas aportaciones o descubrimientos.

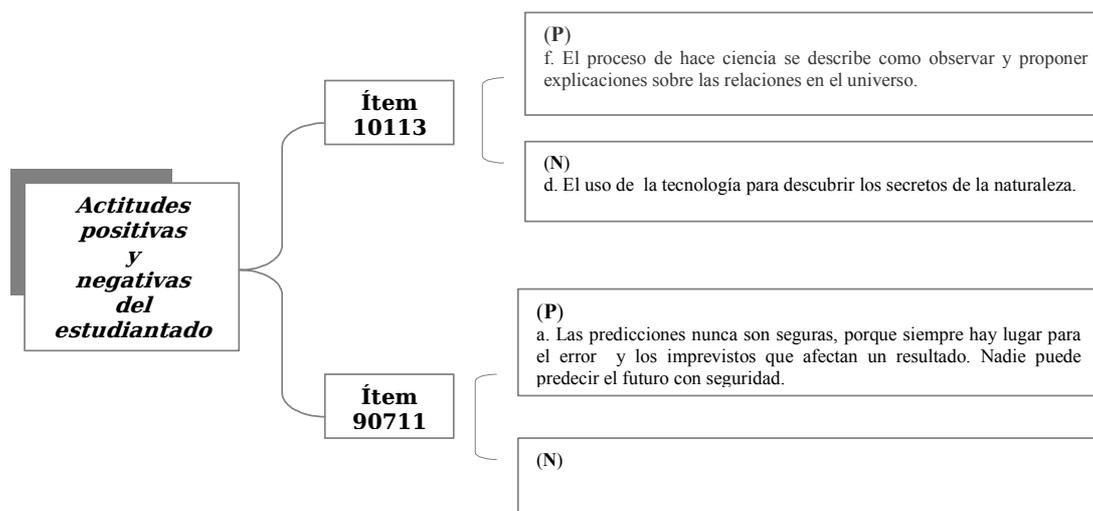
El estudiantado ha mostrado una actitud negativa hacia las ideas vinculadas con la influencia de la sociedad en la ciencia. Esto porque el estudiantado no tuvo la capacidad para reconocer las ideas adecuadas, que enfatizan la influencia del contexto social y educativo en la actividad científica, y puso énfasis en las ideas ingenuas, que señalan que la ciencia es universal e independiente del contexto y de las características personales de los científicos. Para el estudiantado la ciencia es universal y ajena a la influencia del contexto, debido al papel de la tecnología y aplicación del método científico.

## **I.2 El conocimiento científico está basado en la evidencia empírica. Rol de los hechos empíricos y la validez de las explicaciones científicas**

Para esta subcategoría el estudiantado mostró una actitud global positiva, que sugiere una tendencia favorable hacia la idea que la ciencia se basa en los hechos empíricos. Sin embargo, a nivel de las frases las tendencias son variadas. El esquema muestra las tendencias positivas y negativas en las actitudes hacia las distintas ideas.

---

<sup>24</sup> Estudio desarrollado en España que utilizó el mismo el cuestionario COCTS aplicado en este estudio. Los antecedentes aluden a la tendencia mostrada por los estudiantes a los mismos ítems que se discuten en este apartado.



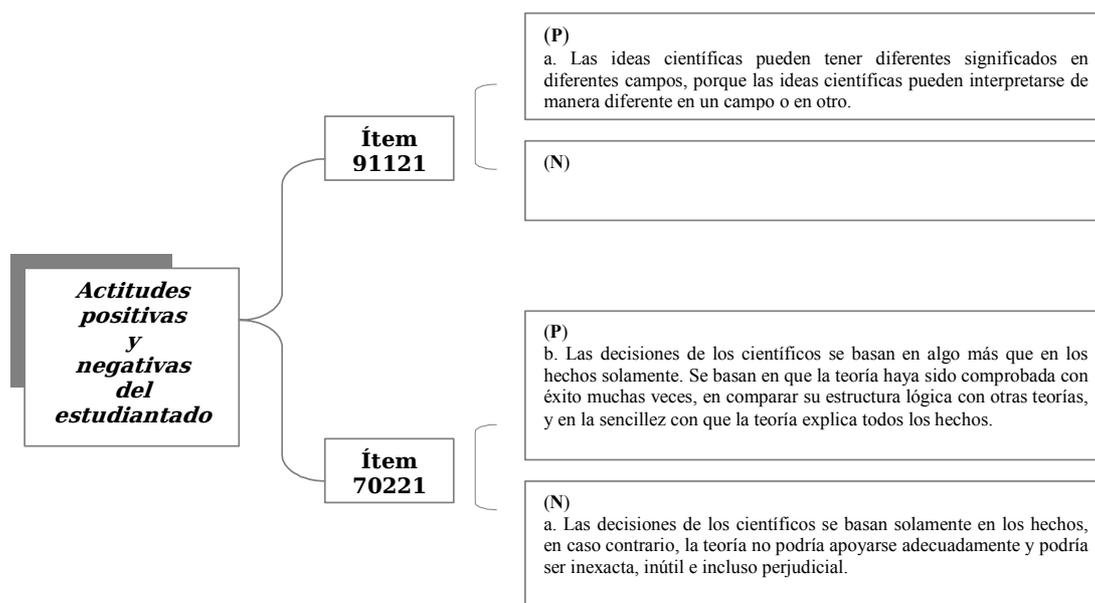
En la idea que enfatiza el proceso de la ciencia mostró una actitud positiva hacia la afirmación que alude a la observación y a las explicaciones científicas como parte de los procesos de la ciencia, y mostró una actitud negativa hacia la idea ingenua que pone énfasis en la tecnología como un aspecto que facilita los procesos de la ciencia. En la idea que alude al papel de la evidencia empírica el estudiantado mostró una actitud favorable al identificar que las predicciones nunca son seguras. El esquema muestra las ideas que el estudiantado identificó positiva y negativamente. El escaso número de ideas sugiere el desconocimiento y la falta de comprensión de las ideas que conforman este aspecto de la ciencia.

Acerca del proceso de hacer ciencias, el estudiantado ha mostrado una actitud positiva hacia la idea adecuada, que señala a la observación y a las explicaciones científicas como parte los procesos de la ciencia. En cambio, mostró una actitud negativa hacia la idea ingenua, que señala a la tecnología como un factor relevante de los descubrimientos.

En cuanto a la idea de relatividad y subjetividad de la evidencia empírica, el estudiantado mostró una actitud global positiva, pero también escasamente representada, a la idea que resalta la subjetividad de las interpretaciones que hacen los científicos a partir de la evidencia obtenida.

**I.3 El conocimiento científico es subjetivo porque la observación e interpretación de la evidencia empírica es influenciada por la “perspectiva de la corriente científica actual” y también por la subjetividad personal de cada científico**

Para esta subcategoría el estudiantado ha mostrado una actitud global positiva, pero débil. Las actitudes muestran dos tendencias: una positiva hacia las ideas adecuadas y una negativa hacia una idea ingenua. Aunque el estudiantado ha tenido la capacidad de reconocer las ideas adecuadas, las deficiencias se evidencian por la escasa identificación con otras ideas. El siguiente esquema muestra los enunciados de las ideas que el estudiantado identificó positiva y negativamente.



El estudiantado mostró una actitud favorable hacia la idea que resalta la subjetividad de las ideas científicas, porque pueden tener diferentes interpretaciones. También esta tendencia se refuerza con la actitud que mostró hacia la idea que resalta la subjetividad de las decisiones científicas, pero que en este caso se debilita con la identificación de la idea ingenua, que pone énfasis en la objetividad de los científicos al basar sus decisiones en los hechos.

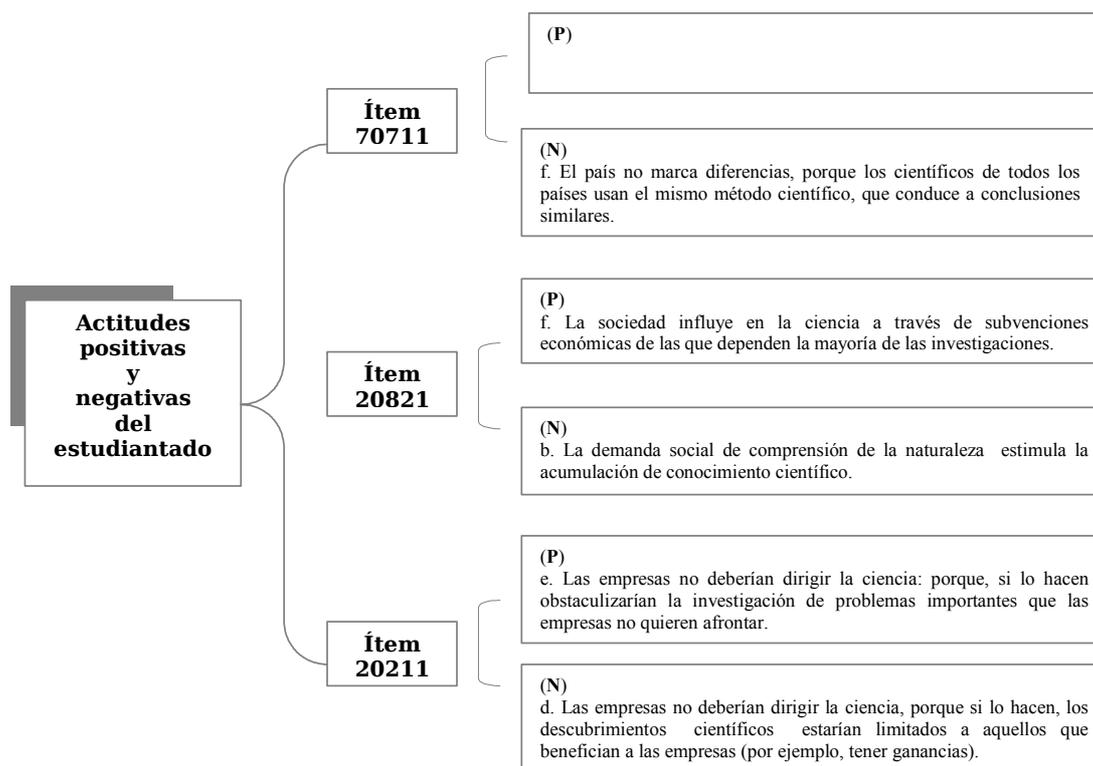
Los antecedentes aportados en el ámbito local son consistentes con la evidencia (Acevedo *et al.*, 2002 op.cit; Vázquez y Manassero, 2007). Estos autores señalan que el estudiantado mostró una actitud favorable sobre la subjetividad de la ciencia, pero esta actitud se encontraba formando parte de un conjunto de actitudes en que éstas se combinaban con otras menos adecuadas e ingenuas. Al respecto Vázquez y Manassero (2007) sostienen que en el estudiantado es común encontrar opiniones contradictorias sobre este aspecto de la ciencia, porque aún se mantiene una fuerte polémica entre la visión idealista de la ciencia (investigar para conocer más) y la visión más basada en la realidad profesional del científico (ganar credibilidad en el medio, para obtener financiamiento etc.).

La evidencia ha mostrado que el estudiantado tiene algún grado de comprensión sobre la subjetividad de la ciencia, pero es contradictoria e insuficiente. En esta categoría también hubo una escasa representación de frases, lo que sugiere que tuvo deficiencias para reconocer otras ideas sobre el aspecto evidenciando una deficiente información sobre estos aspectos de la naturaleza de la ciencia.

#### **I.4 La dirección y productos de la investigación científica es influida por los factores sociales y la cultura en la cual se desarrolla**

El estudiantado mostró una actitud global positiva, aunque débil, hacia las ideas que aluden a la influencia del contexto socio cultural en la ciencia. Sin embargo, en las actitudes más específicas mostró tendencias más variadas, que, en la mayoría de los casos, se combinaron con actitudes adecuadas e ingenuas.

En esta subcategoría el estudiantado mostró una actitud global positiva, pero las actitudes más específicas señalan que hay una mayor variabilidad en las tendencias, con la presencia de actitudes positivas y negativas, que sugieren contradicciones más que claridad hacia las ideas que aluden a la influencia de la sociedad en la ciencia. El siguiente esquema muestra las ideas que el estudiantado identificó positiva y negativamente.



Para la primera idea, el estudiantado mostró una actitud global negativa, tanto por la identificación negativa de la idea que alude que el país no marca diferencias, como por la ausencia de ideas positivas, así como también por la escasa identificación de otras ideas del ítem que aluden a la influencia del contexto social y educativo en la actividad científica. La actitud mostrada por el estudiantado resalta la existencia de un método científico único, que es capaz de estar por encima de cualquier influencia externa, incluso a la de los propios científicos. Así, el estudiantado ha reconocido la existencia de un método científico universal, que permite a todos los científicos lograr los mismos resultados y elaboraciones, ya que no se ve afectado por ningún factor externo. Sin embargo, hay antecedentes que contrastan con esta visión como los aportados por Zeidler *et al.*, (2002), ya que el estudiantado identificó positivamente la influencia de la sociedad en la ciencia, a la vez que manifestó que la cultura y la sociedad ejercen influencia en los juicios y decisiones que toman los científicos.

En la actitud del estudiantado está implícita la visión del método científico universal, objetivo y absoluto, presente en los modelos empírico-inductivo y positivista de la ciencia. Actualmente, la enseñanza de las ciencias se vincula con el mito que resalta la existencia de un método científico universal, que aporta objetividad a la actividad científica (Mc Comas, 1998 op.cit.). Para el estudiantado la ciencia es objetiva, debido a la existencia del método científico único.

Por otra parte, el estudiantado ha reconocido favorablemente que la sociedad influye en la ciencia a través de la aportación económica para desarrollar investigación. El estudiantado reconoce la existencia de una relación entre la sociedad y la ciencia, pero ha considerado que se restringe fundamentalmente a una dependencia económica de la investigación científica a las aportaciones que recibe del estado y/o de la empresa privada.

Acerca de esta idea hay antecedentes consistentes con la evidencia (Vázquez y Manassero, 1999; Acevedo *et al.*, 2002 op.cit.). El estudiantado identificó favorablemente la influencia de la sociedad en la ciencia, pero mostró una mejor comprensión al identificar otras ideas que enriquecieron su actitud acerca de esta relación. Los antecedentes aportados por Zeidler *et al.*, (2002) señalan la misma tendencia, aunque este estudiantado expresó un grado mayor de conocimiento y comprensión sobre este vínculo.

Acerca del papel de las empresas en la ciencia, el estudiantado mostró una actitud global positiva. A nivel más específico, las actitudes muestran dos tendencias: una positiva al identificar la idea adecuada, que niega la dirección de la ciencia a las empresas, y una actitud negativa hacia la idea que también niega a las empresas la dirección de la ciencia, pero para evitar que se ocupen de los beneficios económicos.

Los antecedentes son consistentes con la evidencia (Sadler *et al.*, 2004). En este estudio el estudiantado negó la intervención de las empresas en la ciencia. El estudiantado ha justificado esta actitud basado en la idea del deterioro del ambiente que han producido las empresas (por ejemplo, el problema del calentamiento global), a las que señaló como principales responsables.

Aunque el estudiantado mostró una tendencia global positiva en la actitud hacia la influencia de la sociedad en la ciencia, a un nivel más específico ha mostrado una tendencia menos favorable o deficiente para explicar mínimamente cómo y a qué niveles se establece el vínculo entre la sociedad y la ciencia. La aportación de Vázquez *et al.* (2006 op.cit.) concuerda con la evidencia, ya que el estudiantado mostró una actitud deficiente en aspectos más específicos relacionados con la utilidad de la ciencia que aprenden en la escuela, con la importancia de la relación ciencia y sociedad, y en general, la relevancia que tiene una cultura científica y humanística. El estudiantado no percibe la importancia de estas dimensiones de la ciencia, entre otras razones, porque estos aspectos no se enseñan explícitamente en el aula.

La actitud del estudiantado sobre este aspecto sugiere que tiene la idea de una relación unidireccional entre la sociedad y la ciencia. La ciencia se entiende como un sistema cerrado y que es ajena a cualquier influencia, pero la sociedad se relaciona con ésta a través de las aportaciones que realizan las instituciones públicas y privadas para la investigación científica. También, el estudiantado niega la influencia del contexto sociocultural en la ciencia, entre éstos, el educativo y el cultural.

La evidencia sugiere que el estudiantado considera que el método científico es el que gobierna la actividad científica, y debido a su carácter único, universal y exacto, hace posible que la actividad científica no esté influida o bien afectada por otros factores que no sean los propios del método. La figura 41 representaría la actitud del estudiantado sobre la relación entre la ciencia y la sociedad.

**Figura N° 41. Representación de la visión del estudiantado acerca de la relación sociedad-ciencia**



Por otra parte, Walker *et al.* (2000) han afirmado que el estudiantado, cuando construye sus conocimientos sobre la relación entre la ciencia y la sociedad a partir de sus experiencias personales, tiende a mostrar actitudes negativas hacia el tema, y estas actitudes se traducen frecuentemente en ignorar, negar, reinterpretar o excluir las ideas o temas que se les consultan. Esta consideración también es compartida por Albé (2007), quien afirma que el estudiantado, frente a la ausencia de comprensión de la relación ciencia-sociedad-empresa y sobre los problemas sociocientíficos, argumenta y justifica una u otra posición en base a las experiencias personales, por lo tanto, las creencias que sustenta juegan un

rol fundamental en la visión, comprensión y en la toma de decisiones sobre los problemas sociocientíficos.

Hay que considerar que para el estudiantado la relación sociedad-ciencia tiene, además del componente científico o disciplinar, el componente personal, que estaría fundamentado en aspectos afectivos, éticos, axiológicos e, incluso, religiosos. En este sentido, Walker y Zeidler (2007) sostienen que el estudiantado, cuando toma una decisión sobre dilemas sociocientíficos, la fundamenta en la comprensión que tiene de la ciencia y, también, de los aspectos que forman parte de la dimensión afectiva y moral.

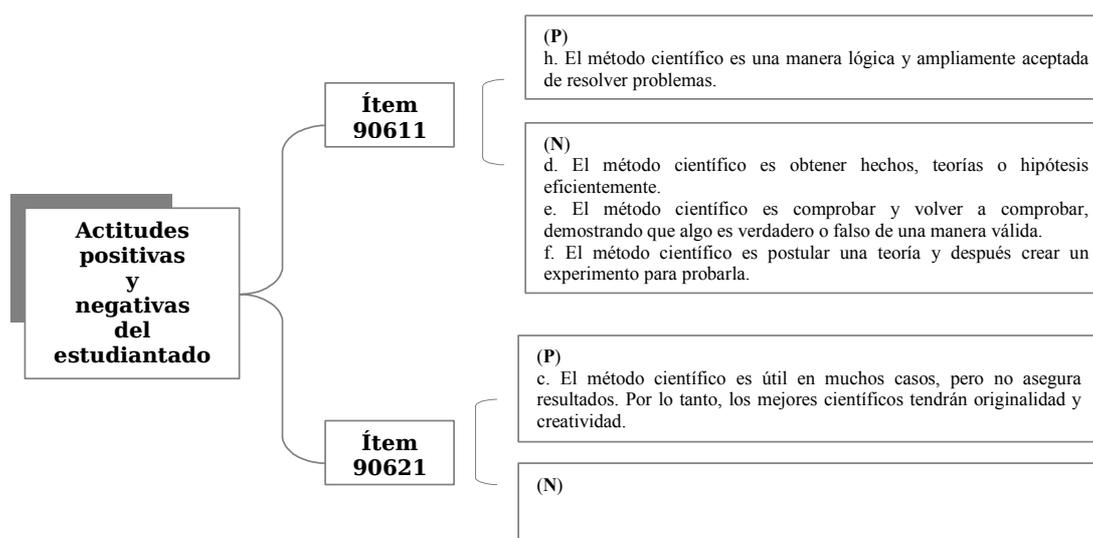
Sadler *et al.* (2004) sostienen que la educación científica debe asumir un rol primario en desarrollar una adecuada enseñanza de estos aspectos. También Albé (2007 op.cit.) justifica esta importancia al afirmar que la enseñanza de los temas vinculados con la relación sociedad-ciencia aporta una base sólida para promover una adecuada comprensión de este aspecto, así como también de la propia naturaleza de la ciencia. Al mismo tiempo, Kølsto (2001b) hace énfasis en este aspecto argumentando que en la sociedad hay una necesidad de favorecer una democratización de la ciencia y promover el desarrollo de la alfabetización científica de todo el estudiantado. A la vez, Vázquez *et al.* (2006 op.cit) enfatizan que hay ciertos aspectos de la relación ciencia-sociedad que se encuentran presentes en la vida diaria, lo que facilitaría su conocimiento y comprensión. De manera que esta presencia facilitaría su comprensión, ya que no requiere conocimientos específicos ni profundos para ser reconocidos por el estudiantado.

Estas aportaciones nos parecen importantes, ya que ponen acento en tres aspectos que debería tener en cuenta la enseñanza de las ciencias: la relevancia de incluir estos contenidos en las aulas de ciencias; el vínculo que tienen los contenidos sobre la relación entre la sociedad y la ciencia con la dimensión afectiva y ética del estudiantado; y la fortaleza que significa para el profesorado y el estudiantado formar parte de un contexto sociocultural, en el cual la dimensión sociocientífica ofrece muchas experiencias e información factibles de utilizarse como recursos para desarrollar una rica enseñanza de estos temas.

### 9.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica

En esta categoría el estudiantado ha mostrado una actitud global negativa, debido, principalmente a la actitud muy desfavorable acerca de los procesos que siguen los científicos cuando investigan. A un nivel más específico, sus actitudes han mostrado dos tendencias: una actitud positiva hacia la idea que enfatiza la lógica del método científico y el papel de los atributos de los científicos, como la creatividad y originalidad; y una actitud negativa que pone énfasis en ideas inductivas y empiristas de la ciencia.

En esta categoría el estudiantado ha mostrado una actitud global desfavorable, ya que no reconoce las ideas más adecuadas y, en cambio, identificó muchas ideas ingenuas, que resaltan los aspectos más tradicionales sobre la metodología científica. Esta actitud fue claramente negativa en la primera idea, que enfatiza en los procesos que siguen los científicos cuando investigan. Aquí, el estudiantado sólo ha reconocido positivamente la idea que alude al método científico como un proceso lógico y capaz de resolver problemas. Esta actitud contrasta fuertemente con las actitudes específicas más negativas que ha mostrado hacia tres ideas ingenuas, que enfatizan en una visión inductiva, empírica, lineal e incompleta sobre los procesos de la ciencia. El esquema expone los enunciados de las ideas que han identificado positiva y negativamente.



Se encontraron antecedentes consistentes con la evidencia (Driver *et al.*, 1996; Vázquez *et al.*, 2006). Cabe destacar el estudio desarrollado en el ámbito local por Vázquez *et al.* (2006), puesto que señalan que el estudiantado también identificó los procesos de la investigación científica con las etapas del método científico tradicional. Esta actitud se fundamenta en la visión ingenua del método científico, conformado por una serie de etapas y que se encuentra citado en el mito aportado por Mc Comas (1998). Otros estudios también señalan que el estudiantado relaciona la metodología científica con procesos inductivos y centrados en la observación (Driver *et al.*, 1996; Mc Comas, 1998 op.cit).

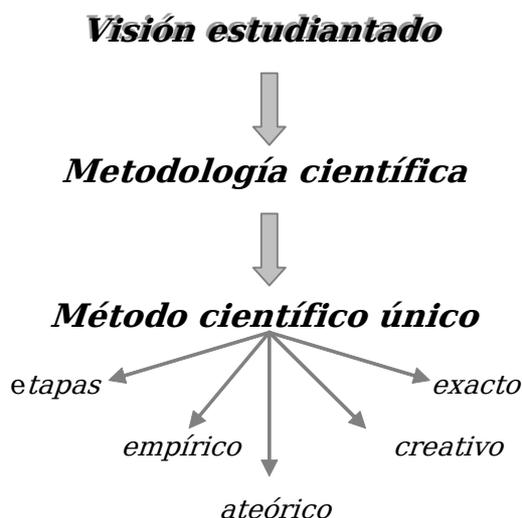
La actitud que ha mostrado el estudiantado acerca de la metodología científica parece tener influencia sobre las actitudes que ha mostrado hacia otros aspectos de la naturaleza de la ciencia. Esta influencia parece estar presente en cómo el estudiantado define la ciencia, en la justificación de la ausencia de influencia de la sociedad en la ciencia, la supuesta objetividad de la actividad científica, y la universalidad de los conocimientos que elabora, entre otras ideas.

Acerca de la idea que alude a las actividades que hacen los científicos cuando aplican la metodología científica, el estudiantado mostró una actitud más positiva respecto de la anterior. El estudiantado identificó positivamente la idea que resalta el papel de la creatividad y originalidad de los científicos en la actividad científica.

En el estudiantado hay una actitud generalizada de considerar que hay un método científico único, basado en las etapas ampliamente conocidas y cuya aplicación permite producir conocimientos universales, exactos, objetivos, etc. Un aspecto interesante es que el estudiantado ha reconocido la creatividad de los científicos como un aspecto presente en la ciencia y que fue omitido por el profesorado. Aún así, para el estudiantado el método científico aparece como un factor que está por encima de cualquier influencia externa. La originalidad y la creatividad pueden considerarse como atributos o requisitos que forman parte del propio desarrollo del método más que una actitud más acorde con la verdadera naturaleza de la metodología científica. La figura 42 representa los

aspectos fundamentales que el estudiantado ha identificado sobre la metodología científica.

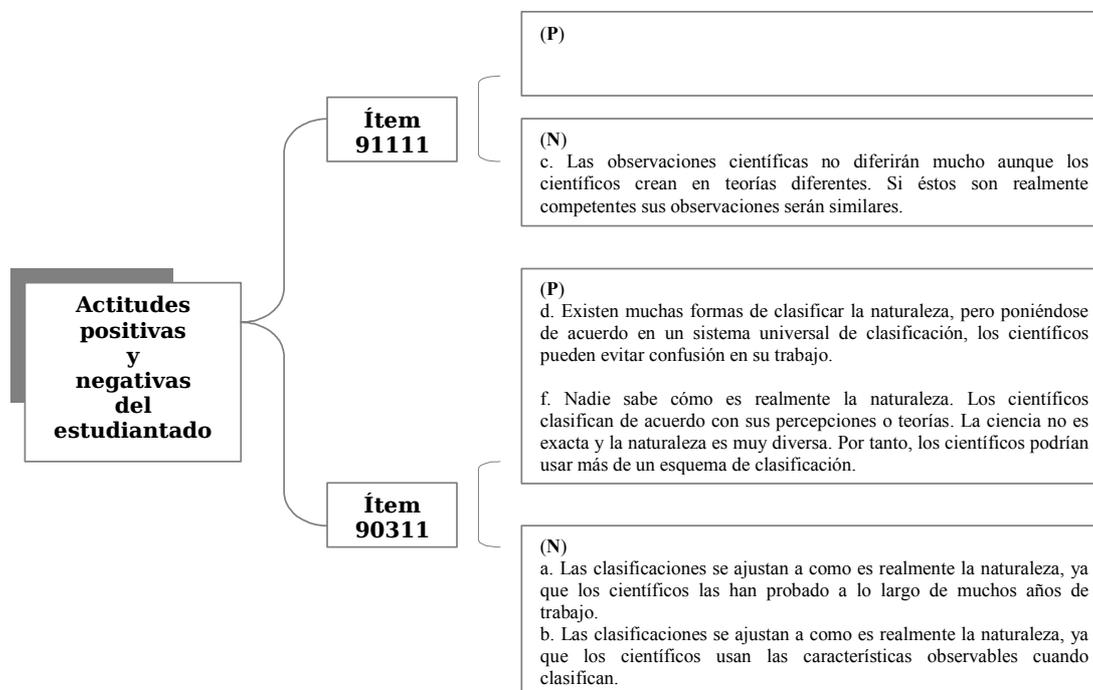
**Figura Nº 42. Las ideas de la metodología científica identificadas por el estudiantado**



A pesar de la presencia de algunas actitudes favorables, la actitud global contrasta con las necesidades y las finalidades que expresa la investigación didáctica sobre este aspecto. En este sentido cabe destacar a Sandoval (2005), quien ha señalado que la adecuada comprensión de la naturaleza de la metodología científica es uno de los cuatro pilares fundamentales sobre los que debería desarrollarse la enseñanza de las ciencias. Este autor enfatiza en la relevancia que tienen los distintos aspectos que conforman esta dimensión de la naturaleza de la ciencia, ya que alude desde un fin instrumental hasta otros más esenciales, que se vinculan con una mejor comprensión y participación del estudiantado en la toma de decisiones sobre distintos dilemas sociocientíficos. Para este autor el fin epistemológico que tiene la enseñanza de este aspecto es ayudar al estudiantado a desarrollar estándares para evaluar la relación entre la observación, los métodos para su obtención, y el conocimiento que aparece a través de ellos.

### 9.3 Tercera categoría. Rol de la observación y la inferencia científica

Para las ideas acerca del rol de la observación y de la inferencia en la ciencia, el estudiantado ha mostrado una actitud global positiva, pero muy baja. En un nivel más específico se combinan actitudes positivas y negativas, pero la tendencia se orienta preferentemente en un sentido más ingenuo que adecuado. El siguiente esquema expone las ideas en las cuales el estudiantado mostró las actitudes más positivas y más negativas.



El estudiantado ha mostrado una actitud visiblemente negativa en la primera idea, que alude a la naturaleza de las observaciones científicas. Para el estudiantado una observación científica es independiente de las teorías previas que sostengan los científicos. Desde esta visión, la observación se entiende como un proceso objetivo, ajeno de una base teórica previa y de las ideas y teorías personales de los científicos.

Hay antecedentes sobre este aspecto de la ciencia que son consistentes con la evidencia (Acevedo *et al.*, 2002 *op.cit.*; Roth y

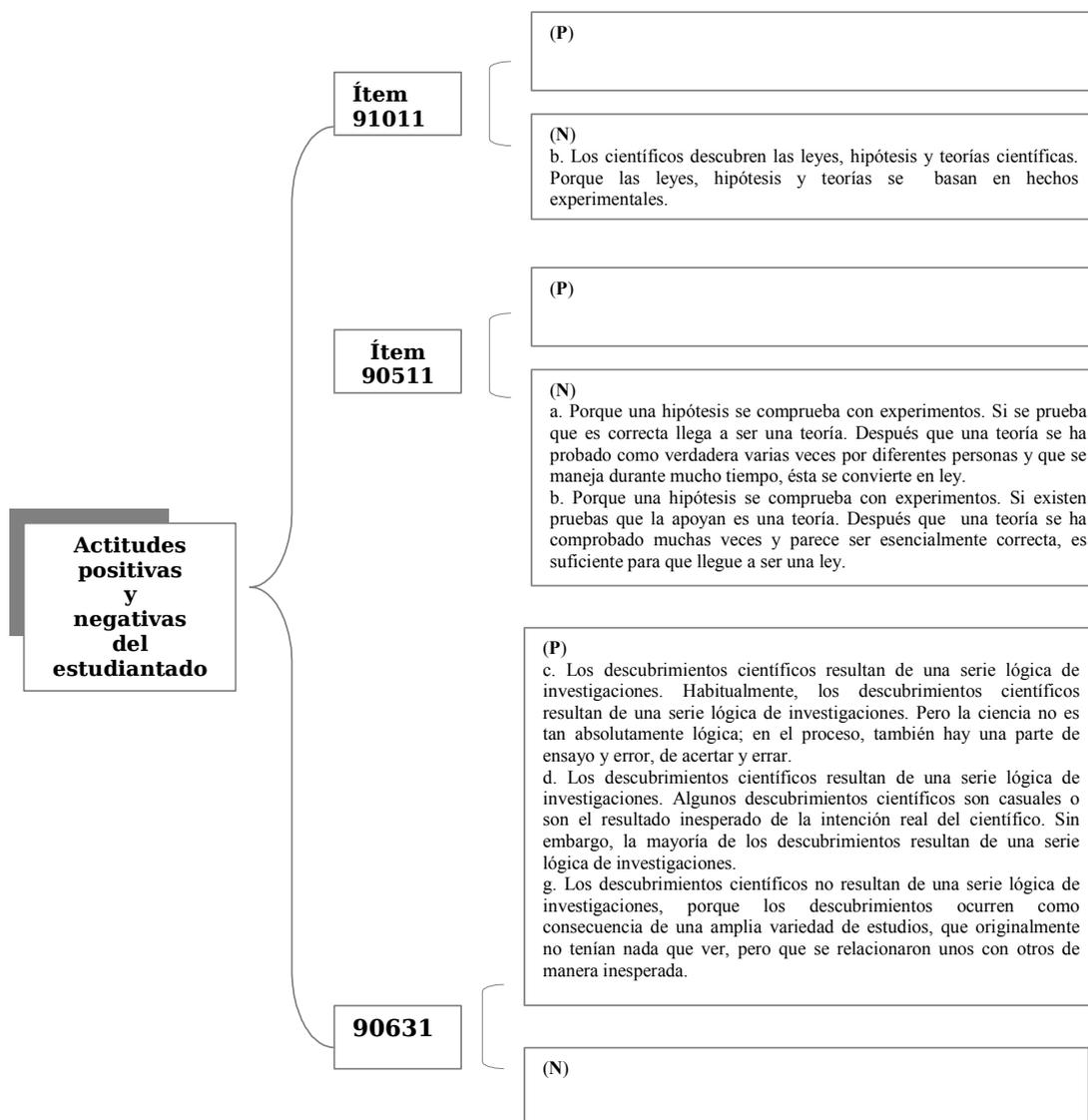
Roychoudhury, 1994; Tsai, 1998 op.cit.; Khishfe y Abd-El-Kalick, 2002). Todos estos estudios concuerdan en señalar que el estudiantado mostró una diversidad de ideas sobre la ciencia y, en particular, una actitud ingenua al considerar la naturaleza objetiva de la observación científica. Cabe señalar la aportación de Tsai (1998 op.cit.), quien encontró estas mismas tendencias y sobre las cuales señala que: “El estudiantado considera que una observación cuidadosa es el principal recurso de los científicos” (p. 478). Este autor enfatiza que el estudiantado no comprende que a toda observación le sigue una teoría previa. En relación con las visiones inductivas del estudiantado afirma que: “La observación no siempre muestra la verdad. Los científicos seleccionan sus observaciones según sus teorías” (p. 479).

Acerca del rol y naturaleza de la inferencia el estudiantado ha mostrado actitudes positivas y negativas. El estudiantado ha identificado favorablemente dos ideas que confirman el carácter subjetivo de las inferencias que hacen los científicos. También ha reconocido que la inferencia es un proceso que está presente en los procesos de interpretación de los fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, ha mostrado una actitud negativa hacia las ideas ingenuas, que postulan que las interpretaciones se ajustan a como es verdaderamente la naturaleza. Estas actitudes sólo sugieren contradicciones, que se refuerzan con las actitudes ingenuas que ha mostrado en otros aspectos y que confirman el énfasis en ideas del tipo empíricas e inductivas ingenuas. También Vázquez *et al.* (2006) evidenciaron una gama de actitudes sobre este mismo aspecto, sin que estas incoherencias tuvieran influencia en el estudiantado, sino que, más bien, las consideraron como una muestra más de la importancia de educarle adecuadamente sobre la naturaleza de la ciencia y sobre la relación entre la ciencia-tecnología-sociedad.

#### ***9.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas***

El estudiantado ha mostrado una actitud global positiva, aunque muy débil, hacia las distintas ideas acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas. La tendencia en las actitudes más específicas muestra un predominio de ideas ingenuas sobre la relación entre las hipótesis, teorías

y leyes. El esquema muestra las ideas que identificaron más positiva y negativamente.



El estudiantado ha mostrado una actitud negativa hacia la idea que alude a la naturaleza y origen de las hipótesis, teorías y leyes científicas. Los escasos antecedentes concuerdan con la evidencia (Vázquez *et al.*, 2006). El estudiantado mostró una actitud similar frente a la idea ingenua sobre la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes. En consecuencia, la evidencia refuerza la visión ingenua que ya había mostrado, que los

científicos extraen los conocimientos directamente de la naturaleza o de los experimentos. Al mismo tiempo, esta actitud refuerza la actitud ingenua que ha mostrado en esta idea sobre la relación entre las hipótesis, teorías y leyes científicas. El estudiantado mostró una actitud negativa hacia las ideas ingenuas que enfatizan una supuesta evolución de una hipótesis hasta convertirse en una ley. Esta actitud se relacionaría estrechamente con la anterior, ya que, según la actitud del estudiantado, las hipótesis, teorías y leyes se extraen inductivamente de los resultados aportados por la experimentación. En general, el estudiantado mostró una escasa identificación de ideas sobre la naturaleza de las teorías científicas, lo que sugiere una cierta desestimación del papel que tienen en la ciencia, y que finalmente es otra forma de expresión del desconocimiento y falta de comprensión del rol que tienen en la actividad científica.

Los antecedentes aportados por numerosos estudios en el ámbito local e internacional son consistentes con la evidencia (Acevedo *et al.*, 2002 op.cit.; Galili y Hazan, 2001; Lederman y O'Malley, 1990; Manassero *et al.*, 2001; Meyling, 1997; Ryan y Aikenhead, 1992; Vázquez *et al.*, 2006 op.cit.). Estos estudios concuerdan en señalar que la mayoría del estudiantado consideró la existencia de una relación jerárquica entre las hipótesis, teorías y leyes. Esta idea forma parte del mito que transmite la enseñanza de las ciencias y que señala que las hipótesis evolucionan hasta leyes científicas (Mc Comas, 1998 op.cit.). En este caso, la evidencia es muy clara, ya que está sugiriendo una concordancia estrecha con las ideas que fundamentan esta visión ingenua, que deriva de una interpretación errónea e incompleta de los modelos empírico e inductivo de la ciencia. En este mismo sentido, en estos estudios el estudiantado también mostró actitudes ingenuas sobre el origen y la función de las teorías en la ciencia. El estudiantado ha considerado que las teorías científicas son objetivas y que representarían la realidad tal cual es. Sobre este aspecto, señaló como ejemplo que, antes de proponer la teoría de partículas, los científicos visualizaron las partículas a través del microscopio. También ha enfatizado que las teorías se generan a partir de la experimentación, omitiendo cualquier otro proceso previo. También Pink-Kee (2003) evidenció una tendencia similar, ya que el estudiantado articulaba argumentaciones muy

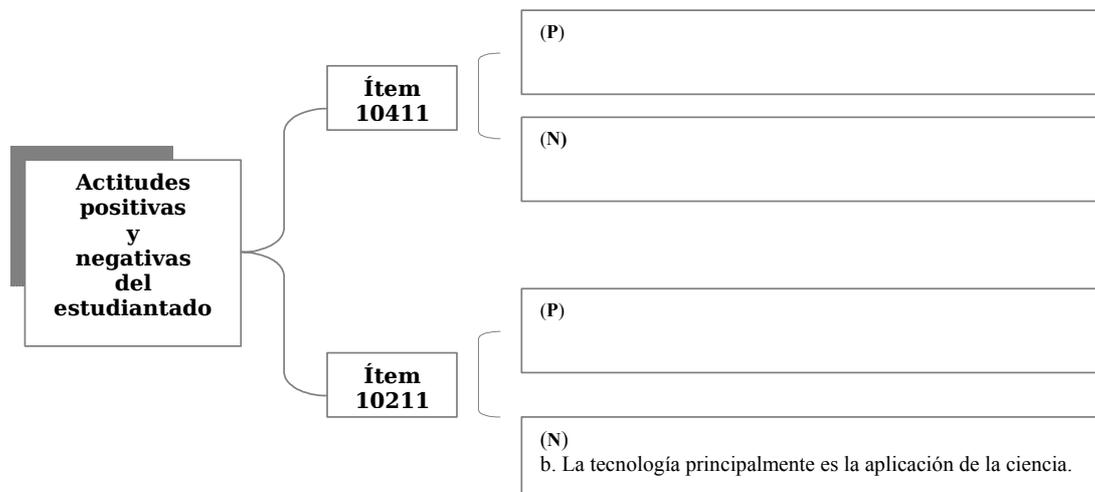
complejas para explicar sus visiones, tanto si eran adecuadas como ingenuas, dejando ver la persistencia y el grado de profundidad que tienen dichas ideas en sus esquemas conceptuales sobre la ciencia.

La actitud del estudiantado acerca de la idea que pone acento en la naturaleza de los descubrimientos científicos contrasta con las actitudes mostradas en los aspectos anteriores. El estudiantado ha mostrado una actitud favorable hacia las ideas que afirman la naturaleza lógica de los descubrimientos científicos y en las que niegan el papel relevante de la casualidad en los descubrimientos. Aunque, también, el estudiantado ha identificado una idea plausible, que contrasta con la anterior, que pone acento en que los descubrimientos científicos no son resultado de la lógica, sino que son consecuencia de la combinación de muchos estudios que en algún momento conducen a un descubrimiento.

Aunque la naturaleza de los descubrimientos científicos tiene un rol importante en la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia, los antecedentes sobre las actitudes del estudiantado acerca de este aspecto son prácticamente nulos. Algún antecedente más relacionado hace mención, aunque también de un modo insuficiente, al papel de las teorías científicas. En este sentido Dagher *et al.* (2004) hacen una crítica al señalar que los estudios sobre ideas más específicas, son muy escasos, lo que contrasta con la sobreabundancia de investigaciones que tocan ideas generales de la naturaleza de la ciencia. Estos autores señalan que esta misma sobreabundancia es un claro argumento para justificar la relevancia de desarrollar estudios a niveles más específicos si se quiere promover una mejor comprensión de estos aspectos en el profesorado y el estudiantado.

### **9.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología**

El estudiantado ha mostrado una actitud global positiva y baja que no se corresponde con la evidencia más específica, la cual fue muy escasa. El estudiantado ha mostrado deficiencias importantes en las dos ideas vinculadas con la relación entre ciencia y tecnología. La evidencia indica que no tuvo la capacidad para identificar apropiadamente ninguna de las ideas específicas sobre la relación de la ciencia y la tecnología. El esquema muestra las actitudes del estudiantado sobre este aspecto.



En la primera idea, que hace referencia a la relación entre ciencia y tecnología, el estudiantado ha mostrado una nula identificación de ideas, tanto en el sentido adecuado como en el ingenuo. En la segunda idea, que alude a la definición de tecnología, el estudiantado identificó negativamente la idea ingenua, que define a la tecnología como ciencia aplicada. Esta actitud global, más que mostrar una ausencia de evidencia, está sugiriendo que el estudiantado tiene un deficiente conocimiento y comprensión de la relación que se establece entre ambas formas del conocimiento.

Aunque los antecedentes son escasos, éstos son consistentes con la evidencia (Vázquez *et al.*, 2002 op.cit.; Galili y Hazan, 2001 op.cit.; Reis y Galvão, 2007; Rios y Solbes, 2007; Vázquez *et al.*, 2006). Estos estudios concuerdan en la actitud ingenua del estudiantado, ya que consideraron que la tecnología es la aplicación de la ciencia. No obstante, los antecedentes aportados por Vázquez *et al.* (2002) muestran una tendencia más favorable, ya que el estudiantado ha reconocido la existencia de una relación entre la ciencia y la tecnología.

La adecuada comprensión de esta relación se argumenta sólidamente en la mayoría de las propuestas actuales de la educación científica y, particularmente en la propuesta de alfabetización científica y

tecnológica. El desarrollo de una adecuada comprensión de esta relación forma parte de un objetivo mucho más amplio que apunta a promover en el estudiantado ideas más humanas, democráticas y contextualizadas de la ciencia y la tecnología. Estas ideas forman parte de los principios que fundamentan las grandes propuestas de la educación científica actual, como ciencia-tecnología-sociedad y la propia alfabetización científica y tecnológica, que enfatizan en una necesaria formación del estudiantado como ciudadanos capacitados para tomar decisiones informadas sobre ciencia y tecnología (Hodson, 1998, 2003 op.cit.). En relación con estas afirmaciones, los antecedentes señalan que el desarrollo de este tipo de objetivos en las aulas de ciencias promueve en el estudiantado dos actitudes que son fundamentales: un mayor interés hacia la ciencia (mayor motivación e interés por estudiar ciencias), y el desarrollo de habilidades relacionadas con la creatividad (Lee y Erdogan, 2007).

Hay que considerar que la casi total ausencia de identificación de ideas adecuadas sobre este aspecto está señalando una tendencia en la actitud y sobre la que hay que poner atención. Ello es debido a que la ausencia de identificación de ideas sugiere que el estudiantado no sabe o sabe muy poco acerca de los específicos y generales esenciales de la relación ciencia y tecnología. Esta actitud puede explicarse como efecto de la fuerte presencia de ideas empírico-inductivas en el estudiantado, que le impide visualizar la tecnología como un conocimiento separado de la ciencia. La tecnología se visualiza como la aplicación de la ciencia, ya que se entiende como el conocimiento que aportan los instrumentos que requiere la actividad científica. Así, la tecnología no se reconoce como un conocimiento que tiene sus propios fines, objetivos, procedimientos, métodos y valores. Parece que el estudiantado sólo ve la utilidad práctica que la tecnología tiene para la ciencia, pero no ve la utilidad que tiene la ciencia para la tecnología, y tampoco la relación de colaboración e interdependencia entre ambas, como se plantea actualmente desde el paradigma de la tecnociencia. Este paradigma permite explicar la relevancia de esta relación y de la necesaria comprensión que debe existir en el profesorado, el estudiantado y en la ciudadanía en general.

### ***Síntesis del capítulo***

El estudiantado ha mostrado una actitud global positiva, que estaría sugiriendo una comprensión adecuada de los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, a un nivel específico el estudiantado mostró actitudes heterogéneas caracterizadas por una combinación de ideas adecuadas e ingenuas que no es posible visualizar en un nivel más global. En general, las actitudes adecuadas se encontraron combinadas con abundantes actitudes ingenuas sobre un mismo aspecto.

En la primera categoría el estudiantado mostró una actitud global favorable que, sin embargo, se ha construido sobre un escaso número de ideas. En la mayoría de las actitudes el estudiantado ha mostrado tendencias positivas y negativas, que sugieren una falta de claridad y de comprensión de las ideas más específicas relacionadas con la naturaleza tentativa de la ciencia. Esta deficiencia se reflejaría en la escasa identificación de un mayor número de ideas, lo que empobreció el perfil actitudinal del estudiantado sobre este aspecto de la ciencia. A un nivel más específico, las actitudes han mostrado algunas tendencias claras sobre el papel de los errores en la ciencia, acerca del cual el estudiantado parece tener algún grado de comprensión. En sus aspectos negativos, que resaltan visiblemente sobre los positivos, se encuentra la escasa comprensión de la subjetividad de la ciencia, en especial cuando se vincula con la influencia de las características personales de los científicos en la actividad científica. En relación a este aspecto se encontró un vínculo con la relevancia que otorga al método científico, que para el estudiantado estaría por encima de cualquier otro factor que lo pueda influir. Además de estos aspectos, aparece pobremente explicada la influencia de la sociedad en la ciencia, y sobre la que el estudiantado ha mostrado dos actitudes, ya que, por una parte, niega la influencia de la sociedad en la actividad científica directa, pero, al mismo tiempo, reconoce esta influencia en relación con las aportaciones económicas que hace la sociedad a la comunidad científica. Esta actitud sugiere que el estudiantado tiene un cierto grado de idealización de la ciencia y la visualiza como una actividad ajena a la influencia de los factores socioculturales y económicos, y, en general de los procesos que rigen a las sociedades del siglo XXI.

La actitud que ha mostrado el estudiantado hacia la metodología científica es claramente desfavorable. Ha mostrado actitudes específicas, que se vinculan con las ideas más tradicionales e ingenuas del método científico. Esta idea del método científico universal, exacto, ateorico, absoluto, objetivo parece, además, fundamentar las actitudes hacia otros aspectos de la naturaleza de la ciencia, como se pudo evidenciar con mayor claridad en la primera y cuarta categorías.

En relación con el rol de la observación y de la inferencia, el estudiantado mostró una actitud claramente empírica e inductiva ingenua de la observación científica. Creemos que esta tendencia se relaciona también con las actitudes que mostró sobre la metodología científica, así como con las actitudes ingenuas acerca de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas. En este sentido, las ideas empíricas e inductivas, que probablemente fundamentan la mayoría de las actitudes del estudiantado, se han expresado fuertemente en estas dos categorías. El estudiantado reconoce que el método científico universal es el “método de la ciencia”, y a la observación le adscribe un papel fundamental, pues es el proceso mediante el cual los científicos “extraen” los conocimientos aportados por la experimentación. Al mismo tiempo, el estudiantado ha omitido las ideas relativas al papel de las teorías científicas, probablemente, porque ha reconocido que éstas representan una etapa del proceso evolutivo que le permite a las hipótesis transformarse en leyes científicas. Esta actitud del estudiantado acerca de la naturaleza de las teorías científicas deja ver el escaso desarrollo de los aspectos epistemológicos en el aula de ciencias, a pesar del rol central que éstas tienen para la ciencia y en la propia enseñanza de las ciencias.

La actitud del estudiantado hacia la relación ciencia y tecnología es la más desfavorable, tanto por considerar que la tecnología es ciencia aplicada, como por la casi nula identificación de ideas sobre este aspecto. Esta categoría aporta evidencias claras sobre el deficiente conocimiento y comprensión del estudiantado así como la escasa atención que se presta a esta relación en la práctica docente.

***CAPÍTULO 10. SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN LAS ACTITUDES DEL PROFESORADO Y DEL ESTUDIANTADO ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA***

Este capítulo resume las principales evidencias acerca de las actitudes del profesorado y estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en este estudio.

Es necesario destacar que las actitudes del profesorado y estudiantado, en más de una categoría, muestran similitudes que resultan paradójicas si se considera la amplia distancia formativa que hay entre ambos grupos. Se encontraron similitudes sobre aspectos reconocidos como fundamentales de desarrollar adecuadamente en las aulas, tales como la observación e inferencia, la metodología científica, y el rol y naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes. En cambio, hubo diferencias en la primera y última categorías, que aluden a la naturaleza tentativa de la ciencia y a la relación ciencia y tecnología, respectivamente, en que el profesorado mostró una tendencia más favorable respecto del estudiantado. Ambas categorías tienen en común enfatizar ideas que implican aspectos humanos y socioculturales de la ciencia que tienen un fuerte impacto en el quehacer de los ciudadanos, y cuya relevancia se ha explicitado en numerosas reformas, programas, y en los actuales paradigmas que la fundamentan la educación científica.

Aunque el profesorado y el estudiantado han mostrado algunas actitudes favorables en algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia, la evidencia en general refuerza los antecedentes que muestran una fuerte presencia de ideas fundamentadas en los modelos empírico, inductivo-ingenuo y positivista. En este sentido, el refuerzo es permanente si se considera que la mayoría de las actitudes del profesorado son similares a las que ha mostrado el estudiantado. Las diferencias en las actitudes se observaron principalmente en la profundidad o especificidad de las ideas que identificaron, más que en diferencias epistemológicas. Por esta razón, las actitudes del estudiantado, aunque mostraban tendencias similares a las del profesorado, se basaron en ideas más simples que sugerían un menor grado de elaboración sobre el tema. Esta tendencia se observó,

---

especialmente, en aspectos controvertidos de la naturaleza de la ciencia, como la idea de cambio de la ciencia, la metodología científica, el papel de las teorías en la ciencia, y el papel de la evidencia empírica, entre otros, y que se sabe han pasado a ser un obstáculo para promover mejoras en las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia y la ciencia en general.

A continuación se desarrolla la discusión sobre los aspectos más relevantes sobre las actitudes del profesorado y estudiantado para cada categoría de la naturaleza de la ciencia.

### ***10.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa***

Esta categoría es la más extensa e incluyó cuatro subcategorías que reúnen diversas ideas sobre esta dimensión de la naturaleza de la ciencia. En términos generales el profesorado mostró actitudes más favorables, pero a un nivel más específico ambos grupos mostraron actitudes muy similares, tanto en un sentido favorable como desfavorable.

En la primera subcategoría que alude a la naturaleza relativa de la ciencia, las actitudes globales del profesorado y estudiantado han mostrado una tendencia positiva, aunque en el estudiantado fue más débil, ya que en algunas ideas mostró actitudes más ingenuas o contradictorias. En las actitudes específicas ambos colectivos han mostrado una tendencia global muy parecida. El profesorado y estudiantado han mostrado una actitud similar para definir la ciencia (cuerpo de conocimientos). También han mostrado una actitud favorable sobre el papel de los errores en la ciencia, aunque el estudiantado ha identificado otras ideas más ingenuas, por lo cual su actitud es más contradictoria que la mostrada por el profesorado. Sobre la idea de cambio de la ciencia el profesorado mostró una tendencia más adecuada, aunque con contradicciones. En cambio el estudiantado mostró una actitud menos favorable, al identificar negativamente la idea que la ciencia cambia por acumulación del conocimiento anterior. Esta idea forma parte de una de las visiones deformadas transmitidas en la enseñanza de las ciencias (Fernández *et al.*, 2002). A un nivel más específico el profesorado y el estudiantado han mostrado actitudes similares, ya que han puesto atención en las mismas ideas ingenuas, que aluden a un supuesto carácter universal de la actividad científica y a que

las diferencias en estos procesos vendrían dadas por la tecnología que utilizan los científicos en sus investigaciones.

En la segunda subcategoría, que alude a la evidencia empírica, el profesorado y estudiantado han considerado que el proceso de hacer ciencias se describe como observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo. Además, el profesorado ha identificado el método científico único, y el estudiantado ha identificado la tecnología lo que sugiere que, en ambos casos, está presente la idea que la actividad científica es visiblemente empírico-inductiva. Las actitudes mostradas por el profesorado y estudiantado son consistentes con muchos antecedentes aportados por la literatura, que subrayan el énfasis que se otorga a esta visión del método científico en la enseñanza de las ciencias.

Acerca de la tercera subcategoría que hace referencia a la subjetividad de la ciencia, las actitudes del profesorado y estudiantado muestran diferencias. El estudiantado ha mostrado una actitud más favorable respecto el profesorado, que ha mostrado una actitud muy pobre en ideas. Aunque el estudiantado ha reconocido que las ideas científicas pueden tener diferente interpretación, las actitudes restantes sugieren que tiene contradicciones y, en general, una idea muy básica de este aspecto. En cambio, el profesorado ha tenido dificultad para reconocer muchas de las ideas sobre este aspecto y, cuando lo ha hecho, ha mostrado una actitud contradictoria y pobremente fundamentada. En ambos grupos las contradicciones concuerdan al reconocer que la ciencia es objetiva y a la vez subjetiva. Asimismo, sus actitudes sugieren una tendencia fundamentada en una visión inductiva ingenua, ya que también han concordado que las decisiones de los científicos se basan en los hechos.

En relación con la influencia de la sociedad en la ciencia el profesorado y estudiantado han mostrado una actitud global muy similar. A nivel específico, las actitudes también concuerdan, ya que prácticamente han identificado las mismas ideas, tanto en sus aspectos positivos como negativos. Estas actitudes comunes sobre la relación de la sociedad y la ciencia enfatizan una negación de la influencia del contexto sociocultural de un país. También enfatizan que la sociedad influye en la ciencia a través de las subvenciones económicas y que las empresas no deberían dirigir la

ciencia. Estas actitudes muestran que hay deficiencias importantes en el conocimiento y comprensión de la naturaleza humana, social y cultural que tiene la ciencia, y sobre la relación que establece con los diversos contextos de la sociedad. Estas actitudes sugieren que estos contenidos no se desarrollan, o bien son escasos, en la enseñanza de las ciencias.

### ***10.2 Segunda Categoría. Multiplicidad metodológica***

El profesorado y el estudiantado mostraron una actitud global negativa caracterizada por la fuerte presencia de ideas que aluden a los procesos, que forman parte del modelo tradicional del método científico. Para el profesorado y el estudiantado, el método científico consiste en desarrollar una diversidad de procesos relacionados con procedimientos, recoger y registrar datos, y elaborar conclusiones, entre otros. También desestimaron la idea que no hay un método científico verdadero, reforzando la tendencia ingenua que se ha observado. Las características en las actitudes del profesorado y del estudiantado concuerdan en muchos sentidos con la visión errónea que transmite la enseñanza de las ciencias y que afirma la existencia de un método científico universal basado en una serie de etapas. No obstante, también han reconocido favorablemente la presencia de la creatividad y originalidad de los científicos, aunque la función de estos aspectos puede estar referida exclusivamente al desarrollo del método. Consideramos que las respuestas de ambos grupos sobre esta idea se han visto condicionadas o limitadas por las frases del ítem, puesto que no permiten clarificar el sentido que da el profesorado y estudiantado a estos atributos.

Las actitudes del profesorado y del estudiantado sugieren que las ideas empíricas tienen un peso importante en las decisiones que han tomado sobre los distintos aspectos de la ciencia, particularmente en éste que alude a los procesos que la conforman. En el estudiantado esta tendencia es menos fuerte, lo que sugiere que el sistema educativo jugaría un papel importante en reforzar las ideas existentes y también en promover cambios hacia otras más completas y adecuadas.

### ***10.3 Tercera Categoría. Rol de la observación y la inferencia científica***

En esta categoría el profesorado y el estudiantado se han caracterizado por mostrar actitudes globales positivas, pero débiles. En el profesorado esta tendencia se ha debido a la actitud negativa que mostró en la idea que alude a la naturaleza de la observación científica. Y, en el caso del estudiantado esta tendencia se debió a la abundante identificación negativa de ideas ingenuas sobre este mismo aspecto. Las actitudes más específicas también mostraron una tendencia parecida, al enfatizar la naturaleza objetiva de la observación científica. En general, tanto el profesorado como el estudiantado han reconocido que las observaciones científicas no están influidas por la teoría de los científicos, aunque el profesorado ha mostrado contradicciones al identificar también una postura opuesta. Aún así, ambos grupos han mostrado una amplia coincidencia en las ideas que han omitido y en el reconocimiento de la idea ingenua sobre este aspecto de la ciencia. Los antecedentes encontrados fueron consistentes con la evidencia, lo que confirma la relevancia que tienen las ideas inductivas sobre este aspecto en particular, y de la ciencia en general.

En contraste, ambos grupos mostraron actitudes más favorables en las ideas sobre la naturaleza subjetiva de las inferencias que hacen los científicos. La evidencia indica que el profesorado y el estudiantado pusieron énfasis en la subjetividad de los sistemas de clasificación y en los acuerdos que toman los científicos. Sin embargo, la idea de subjetividad de la ciencia fue más evidente en el estudiantado, ya que reconocieron que la naturaleza no se puede conocer directamente y que su conocimiento está influido por las percepciones y teorías de los científicos. El profesorado no identificó esta idea adecuada lo que refleja la tendencia que mostró la evidencia que el profesorado requiere una explícita formación en los aspectos de la naturaleza de la ciencia que son fundamentales para promover mejoras en la enseñanza de las ciencias.

#### ***10.4 Cuarta Categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas***

El profesorado y el estudiantado han mostrado una actitud global positiva, aunque en el estudiantado ésta fue más débil, debido en parte a la actitud negativa que mostró hacia la idea que enfatiza la relación entre las hipótesis, teorías y leyes científicas. A nivel específico las actitudes son bastante similares, aunque el profesorado ha mostrado una actitud más favorable, pero también contradictoria, acerca de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes. Así, para el profesorado y el estudiantado los científicos son los que descubren las hipótesis, teorías y leyes. Esta actitud refuerza los antecedentes que señalan que, tanto el profesorado como el estudiantado, creen que los científicos extraen estos conocimientos a partir de la experimentación. Sin embargo, el profesorado también ha reconocido que las hipótesis, teorías y leyes se inventan, lo que sugiere un cierto avance en las explicaciones respecto del estudiantado debido, probablemente, a su formación científica. Ambos grupos también han mostrado la misma actitud hacia las ideas ingenuas, que enfatizan que las hipótesis, teorías y leyes se relacionan jerárquicamente, ya que evolucionan como efecto de la comprobación empírica. Esta visión se fundamenta en una diversidad de ideas ingenuas vinculadas con una idea lineal, absoluta, empírica, inductiva y objetiva de la actividad científica, que se refuerza además, por el casi nulo reconocimiento del papel de las teorías en la ciencia. En ambos grupos las teorías científicas se consideran como un conocimiento que, si se comprueba reiteradamente, se transforma en una ley científica. Junto a esta idea, aparece la noción que el conocimiento científico se basa fundamentalmente en los hechos experimentales, reforzando así el fundamento empírico de las actitudes sobre otros aspectos de la naturaleza de la ciencia.

#### ***10.5 Quinta Categoría. Relación Ciencia y Tecnología***

El profesorado y el estudiantado han mostrado una actitud global positiva, pero que a un nivel más específico las tendencias son mucho más desfavorables, ya que ambos grupos mostraron actitudes pobremente fundamentadas, hecho que fue aún más visible en el estudiantado. El

profesorado mostró un mayor número de actitudes que el estudiantado, aunque basadas en ideas ingenuas acerca de la relación entre ciencia y tecnología. Así, el profesorado reconoció positivamente que la ciencia y la tecnología estaban vinculadas, pero señaló que la tecnología se encontraba en la base de los avances científicos, y que ciencia y tecnología son lo mismo. Para la definición de tecnología ambos grupos mostraron una actitud similar, al reconocer la idea ingenua que tecnología es ciencia aplicada.

La actitud del estudiantado marcada por una casi nula presencia de ideas sólo puede estar sugiriendo que tiene carencias importantes en el conocimiento y comprensión sobre los aspectos básicos de la relación entre la ciencia y la tecnología, y más aún del estrecho vínculo que existe entre ambas formas de conocimiento.

### ***Síntesis del capítulo***

La evidencia aportada por el análisis cuantitativo de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia ha dejado ver más similitudes que diferencias en las actitudes del profesorado y estudiantado. Aunque en algunos aspectos mostraron diferencias, la similitud se expresó en prácticamente todos los aspectos de la naturaleza de la ciencia. Las diferencias se observaron especialmente en la cantidad de ideas, ya que el profesorado identificó un mayor número de frases respecto del estudiantado.

Los datos confirman que las actitudes del profesorado y estudiantado se fundamentan en ideas similares sobre la ciencia. De acuerdo a lo observado, ambos grupos comparten una base epistemológica común, sustentada principalmente en ideas derivadas de los modelos empíricos e inductivos. Estas visiones de la ciencia estuvieron presentes en todas las categorías de la naturaleza de la ciencia, y la fuerte presencia facilitó el reconocimiento que los aspectos históricos y sociológicos de la ciencia se encuentran ausentes de las aulas de ciencia.

Aunque se reconoce la importancia e influencia de los modelos empíricos e inductivos de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, también se afirma que sus fundamentos no permiten dar cuenta de todos

los aspectos implicados en la idea de la ciencia actual. Creemos que esta condición ha influido en la poca capacidad que ha mostrado el profesorado y el estudiantado para identificar los aspectos adecuados relacionados con la dimensión social e histórica de la ciencia. Es probable que esto mismo marque el énfasis en identificar a la ciencia casi de manera exclusiva desde su dimensión epistemológica.

Por otra parte, la presencia de actitudes ingenuas en el profesorado y estudiantado indica también que muchas de estas ideas están formando parte de un sistema de creencias que se encuentra más allá de los límites de la enseñanza de las ciencias y de las instituciones formadoras del profesorado. Algunos antecedentes han aportado datos importantes en este sentido y que estarían dando cuenta que las actitudes acerca de la ciencia formarían parte de la cosmovisión pragmática e ingenua que está presente especialmente en la cultura occidental.

**PARTE VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL  
ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS  
FACTORES DE AULA Y DE LA ENTREVISTA**

Análisis cuantitativo de los factores de aula  
Análisis cualitativo de los factores de aula  
Resultados y discusión de las entrevistas

---

---

Este **apartado VI** expone los resultados de los análisis cuantitativos y cualitativos de los factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula. Se compone de tres capítulos: el capítulo once, expone los resultados y discusión del análisis cuantitativo de los factores de aula estudiados; el capítulo el doce, expone los resultados y discusión del análisis cualitativo de los registros de las prácticas docentes; y el capítulo trece presenta los resultados y el análisis del contenido de las entrevistas realizadas a los tres profesores participantes en el estudio cualitativo.

---

## ***CAPITULO 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA OBSERVACIÓN CUANTITATIVA DE LOS FACTORES DE AULA***

Este capítulo expone los resultados del análisis cuantitativo de los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente. En primer término se exponen los resultados que muestran las tendencias generales observadas en los análisis, y después se presenta el análisis y la discusión de los resultados del análisis por profesor (P1, P2, P3).

En un nivel general el índice global negativo indica que ha predominado más la ausencia que la presencia de factores de aula. En un nivel más específico las categorías uno, dos y cinco han mostrado índices negativos para los factores de aula que valoran. Entre éstas, la categoría dos, que hace referencia a los aspectos de la naturaleza de la ciencia, mostró el índice global más bajo y negativo. En cambio, las categorías tres y cuatro, que hacen referencia a las características no instruccionales del profesor y a las características del estudiantado, han mostrado índices globales positivos, aunque bajos.

Por profesor, los índices muestran diferencias, ya que, mientras el profesor P1 mostró un índice global positivo aunque cercano a cero, los profesores P2 y P3 mostraron índices globales negativos, pero con diferencias notorias entre ambos. El profesor P3 mostró la tendencia con más deficiencias, con índices negativos en las cinco categorías.

El análisis general indica que en las prácticas de los tres profesores hubo una amplia ausencia de los factores en estudio. Esta deficiencia fue muy notoria en la categoría dos, lo que sugiere que en la enseñanza de las ciencias la transmisión explícita de los aspectos de la naturaleza de la ciencia es muy deficiente. La categoría que resalta las características instruccionales del profesor también mostró deficiencias importantes en muchos de sus factores específicos.

A continuación se presentan los resultados de los parámetros generales observados.

### ***11.1 Análisis de la observación cuantitativa de los factores de aula***

#### ***A) Parámetros generales***

El análisis general de los resultados presentados en la tabla 97 muestra que el índice global de los factores de aula tiene un valor negativo (-0,127). Este índice negativo se debe a la escasa presencia de los factores de aula estudiados en los tres casos. Las medidas de los descriptivos de las medias de los índices de los factores de aula son variadas. El profesor P1 mostró el índice más alto y positivo (0,142), y los profesores P2 y P3 mostraron los índices de los factores de aula negativos (-0,052 y -0,472 respectivamente).

**Tabla Nº 97. Medias de los índices de los factores de aula por profesor y por categoría**

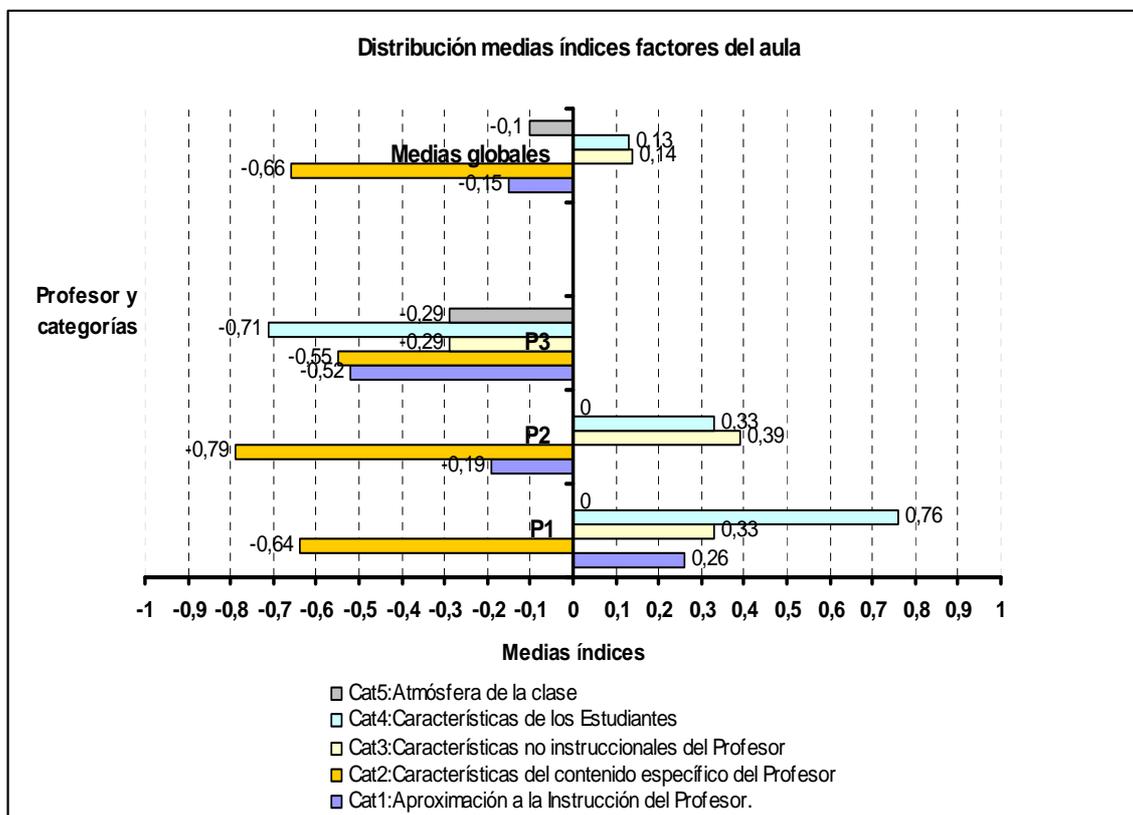
<b>Profesor</b>	<b>Cat. I</b>	<b>Cat. II</b>	<b>Cat. III</b>	<b>Cat. IV</b>	<b>Cat. V</b>	<b>Medias por profesor</b>
P1	0,26	-0,64	0,33	0,76	0	0,142
P2	-0,19	-0,79	0,39	0,33	0	-0,052
P3	-0,52	-0,55	-0,29	-0,71	-0,29	-0,472
Medias por categoría	-0,15	-0,66	0,14	0,13	-0,1	-0,127

Los resultados por categorías también han mostrado diferencias. Dos categorías han mostrado índices globales positivos y muy similares: la categoría tres, que alude a las características no instruccionales del profesorado (0,14), y la categoría cuatro, que enfatiza las características del estudiantado (0,13). Los índices negativos corresponden a las categorías uno (-0,15), dos (-0,65) y cinco (-0,1), que, respectivamente, aluden a la aproximación del profesorado a la instrucción, a las características del contenido específico, y a la atmósfera de la clase. Estos índices sugieren que en las prácticas hubo una presencia muy baja o nula de factores de estas tres categorías.

**B) Análisis y discusión de los índices de los factores de aula por categoría**

La figura 43 muestra la distribución de los índices de los factores de aula por profesor y categoría. Los índices de los factores se distribuyeron mayoritariamente en el sector negativo del gráfico, lo que sugiere una mayor ausencia que presencia de los factores en la mayoría de las categorías estudiadas.

**Figura Nº 43. Distribución de las medias globales de los índices de los factores de aula por profesor y por categoría**



(P1: profesor 1; P2: profesor dos; P3: profesor 3)

La distribución indica también que el profesor P1 ha mostrado la tendencia más favorable. El profesor P2 mostró una tendencia intermedia,

ya que ha mostrado índices positivos y negativos. Y, el profesor P3 ha mostrado la tendencia más desfavorable, ya que mostró índices negativos en las cinco categorías.

La distribución de los índices de los profesores P1 y P2 es más cercana, lo que sugiere que mostraron aspectos similares o parecidos en sus prácticas respecto del profesor P3. Estas similitudes se han encontrado en las categorías tres y cuatro que aluden a las características no instruccionales del profesorado y a las características del estudiantado, respectivamente; en la categoría dos, en la cual ambos profesores han mostrado índices negativos y bajos; y en la categoría cinco, en la cual mostraron un índice igual a cero. Por otra parte, la diferencia más notoria entre ambos profesores se observó en la categoría uno, en la cual el profesor P1 tiene un índice positivo y el profesor P2 un índice negativo.

Después de esta presentación general se expone la discusión de estos resultados para cada una de las cinco categorías de los factores de aula analizados.

### **B.1) Categoría uno. Aproximación a la instrucción del profesor**

Esta categoría se compone de diez y nueve factores asociados con las características de la instrucción del profesor (ver Tabla 98). El valor negativo de la media (-0.15) (ver Tabla 97 y Figura 43) sugiere que hubo una deficiente presencia de estos factores en las prácticas de aula de los tres profesores.

En la bibliografía se han encontrado antecedentes consistentes con esta evidencia (Abd-El-Kalick y Boujaoude, 1997). En este estudio el profesorado mostró deficiencias importantes a nivel instruccional y en aspectos relativos a la estructura y función de las disciplinas que enseñaban. El profesorado en sus prácticas docentes mostró deficiencias a nivel de los ejemplos y de las analogías relacionadas con los problemas de la vida diaria del estudiantado. En algunos casos estas deficiencias llegaron al límite de aportar ejemplos incorrectos sobre el contenido que enseñaban y otros que no pudieron explicar adecuadamente. En general, hubo también una escasa presencia de ejemplos y analogías durante la instrucción. Esta misma situación se observó con las preguntas, ya que el

profesorado realizó preguntas contradictorias sobre los contenidos de las disciplinas que enseñaban y se observó falta de claridad de los fines que tenían estas preguntas en el proceso instruccional. También Brown y Melear (2006) aportan antecedentes en este sentido, ya que el profesorado participante en el estudio mostró deficiencias importantes para desarrollar estrategias instruccionales acordes con las actuales perspectivas de la enseñanza de las ciencias. El propio profesorado reconoció una falta de confianza para desarrollar adecuadamente una instrucción orientada en la investigación. El profesorado justificó esta deficiencia debido a variables como un alto número de estudiantes en el aula, los obstáculos institucionales, y el mantenimiento de la disciplina del aula.

**Tabla Nº 98. Factores de aula que componen la primera categoría**

Factores del aula	
1. Anécdotas	El profesor usa historias, analogías, ejemplos para ilustrar conceptos.
2. Dinámica	La presentación del profesor es energética teatral con buena inflexión de la voz.
3. Sucesos de evocación	Efectividad del material presentado.
4. Discurso	La exposición del profesor es monopolizadora con o sin involucrar al estudiante.
5. Frecuencia preguntas	Frecuencia con que el profesor pregunta o inquiere al estudiantado.
6. Fragmentación	La presentación del profesor sigue un flujo libre y secuencia lógica.
7. Preguntas alto nivel	Frecuencia con que el profesor utiliza preguntas de más alto nivel.
8. Desviación de la instrucción	Relación de tópicos periféricos con el concepto principal.
9. Ajustes	Valorización y ajustes de los niveles de comprensión de la clase.
10. Periodo revisión	Tiempo de la clase destinado a revisar material presentado en clases previas.
11. Predictibilidad	Modo de presentación es inflexible respecto al contenido.
12. Solución de problemas	Utilización de preguntas abiertas-cerradas o eventos de discrepancia.
13. Receptividad	Receptividad del profesor a preguntas iniciadas por estudiantado.
14. Rapidez	La tentativa del profesor para cubrir la cantidad de material que había predeterminado.
15. Trabajo pasivo	El propósito de la clase se orienta a escribir ejercicios o leer textos.
16. Exploración	Uso de preguntas de seguimiento a respuestas de los estudiantado.
17. Estimulación	Frecuencia de uso de estímulos positivos.

18.Humor	Uso de chistes, historias humorísticas entre la instrucción.
19.Variedad de medios	Uso de diversos materiales y medios instruccionales durante la presentación de los contenidos.

**B.2) Categoría dos. Características del contenido específico**

Esta categoría se compone de quince factores asociados con los aspectos metacientíficos del contenido (ver Tabla 99). Esta categoría mostró el índice más bajo (-0,66) (ver Tabla 97 y Figura 43), ya que hubo una escasa presencia de factores relacionados con la naturaleza de la ciencia en las tres prácticas observadas.

**Tabla Nº 99. Factores de aula que componen la segunda categoría**

Factores del aula	
20.Amoral	El profesor presenta un conocimiento científico amoral.
21.Lenguaje antropomórfico	El lenguaje antropomórfico es aceptado y usado por el profesor.
22.Creatividad	El profesor tiene una idea del conocimiento científico como un producto de la imaginación y creatividad humana.
23.Constructos arbitrarios	El profesor enfatiza la naturaleza arbitraria y la utilidad de los constructos científicos.
24. Progreso	El profesor enfatiza la naturaleza tentativa de la ciencia. Conocimiento científico
25.Relativismo	Se admite la incertidumbre del conocimiento científico.
26.Exactitud del lenguaje	Énfasis en una exacta definición de la terminología científica.
27.Información errónea	El profesor presenta información errónea.
28.Implicación moral/ética	Se enfatiza en las implicaciones morales/éticas creadas por la ciencia.
29.Parsimonia	Se presenta un conocimiento científico exhaustivo en oposición a específico.
30.Cantidad de material	Se presenta una excesiva cantidad de temas.
31.Relevancia	Se enfatiza la práctica natural de temas.
32.Superficialidad	Las explicaciones de los fenómenos son correctas, pero inadecuadas.
33.Validación	Se enfatiza la importancia de la validación empírica del contenido.
34.Interdisciplinariedad	Se enfatiza la interdisciplinariedad de varias ciencias.

Se encontraron antecedentes consistentes con la evidencia aportada en los estudios iniciales realizados por Lederman (1985, 1986); y por Lederman y Zeidler (1987). Cabe destacar las aportaciones de Lederman

---

(1985)<sup>25</sup>, quien encontró trece factores de aula significativamente diferentes entre el profesorado con una alta exhibición de las variables en estudio (grupo alto) respecto del profesorado con baja exhibición de las variables (grupo bajo). El profesorado del grupo alto promovió cambios en cinco aspectos de la naturaleza de la ciencia, en contraste con el mínimo logrado por el profesorado del grupo bajo. Este autor ha señalado que la presencia de factores de la naturaleza de la ciencia en las prácticas docentes del profesorado del grupo alto se relacionaría con la presencia de algunos factores específicos vinculados con la primera categoría de análisis, que resalta las características instruccionales del profesorado. Entre los factores que se relacionan se encontrarían: la instrucción orientada al razonamiento e investigación; un bajo énfasis en lo memorístico; un reducido número de actividades “pasivas”, como leer, escribir o realizar ejercicios; y un énfasis creciente por parte del profesorado para promover una profundización, ampliación y exactitud del contenido científico que enseñaban. Al mismo tiempo, Lederman (1986) evidenció que en la práctica del profesorado del grupo alto hubo una mayor presencia de factores de esta segunda categoría respecto del profesorado perteneciente al grupo bajo. Entre los factores asociados con la segunda categoría evidenciaron la presencia del factor implicación moral/ética, dado que durante la práctica el profesorado planteó situaciones relacionadas con la ciencia y sus implicaciones en la vida personal del estudiantado. Junto a la presencia de este factor, prácticamente ausente en nuestros resultados, se suman otros relacionados con el énfasis en una profundización y exactitud del contenido científico, que se vincularon con los factores relativismo y exactitud del lenguaje. En cambio, el profesorado del grupo bajo no mostró estos factores, pero enfatizó en factores de esta categoría considerados desfavorables como información errónea y superficialidad. Por otra parte, Lederman y Zeidler (1987) no encontraron diferencias significativas entre el profesorado del grupo alto con el profesorado del grupo bajo, pero observaron que, durante las prácticas, el

---

<sup>25</sup> Lederman (1985) en este estudio también utilizó técnicas cuantitativas y cualitativas para recoger datos sobre los factores de aula.

profesorado del grupo bajo mostró errores y deficiencias en la comprensión de aspectos específicos de la naturaleza de la ciencia. Posteriormente, Lederman (1999) encontró que el profesorado con más años de experiencia docente tenía una práctica de aula más consistente con sus concepciones sobre la ciencia. Este profesorado, a diferencia del más novel, desarrolló prácticas que incluían un mayor número de actividades. Estas actividades se basaron, principalmente, en demostraciones y actividades de laboratorio, en las cuales el estudiantado debía recoger datos e inferir explicaciones. Sin embargo, Lederman no señala si estas prácticas estuvieron adecuadamente justificadas desde lo teórico, porque, de lo contrario, no dejarían de ser una de las tantas formas en que se expresan los modelos tradicionales de la ciencia. Hay que tener en cuenta que el incremento de las actividades de laboratorio y las demostraciones aportadas por el profesorado no significan necesariamente una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia o que el profesor tenga ideas adecuadas al respecto.

### **B.3) Categoría tres. Características no instruccionales del profesorado**

Esta categoría se compone de tres factores, que enfatizan en aspectos relacionados con la conducta afectiva del profesor en el aula (ver Tabla 100). Esta categoría mostró el índice más favorable de los factores (0,14) (ver Tabla 97 y Figura 43), ya que estuvieron presentes en gran parte de las prácticas docentes observadas, especialmente, de los profesores P1 y P2.

**Tabla Nº 100. Factores de aula que componen la tercera categoría**

<b>Factores del aula</b>	
35. Conducta	El profesor es agradable
36. Impersonal	El profesor tiene interés en socializar con el estudiantado antes o después de la clase.
37. Desviación no-instrucciona	El profesor comenta historias no relacionadas con el contenido que está presentado.

Hay antecedentes consistentes con la evidencia (Lederman, 1999 op. cit.). Este autor evidenció en el profesorado diversas actitudes relacionadas

con estos factores, como por ejemplo la conducta agradable que mostró hacia el estudiantado. Estas actitudes se expresaron en la forma de hacer sentir bien a los estudiantes consigo mismos, realzando frecuentemente sus capacidades y desarrollando una instrucción que tenía en cuenta las vivencias del estudiantado. También los antecedentes aportados por Lederman y Zeidler (1987) mostraron esta misma tendencia y no hubo diferencias significativas entre el profesorado del grupo alto y el profesorado del grupo bajo.

Los factores que conforman esta categoría tienen un rol importante en la enseñanza, ya que en la práctica de aula el profesorado es la primera variable a tener en cuenta (Hofstein y Lazarowitz, 1986; Meyers y Fouts, 1992; Ebenezer y Zoller, 1993; Ratcliffe, 1997; entre otros). Hay antecedentes que concuerdan en afirmar que la actitud del profesorado tiene una influencia importante en la actitud del estudiantado en relación con el aprendizaje de las ciencias. Simpson y Oliver (1990) encontraron que la actitud del profesorado tenía una influencia importante en la actitud del estudiantado, particularmente en relación con la interacción entre éstos. Este autor evidenció que la interacción entre el estudiantado tenía un impacto favorable en el aprendizaje de las ciencias y, en este proceso, el papel del profesorado fue fundamental. Los antecedentes aportados por Meyers y Fouts (1992 op. cit.) y Ratcliffe (1997 op.cit.) concuerdan que una actitud favorable del profesorado debería extenderse a crear en el aula las condiciones para promover una adecuada interacción entre el estudiantado. Esta interacción habría de tener lugar a través de grupos pequeños, que permitan el diálogo y comunicación confiada entre los pares (Ratcliffe, 1997 op.cit.).

En los escasos antecedentes se reconoce la influencia de las actitudes del profesorado en el aprendizaje de las ciencias, pero, prácticamente, no hay estudios específicos que informen de la influencia de los aspectos de esta categoría en la traslación de la naturaleza de la ciencia, aunque dadas la naturaleza de estos contenidos, no es difícil inferir que debe existir un estrecho vínculo entre ambos aspectos. Hay que considerar que numerosos aspectos de la naturaleza de la ciencia pueden

ser relacionados con la dimensión más personal del estudiantado y, por tal razón la actitud docente es fundamental.

#### **B.4) Categoría cuatro. Características del estudiantado**

Esta categoría se compone de tres factores (Tabla 101). Esta categoría que valora la presencia de factores asociados con el estudiantado mostró un índice positivo de los factores de aula (0,13), el segundo más positivo (ver Tabla 97 y Figura 43).

**Tabla Nº 101. Factores de aula que componen la cuarta categoría**

Se encontraron antecedentes consistentes con la evidencia en las

Factores del aula	
38. Compromiso activo	El estudiantado participa realmente en las lecciones.
39. Atención	El estudiantado está sobre las tareas durante gran parte de la clase.
40. Preguntas no solicitadas	El estudiantado realiza preguntas no solicitadas.

aportaciones de Lederman y Zeidler (1987 op.cit.). El estudiantado del profesorado del grupo alto mostró una tendencia similar a la que se observó especialmente, en las prácticas de los profesores P1 y P2; y el estudiantado del profesorado del grupo bajo mostró una tendencia similar, menos atenta y activa, acorde con lo observado en la práctica del profesor P3, que se ha reflejado con un índice negativo de los factores de esta categoría.

Es evidente la diferencia entre los índices de los factores de aula de las prácticas de los profesores P1 y P2 respecto del profesor P3. Entre otras causas que se hace necesario abordar, la diferencia entre los índices puede estar relacionada con el nivel de enseñanza. Los profesores P1 y P2 desarrollaron sus prácticas en primero y segundo de bachillerato de ciencias en donde es altamente probable encontrar un estudiantado con un concepto personal de la ciencia más elevado. En contraste, el estudiantado del profesor P3 se encontraba cursando tercero de la ESO, y en cuyo caso es probable que aún sostengan un concepto personal de la ciencia más bajo respecto al estudiantado de bachillerato.

En las prácticas del profesor P3 los factores mostraron un índice muy bajo, que no es posible vincular exclusivamente al interés que tenga el estudiantado en la ciencia. Hay que tener en cuenta que este nivel de la enseñanza es bastante crítico, ya que, de una u otra manera, es cuando el estudiantado comienza a establecer diferencias entre una u otra disciplina y esta actitud tiene un efecto importante en la orientación de las decisiones que toma sobre la continuación de sus estudios y en el interés que pueda mostrar en el futuro hacia la ciencia como parte de la cultura. Los antecedentes aportados recientemente por Vázquez y Manassero (2007), que resumen los resultados de estudios amplios desarrollados en España, señalan que en el estudiantado hay un desinterés creciente hacia la ciencia durante el transcurso de la enseñanza secundaria que se extiende hasta el final de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Pero que este interés se ve incrementado cuando ingresan al Bachillerato, específicamente, al de Ciencias de la naturaleza. Este antecedente concuerda, en parte, con las afirmaciones aportadas por el profesorado en la entrevista, ya que ellos mismos enfatizan en las diferencias en las actitudes del estudiantado entre ambos niveles de enseñanza y coinciden que esta diferencia se debe exclusivamente al estudiantado, sin un cuestionamiento de la responsabilidad que pueda tener el docente.

También se encontraron antecedentes relacionados con la tendencia que mostró el estudiantado en el aula del profesor P3 (Ebenezer y Zoller (1993 op.cit.)). En este estudio el estudiantado mostró una actitud negativa hacia la ciencia, que según los autores estaría generada por las experiencias desfavorables que han tenido en aula que vinculan con una pobre calidad de la enseñanza. Este estudio que combinó técnicas cuantitativas y cualitativas enfatiza que durante la entrevista el estudiantado aportó aspectos relevantes sobre la práctica docente señalando que el profesorado de ciencias centraba la enseñanza en el dictado y la tarea de ellos se reducía a la copia de los contenidos en la libreta.

**B.5) Categoría cinco. Atmósfera de la clase**

Esta categoría se compone de cuatro factores (tabla 102). El índice global de los factores de esta categoría es negativo (-0,1) debido a un predominio de ausencias por sobre presencias de factores en las prácticas de los tres profesores El profesor P1 y P2 mostraron índices de los factores igual a cero y el profesor P3 un índice negativo (ver Tabla 97 y Figura 43).

**Tabla Nº 102. Factores de aula que componen la quinta categoría**

Factores del aula	
41.Disciplina	La atmósfera de la clase es altamente estructurada y orientada hacia la disciplina.
42.Tiempo de espera	El tiempo de la clase se caracteriza por la espera del estudiantado de una próxima actividad.
43.Baja ansiedad	La atmósfera de la clase es confortable con una baja ansiedad.
44.Relación	El profesorado y el estudiantado socializan de manera amistosa.

La evidencia obtenida en esta categoría es consistente con los antecedentes aportados por Lederman y Zeidler (1987 op.cit.). En este estudio los resultados mostraron diferencias en la presencia de factores de esta categoría entre el profesorado de grupo alto respecto del grupo bajo. En las prácticas del profesorado del grupo bajo hubo una mayor presencia de factores desfavorables, como el factor tiempo de espera. La presencia de este factor se relacionaría con otros factores que se asocian con la instrucción (como una deficiente planificación, deficiente manejo de la clase, restricciones curriculares, entre otros). Al mismo tiempo que se relacionaría con un modelo de profesor poco efectivo (Lederman, 1986). En contraste, en las prácticas del profesorado del grupo alto se observó una mayor presencia de factores favorables como baja ansiedad y relación.

***Síntesis del capítulo***

La evidencia cuantitativa ha mostrado que, aunque hubo diferencias en las prácticas de los tres profesores, la tendencia global ha mostrado una deficiente presencia de los factores en estudio. La mayoría de las categorías mostraron índices negativos de los factores de aula. Esta tendencia fue visiblemente negativa en la categoría uno, que alude a las

---

características instruccionales del profesorado, en la categoría dos, que resalta aspectos metacientíficos del contenido, y en la categoría cinco que hace referencia a aspectos relacionados con el clima del aula. Esta tendencia desfavorable fue parcialmente atenuada con una mayor presencia de factores de las categorías tres y cuatro, que aportaron índices positivos relacionados con las características no instruccionales del profesorado y las características del estudiantado, respectivamente. Estas dos categorías mostraron una mayor presencia de factores, lo que puede estar sugiriendo alguna relación entre ambas. Esta posible vinculación se discute en el siguiente capítulo que expone los resultados y discusión del análisis cualitativo de la observación de la práctica de los tres profesores.

De este primer análisis se evidencia que la transmisión de la naturaleza de la ciencia parece requerir de la combinación de diversos factores de aula que deberían estar presentes durante la práctica docente. Este proceso de traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula probablemente precisaría la adecuada combinación de factores de aula de orden instruccional, metacientíficos, afectivos (propios de las características personales del profesorado), así como de factores propios del estudiantado, y factores vinculados con el clima del aula.

Las diferencias en la presencia de estos factores ha dado como resultado que la traslación de la naturaleza de la ciencia no ocurre explícitamente, y cuando ocurre es de una manera no planificada y basada en ideas que no siempre son acordes con las ideas relevantes para la enseñanza de las ciencias. La evidencia ha mostrado que la mayoría de las prácticas docentes se han realizado desde un prisma tradicional en que el objetivo propedéutico sigue presente, especialmente a nivel de bachillerato, y que, de acuerdo a lo observado, se realiza sin la presencia de factores que puedan favorecer una adecuada enseñanza de la naturaleza de la ciencia.

## ***CAPÍTULO 12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LOS FACTORES DE AULA***

En este capítulo se presentan los resultados y la discusión del análisis cualitativo de la observación de las prácticas docentes de los tres profesores participantes en el estudio cualitativo. Los datos provienen del análisis de las transcripciones del registro audiovisual de estas prácticas. Un total de quince sesiones, cinco por profesor, fue el material utilizado para el análisis cualitativo, que abarcó prácticas en las disciplinas de biología, física y química.

En términos generales, la evidencia obtenida cualitativamente muestra mucha similitud con la obtenida del análisis cuantitativo de los factores de aula. No obstante estas consistencias, ha sido posible evidenciar especificidades que no se observaron en el análisis cuantitativo presentado en el capítulo anterior.

A continuación se presentan los resultados del análisis cualitativo y su discusión. En primer término, se presenta el análisis y la discusión general de la evidencia. Posteriormente se desarrolla la discusión para cada una de las categorías de los factores de aula.

### ***12.1 Resultados globales y discusión del análisis cualitativo de los factores de aula***

La tabla 103 expone la frecuencia de la presencia de los factores de aula obtenidos del análisis del contenido de los datos recogidos durante las prácticas docentes de cada profesor.

**Tabla Nº 103. Frecuencias de los factores de aula presenciados en las prácticas docentes**

Categorías	Factores del aula	P1	P2	P3	
<b>I. Aproximación a la instrucción del profesor</b>	1. Anécdota	6	4	1	
	2. Dinámica	10	1	-	
	4. Discurso	30	9	6	
	5. Frecuencia de preguntas	52	8	14	
	7. Preguntas de alto nivel	16	6	-	
	9. Ajuste	9	6	1	
	10. Periodo revisión	1	1	2	
	11. Predictibilidad	-	-	1	
	12. Solución de problemas	13	3	-	
	13. Receptividad	2	1	-	
	14. Rapidez	-	-	1	
	15. Trabajo pasivo	18	17	39	
	16. Exploración	20	7	-	
	17. Estímulos	2	-	1	
	18. Humor	2	-	2	
	<b>II. Características del contenido específico</b>	25. Relativismo	1	-	-
		26. Exactitud lenguaje	4	-	-
		32. Superficialidad	27	8	4
33. Validación		29	42	-	
34. Interdisciplinaridad		1	-	-	
<b>III. Características no instruccionales del profesor</b>	36. Estimulación	2	-	-	
	37. Desviación no instruccional	3	1	1	
<b>IV. Características de los estudiantes</b>	38. Compromiso activo	20	5	9	
	39. Atención	13	6	35	
	40. Preguntas no solicitadas	17	6	3	
<b>V. Atmósfera de la clase</b>	41. Disciplina	-	-	12	
	42. Tiempo de espera	-	3	5	
	43. Ansiedad	-	-	-	
	44. Relación	-	-	4	

Una primera visión de los resultados muestra que las prácticas de los tres profesores se caracterizaron por una deficiente presencia de los factores en estudio. Esta afirmación se sustenta, primariamente, en la evidencia que aporta la media general de los factores observados. Del total de 44 factores estudiados, sólo se identificaron 19 (menos del 50 %) distribuidos entre las cinco categorías.

El análisis por categorías evidenció una mayor presencia de factores de la primera categoría que hace referencia a las características de la

instrucción que desarrolla el profesor. Las frecuencias más altas se encontraron en los factores discurso, frecuencia de preguntas, y exploración.

En contraste, en la segunda categoría que alude al contenido metacientífico, se observaron las frecuencias más bajas de factores. En esta categoría los factores más frecuentes fueron validación empírica y superficialidad mostrando una mayor presencia en las prácticas de los profesores P1 y P2, no así en las del profesor P3.

La categoría tres que hace referencia a las características no instruccionales del profesor, ha mostrado una mínima presencia de factores (estimulación y desviación no instruccional).

En la categoría cuatro relacionada con las características de los estudiantes, se observa una frecuencia importante de la presencia de factores en las prácticas de los tres profesores. El factor atención mostró la mayor frecuencia, seguido del factor compromiso activo, y del factor preguntas no solicitadas.

La categoría cinco que alude a la atmósfera de la clase, mostró una escasa presencia de los factores (disciplina, tiempo de espera, ansiedad y relación) en las tres prácticas observadas.

El análisis general por profesor indica que la práctica del profesor P1 mostró la mayor presencia de factores (23) y que en los profesores P2 y P3 ésta fue un poco menor, pero similares en número de factores de aula (18).

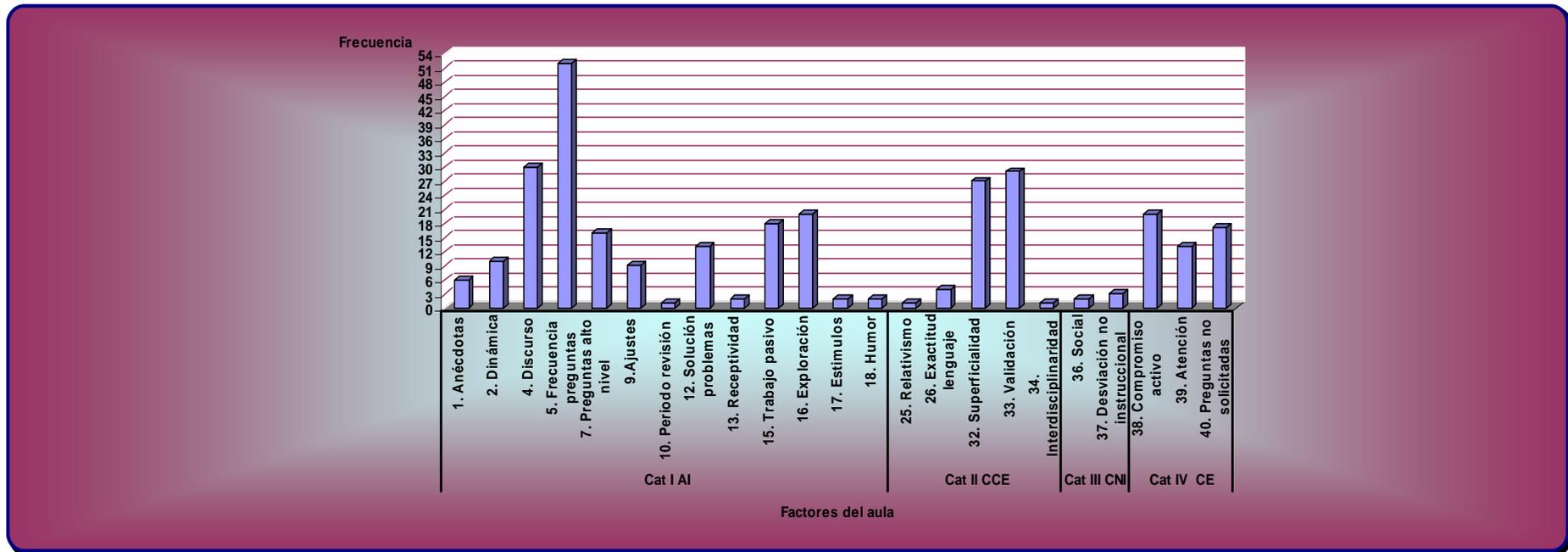
En la práctica del profesor P1 se observaron factores de las cuatro primeras categorías y ningún factor de la categoría cinco. En las prácticas de este profesor los factores más frecuentes fueron: frecuencia de preguntas, discurso, exploración, preguntas de alto nivel, trabajo pasivo (categoría uno); superficialidad, validación empírica (categoría dos), y compromiso activo y preguntas no solicitadas (categoría cuatro). En estas prácticas hubo una presencia de factores que se consideran favorables para una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia, tales como frecuencia de preguntas, exploración, preguntas de alto nivel. Sin embargo, estos factores se encontraron combinados con otros factores de la misma categoría (discurso y trabajo pasivo). Estos factores se consideran

desfavorables para una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia. Forman parte de una enseñanza más tradicional y pasiva, y se relacionan estrechamente con el modelo de enseñanza de transmisión-recepción. La figura 44 muestra la distribución de la frecuencia de la presencia de los factores de aula encontrados en el análisis cualitativo de las prácticas del profesor P1, en cada una de las categorías.

Las prácticas del profesor P2 mostraron una deficiente presencia de los factores de aula en la mayoría de las categorías. Entre los factores más frecuentes se encontraron trabajo pasivo (categoría uno) y validación empírica (categoría dos). Ambos factores se consideran desfavorables para la adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia, ya que también se asocian con un modelo tradicional de la enseñanza de las ciencias. La figura 45 muestra la distribución de los factores de aula presenciados en las prácticas de este profesor.

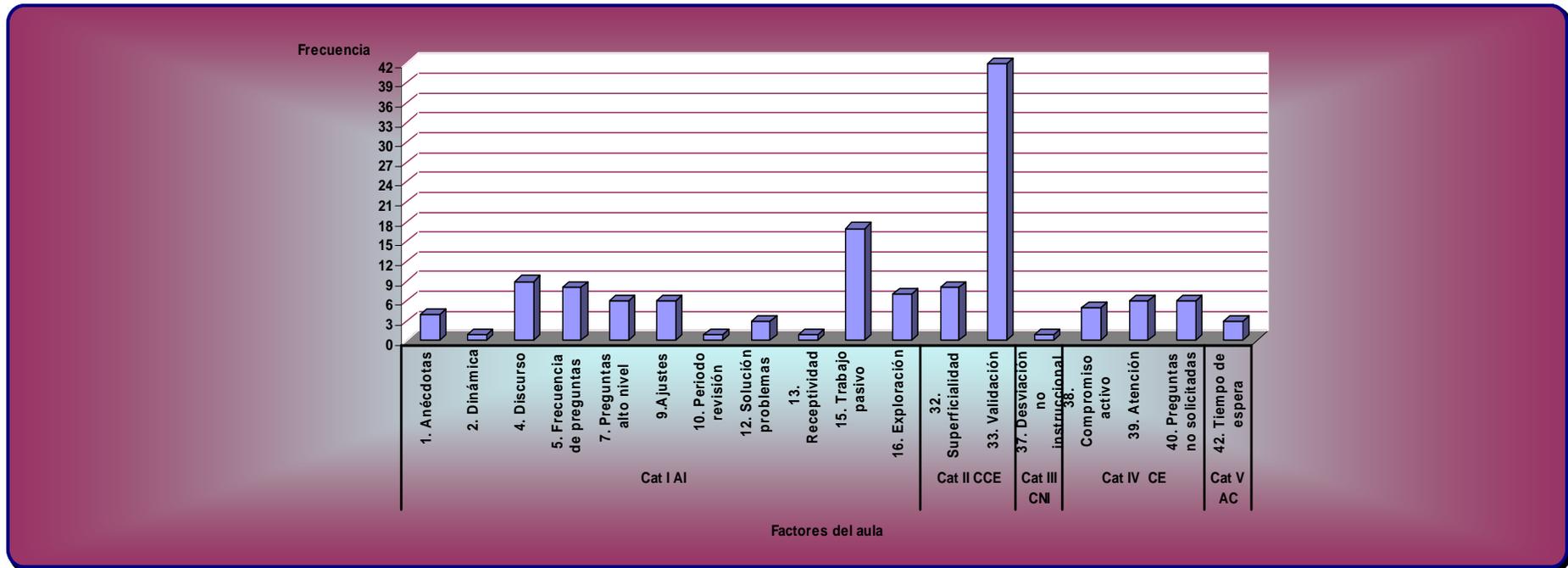
El profesor P3 también muestra una baja frecuencia de factores de aula en todas las categorías. Entre los factores que mostraron una mayor presencia se encontraron, trabajo pasivo (categoría uno), disciplina (categoría cinco), y atención (categoría cuatro). Los dos primeros factores, de la misma forma, enfatizan en una enseñanza tradicional que da cuenta del rol pasivo del estudiantado y la excesiva dirección que ejerce el profesor en el aula. Destaca con diferencia la presencia del factor atención, que alude a la capacidad del estudiantado de estar atento en la tarea durante la clase. Aunque el estudiantado mostró una actitud favorable, la evidencia puede estar sugiriendo que la presencia de este factor estaría asociada con el énfasis en la instrucción del tipo transmisión-recepción, ya que el papel fundamental del estudiantado, en la mayoría de las clases, fue de la “responder” a los planteamientos del profesorado. En la práctica de este profesor P3 el factor atención se vincularía con la presencia del factor trabajo pasivo, ya que el estudiantado requería estar permanentemente en la tarea y ateniendo a sus preguntas. La figura 46 expone la frecuencia de los factores de aula evidenciados en el análisis cualitativo de las prácticas de este profesor

**Figura N° 44. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P1 por categoría de factores de aula**



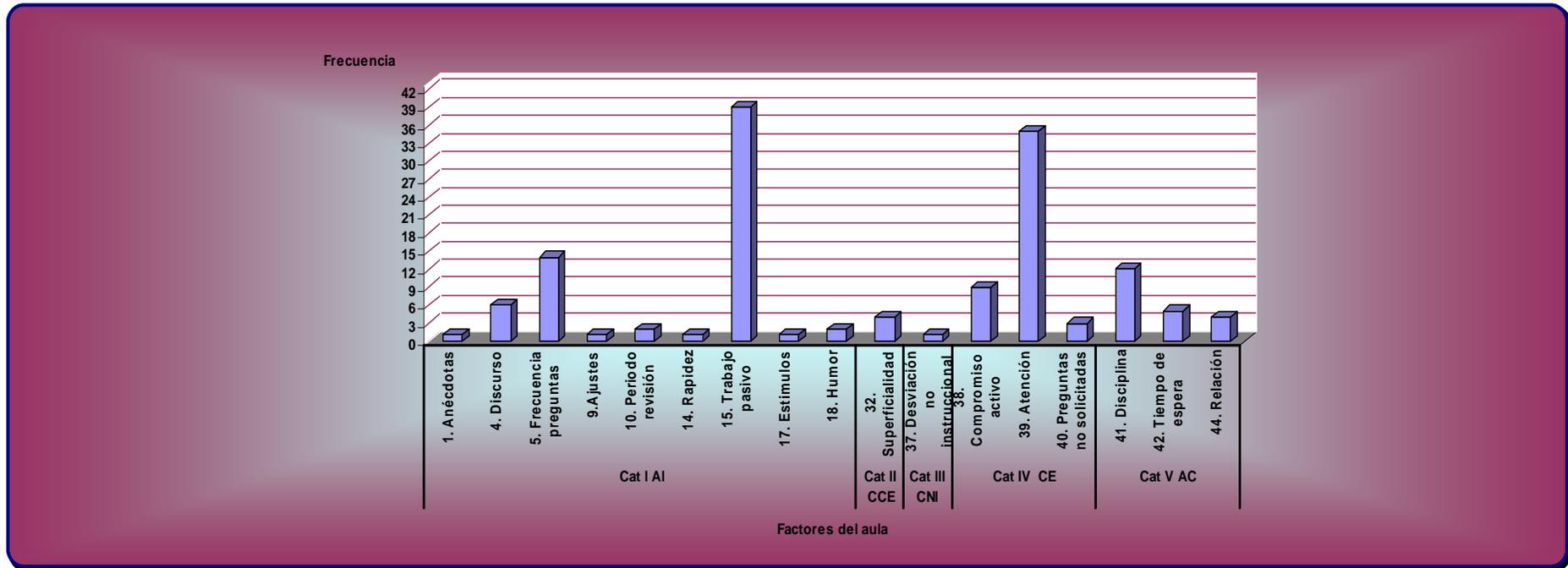
(Cat.I: Aproximación a la instrucción del profesorado; Cat. II: Características del contenido específico; Cat. III: Características no instruccionales del profesorado; Cat IV: Características del estudiantado).

**Figura N° 45. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P2 por categorías de factores de aula**



(Cat I: Aproximación a la instrucción del profesorado; Cat. II: Características del contenido específico; Cat. III: Características no instruccionales del profesorado; Cat IV: Características del estudiantado; Cat. V: Atmósfera de la clase).

**Figura N° 46. Frecuencia de los factores de aula presenciados en las prácticas del profesor P3 por categorías de factores de aula**



(Cat. I: Aproximación a la instrucción del profesorado; Cat. II: Características del contenido específico; Cat. III: Características no instruccionales del profesorado; Cat. IV: Características del estudiantado; Cat. V: Atmósfera de la clase)

---

La tendencia que muestran los factores de la primera y segunda categorías es muy similar, caracterizada por una pobre presencia de factores de aula. Entre los factores más frecuentes se encontró la validación empírica, que puede estar relacionada con actitudes del profesorado que resaltan los procesos empíricos, inductivos y positivistas de la ciencia. También estuvo presente el factor superficialidad, que hace referencia a explicaciones simples e incompletas del contenido científico que se enseña. La presencia de este factor explicaría las deficiencias en las prácticas de los tres profesores sobre los aspectos que resaltan el contexto de descubrimiento de la ciencia, así como también de los factores de aula asociados a posturas epistemológicas más completas y adecuadas de la ciencia, como, por ejemplo, relativismo, progreso y creatividad.

La evidencia también ha mostrado aspectos positivos en los factores asociados a las características del estudiantado (cuarta categoría). Aunque la categoría se compone de un escaso número de factores, aporta elementos que se pueden considerar relevantes para promover mejoras en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, más aún cuando los antecedentes enfatizan el deficiente interés del estudiantado de secundaria por la ciencia.

Este análisis general de la evidencia cualitativa muestra que hay deficiencias importantes de los factores implicados en la traslación de la naturaleza de la ciencia. Estos resultados señalan un escenario que puede ir más allá de la relación con la traslación de la naturaleza de la ciencia, ya que muestran deficiencias importantes a nivel de la instrucción de las ciencias naturales. Los factores relativos a la instrucción muestran un estado crítico en la práctica docente de los tres profesores, y en particular, los factores que se vinculan con la implementación en la clase de modelos didácticos que promuevan en el estudiantado una mejor comprensión del conocimiento científico y de la naturaleza de la ciencia (modelo constructivista, modelo por investigación).

Después de este análisis general se presenta la discusión de la evidencia cualitativa que se ha elaborado derivada de las prácticas de los

tres profesores participantes en el estudio y su contrastación con los antecedentes aportados por la literatura.

## ***12.2 Discusión de los resultados del análisis cualitativo de los factores de aula por categoría***

Esta discusión se realiza para cada una de las categorías de factores de aula y al final se expone una síntesis sobre las principales ideas derivadas de esta etapa del estudio.

### ***12.2.1 Categoría uno. Aproximación a la instrucción del profesor***

El análisis cualitativo ha mostrado deficiencias en la presencia de factores que aluden a las características de la instrucción que desarrolla el profesorado en relación con la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. Si bien la traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula se debe a la interacción de múltiples factores, cuanto más deficiente sea la instrucción habrá menos posibilidades que se consideren estos aspectos durante la enseñanza. Más aún, si este tipo de contenidos no son fijados previamente en los objetivos de la enseñanza, tal como lo señalan antecedentes aportados por Bell *et al.* (2000).

La evidencia cualitativa ha mostrado que los tres profesores no varían las estrategias de enseñanza de los contenidos, por lo cual recalcan siempre las mismas actividades de enseñanza y aprendizaje. Durante la observación de las prácticas, los tres profesores justificaron la utilización de una estrategia única de enseñanza, aunque el rendimiento del estudiantado no mostraba resultados destacables. Sobre este aspecto, los tres profesores mostraron una actitud similar al considerar que el estudiantado había comprendido perfectamente los contenidos que habían enseñado previamente. Durante las prácticas, los tres profesores realizaron afirmaciones como “esto ya lo vimos”, aunque el estudiantado estaba mostrando deficiencias en la comprensión del contenido. Esta actitud en la instrucción estaría vinculada con la escasa presencia de dos factores sustanciales en la enseñanza, como son los procesos de ajuste y la revisión

de la propia instrucción, que facilitan un conocimiento de los niveles de comprensión que tiene el estudiantado.

La siguiente secuencia ejemplifica la situación explicada. El extracto señala la actitud del profesor P2 al constatar que el estudiantado no sabe el valor de la densidad del agua:

P: El agua aquí está líquida. 22,4 litros es solamente para los gases, lo que aquí hay que saber es 1 gramo de agua

E: ¿Cuánto pesa?

P: ¿Qué volumen ocupa?

P: Todo el mundo debería saber. Lo sorprendente es que hay algunos y algunas que no lo saben.

También fue común identificar el factor trabajo pasivo en las tres prácticas, ya que la mayoría de las veces las clases estaban basadas en actividades repetitivas, individuales y pasivas, que exigían un mínimo de interacción entre el estudiantado. Estas actividades estaban centradas en el desarrollo de ejercicios o bien en responder o completar cuestionarios. Así, el profesor P1 basó sus prácticas en el desarrollo de ejercicios y el profesor P3 basó la instrucción en la lectura de trozos de textos de clases para responder preguntas escritas. En cambio, el profesor P2, aunque también basó la instrucción en el desarrollo de problemas, combinó estas tareas con alguna lectura o con una clase práctica, que implicó una mayor participación e interacción entre el estudiantado.

La presencia del factor trabajo pasivo se observó ampliamente por el énfasis en tareas asociadas con resolver ejercicios, lo que realzó la presencia del factor validación empírica. El énfasis en un trabajo más individual que colectivo, refuerza la idea del modelo didáctico predominante, de transmisión-recepción, en las prácticas docentes. La evidencia mostró que el estudiantado resolvía las tareas de forma individual, especialmente en las prácticas de los profesores P2 y P3. En cambio, en las prácticas del profesor P1 se observó una tendencia más constructivista, ya que el estudiantado resolvía los ejercicios grupalmente, pero eran ellos quienes generaban este clima de trabajo cooperativo.

Los antecedentes encontrados son consistentes con la evidencia (Haukoos y Penick, 1983). Estos autores han señalado que en las aulas de ciencias se promueve una instrucción basada en la resolución de ejercicios o bien lectura de textos que forman parte del modelo que han denominado como NDCC (Non-Discovery-Classroom-Climax). Según estos autores, este modelo instruccional promueve una idea de la ciencia como un conocimiento completo y final, y, desde la perspectiva instruccional, se caracteriza por aspectos como una escasa presencia de preguntas, una elevada tasa de demostraciones por parte del profesor, una baja receptividad al estudiantado, elevada transmisión de información, y la ausencia de cuestionamiento y reflexión por parte del estudiantado. En general, estas características se observaron en las tres prácticas, pero la evidencia ha mostrado una mayor presencia en la práctica del profesor P3.

En las prácticas de los profesores P1 y P2 se evidenciaron factores favorables asociados a la primera categoría, tales como frecuencia de preguntas y preguntas de alto nivel. Estos factores fueron frecuentes en las prácticas de ambos profesores, ya que mostraron un matiz más constructivista durante algunas etapas de la enseñanza. Se reconoce que durante la instrucción las preguntas del profesorado tienen un rol importante, ya que permiten conocer el nivel de los cambios conceptuales del estudiantado. De ahí que las respuestas del estudiantado, sean consistentes o no, aportan información sobre el grado de comprensión que tienen sobre la teoría que se enseña.

En las prácticas de los profesores P1 y P2 se observaron preguntas complejas e interesantes para promover la reflexión y discusión a un nivel metacientífico, pero este proceso no llegaba a ocurrir, ya que los propios profesores aportaban las respuestas a las preguntas que planteaban al estudiantado. Esta actitud se observó reiteradamente, y en gran medida, impedía el desarrollo de los procesos cognitivos que debe desarrollar el estudiantado. En las prácticas esta actitud estuvo comúnmente precedida por el discurso monopolizador del profesor (se observó frecuentemente en los tres casos, aunque con mayor frecuencia en los profesores P1 y P2, sobre todo en el profesor P2). Estos profesores fundamentaban la respuesta de su pregunta, dirigida inicialmente al estudiantado, con

---

extensas explicaciones, que probablemente podría haber elaborado el estudiantado, de manera individual o grupal.

Se reconoce que el profesorado requiere tener conocimiento de estrategias que permitan conocer los cambios que va experimentando el estudiantado. En este sentido, las preguntas del profesorado, elaboradas adecuadamente y con una intención específica, son un factor relevante de la instrucción. Por medio de las preguntas, el profesor está en condiciones de conocer los cambios en el uso y precisión de los conceptos, así como también el proceso de reemplazo de los conceptos antiguos por los nuevos. El profesorado requiere comprender este aspecto y desarrollar una mayor tolerancia a la espera, para que el estudiantado tenga mejores oportunidades para mostrar, a través de sus respuestas, sus avances y aprendizajes o por el contrario, sus dudas o la falta de comprensión. Para el estudiantado el aprendizaje de las ciencias no es una tarea fácil, por tal razón el conocimiento de sus aprendizajes durante el proceso es fundamental. Sin embargo, el profesorado de ciencias muchas veces no tiene en cuenta que la comprensión de los conceptos científicos es un fenómeno complejo, que requiere la participación de los conceptos individuales, reglas y modelos (Nieswandt, 2007), y, en este sentido, el plantear preguntas con distintos niveles de complejidad puede ser una estrategia altamente educativa.

Otro aspecto a tener en cuenta en este proceso es la valoración que hace el profesorado de las respuestas aportadas por el estudiantado. En este sentido cabe señalar la aportación de Watson *et al* (1997), quienes sostienen que las inconsistencias en las explicaciones del estudiantado tienen valor, ya que son un indicador de los cambios conceptuales. Sin embargo, la evidencia ha indicado que las inconsistencias del estudiantado no eran siempre bien valoradas. Esta tendencia se observó en los tres casos: un profesor señaló al estudiantado que, si no se sabe, mejor no hacer nada; y otro lo utilizó como elemento de burla y como una forma de amenaza de fracaso en las pruebas de selectividad.

A continuación se exponen ejemplos de la evidencia que se discute.

En el siguiente fragmento se observa la actitud que mostró el profesor P3 frente a errores del estudiantado relacionados con el sistema muscular humano:

P: atención autor a las tonterías número uno. Autores, no solamente G., que ya no lo entiendo, porque también lo tiene A.  
P: oye A, dime ¿dónde te sentabas el día del examen?  
E1: allí (muestra lugar)  
P: y tú G?  
E2: allá.  
P: no digo nada.  
P: tontería nº 1, tomen nota que tienen que copiar.  
P: ¿Así que el occipital lo tenemos aquí! (muestra la zona del cuello)?  
P: Hala..  
P: autores: G. y A.  
P: yo pregunto ¿Cómo se pudo desplazar el músculo occipital, desde aquí hasta aquí (muestra el cuello)? (P3S5E1)

Al mismo tiempo, las siguientes afirmaciones dan cuenta de la presencia de este tipo de situaciones durante la instrucción. En el fragmento siguiente se observa la actitud del profesor P2 frente a la falta de comprensión de estudiantado en relación con el concepto de mol:

“P: aunque la fórmula del oxígeno es O dos, aquí no hay que poner treinta y dos porque estamos hablando del oxígeno dentro de una molécula, no del oxígeno elemento. Este es un fallo que cometen algunos a veces” (P2S7E2).

(...)

“P: vamos a hacer ese (problema) que los demás todos más o menos han salido.

P: dice “encuentra la masa en gramos de una molécula de ácido cloroso. J. ya puso que una molécula de ácido cloroso, a ver ¿Qué has respondido?

E: una molécula de ácido cloroso pesa sesenta y cinco..

P: ¿sesenta y cinco qué?

E: gramos..

P: se los dije, y se lo dije a él ¿no?

E: si..

P: no hay manera..

P: 60 gramos es lo que te dan en el mercado por comprar jamón, pueden pedir 60 gramos, 100 gramos de jamón, pero no puede ser lo que pesa una molécula 1 mol, 1 mol.

E2: cometió el error.

P: ¿También? Alguien más.

P: V. también, parece que unos cuántos pusieron esto (en el examen).

P: y les dije, pero siempre hay alguien que lo pone. Esto no falla. No hay manera, es evidente que sí, siempre hay alguien que lo pone a pesar de que se insista.

P: algo pasa ¿no?

P: ¿Cuál es la confusión? no sé porque la gente se confunde.

P: probablemente, debido a que uno dice mol y el otro molécula. Quizás sea eso simplemente, no sé porqué.”(P2S7E7)

En este ejemplo, aunque el profesor reconoce los fallos del estudiantado, no se evidencia un periodo de ajuste, ni de revisión. En esta situación el profesor realiza una pregunta, que respondió él y además enfatizó que era necesario continuar con el ejercicio:

P: ¿Cuánto pesa un mol? (el profesor repite la pregunta) ¿Cuánto pesa un mol?

P: pues, un mol sería uno de hidrógeno, que es un gramo, uno de cloro son treinta y cinco coma cinco gramos y dos de oxígeno que son treinta y dos gramos (el profesor suma, él resuelve el problema de las moléculas; suma los valores) son cincuenta y ocho coma cinco gramos.

P: no, perdón, seis con sesenta y ocho gramos.

P: vale ahora hemos de continuar, eso es lo que pesa un mol, pero un mol ¿Cuántas moléculas son? (P2S7E7).

P: ahora, sería importante que toda la clase ya supiera lo que es un mol y calcularlo, ya que es muy simple. Es decir, ya no digo entender bien todo lo que habíamos explicado de si tienen el mismo número de partículas o no, pero si, entenderlo cómo se hace (P2S2E4).

En este segmento el profesor actúa como si los errores conceptuales del estudiantado, en este caso acerca del mol, no formaran parte del proceso de enseñanza y aprendizaje:

P: a pesar de todo esto que estoy diciendo siempre hay alguien en el examen que cuando pregunto por la masa en gramos de un átomo de oxígeno, me dice diez y seis gramos ¿eh?, siempre, y estoy seguro que volverá a pasar lo mismo.

P: volveré a preguntar en el examen ¿cuánto pesa en gramos un átomo de oxígeno? Y habrá alguno que me dirá que un átomo pesa diez y seis gramos.

P: ¿Cómo puede un átomo pesar diez y seis gramos?

P: ¿Los veríamos no?

P: Veríamos los átomos andando si pesaran diez y seis gramos o veinte gramos.

P: Podrías ir a comprar átomos y decir: ponme un cuarto de kilo de átomos de oxígeno.

P: ese es un mol, diez y seis gramos es un mol ¿eh? que es una cantidad de átomos muy grande, esto es lo que tenéis que pensar.

E: seis ...(alude al número de avogadro)

P: por diez a la veintitrés, un mol es  $6,02 \times 10^{23}$ , que es una cantidad muy grande.

E: ¿Esto es lo que tú preguntabas? ¿Qué sería? ¿Diez y seis dividido por el número de Avogadro?

P: correcto. Si queremos saber cuánto pesa un átomo en gramos, tenemos que dividir diez y seis gramos entre todos los átomos que hay ahí dentro. Tenemos que repartir toda la masa entre todos los que hay ahí y ver que le toca a cada uno. Entonces hacemos una división, diez y seis entre el valor del número de Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$ ). Que ya lo habíamos hecho, parece que si lo habíamos hecho.

P: y además, este ejercicio lo volveremos a hacer. Esperemos que esta vez consigamos que no haya nadie que sea capaz de decirme que pesa diez y seis gramos. Y si es así, es mejor que calle, que si no lo veis claro mejor que calle y no ponga nada (en el examen).

Hay antecedentes que son consistentes con la evidencia aportada en este segmento (Staver y Lumpe, 1995). Según estos autores, el concepto

mol presenta para el estudiantado dificultades potenciales para la resolución de problemas de la química. Los estudios desarrollados por Gabel *et al.* (1984); Bunce *et al.* (1991) concuerdan con este antecedente. Cabe destacar la aportación de Gabel *et al.* (1984) quienes han señalado que el profesorado de química ponía escasa atención a los aspectos teóricos del contenido, pero daban énfasis a la utilización de los algoritmos matemáticos vinculados con el contenido. Por ello, el estudiantado estaba entrenado en el desarrollo de problemas, pero mostraban deficiencias importantes en la comprensión de la teoría. Este antecedente es consistente con la evidencia aportada por la práctica del P2, que basó gran parte de la instrucción en la resolución de ejercicios con apenas alguna introducción de los aspectos teóricos sobre el mol.

Este modelo de la enseñanza, que creemos se relaciona implícitamente con la idea de ciencia del profesor, explicaría la evidencia mostrada en esta categoría. Es probable que el profesor sustente la creencia que el estudiantado aprende el conocimiento científico de forma mecánica y en un lenguaje algorítmico, y más aún si éste ya se presenta elaborado, sintetizado y ejemplificado por sus propias explicaciones y/o por los contenidos que aporta el libro de texto o apunte.

Otros antecedentes aportados por estudios a nivel local son congruentes con las características de la instrucción de los tres profesores (Martínez-Losada y García-Barros, 2005). Este estudio mostró que el uso de cálculos numéricos en la instrucción, junto a otros procesos, era lo más frecuente en la práctica docente. Los profesores P1 y P2 señalaron que en sus prácticas era importante el desarrollo de ejercicios debido a las pruebas de selectividad. El fin propedéutico se observó reiteradamente en la práctica del P1 y en algunas ocasiones en la del profesor P2. Esta evidencia concuerda ampliamente con la mostrada por Furió *et al.* (2001) quienes constataron que para el profesorado el objetivo propedéutico de la enseñanza de las ciencias ocupa un sitio relevante por sobre otros objetivos más recientes como el desarrollo de valores democráticos u otros de índole socio-cultural que promuevan en el estudiantado una visión amplia y más real del papel de la ciencia. En el caso del profesor P3 este fin estuvo ausente, y justificó su estrategia instruccional, basada en la lectura y copia

de trozos del texto, con la finalidad de mejorar los hábitos de lectura en el estudiantado. En este sentido DiGisi y Willett (1995) reconocen que el libro de texto puede mejorar las habilidades lectoras y el aprendizaje de las ciencias, siempre que el profesorado lo utilice como un medio a partir del cual el estudiantado pueda construir sus aprendizajes y no como un elemento adicional a los contenidos que imparte. La estrategia del profesor P3 parecía adecuada y justificable, pero no como una única estrategia para enseñar ciencias, porque, entre muchas razones, para el estudiantado todo el proceso era ya muy conocido y realizaba las tareas mecánicamente sin que mediara algún proceso de autorreflexión sobre las respuestas que aportaba.

En la práctica de los tres profesores se evidenció, aunque con distintos grados, la influencia del modelo didáctico de transmisión-recepción. Aunque en los tres casos hubo un esfuerzo real por promover el aprendizaje, el estudiantado no mostró una evolución en la comprensión del contenido científico abordado. Su discurso, a lo largo del proceso, expresó permanentemente dudas y vacíos en conceptos fundamentales de la biología, física y química.

### ***12.2.2 Categoría dos. Características del contenido específico***

Las prácticas de los tres profesores mostraron una escasa presencia de factores de esta categoría. La presencia de factores fue mayor en la práctica del profesor P1, le siguió la práctica del profesor P2, y, por último, la práctica del profesor P3, con un mínimo de factores. En las prácticas de los profesores P2 y P3 el factor más común fue el de validación empírica seguido del factor superficialidad.

La alta presencia del factor validación empírica, en los casos del profesor P1 y P2, se debió al énfasis que otorgaban a los aspectos lógico-matemáticos en la enseñanza de sus disciplinas. Este énfasis se puede explicar desde una visión rígida de la ciencia, que se encuentra ampliamente extendida en la enseñanza de las ciencias y se caracteriza por transmitir una idea del conocimiento científico como un conocimiento algorítmico, exacto e infalible (Fernández *et al.*, 2002). También Mc Comas (1998 op.cit.) advierte del énfasis que se le otorga a los aspectos

lógico-matemáticos en la enseñanza de las ciencias. Estos resultados cualitativos complementan la evidencia aportada por el análisis cuantitativo de las actitudes en relación a la actitud ingenua que mostró el profesorado sobre los procesos de la ciencia y el método científico, dando relevancia a los aspectos lógico-matemáticos del contenido omitiendo las teorías que los sustentan .

Los dos fragmentos extraídos de las transcripciones de las prácticas del profesor P1 y P2 ejemplifican la situación que se discute:

**Profesor P1:**

“P: bueno, entonces, lo que les estaba comentando que la física como habéis oído más de una vez, son cuatro frases chorras, uno se las sabe, las entiende y a partir de ahí no necesita nada, sólo pensar.

P: en dinámica, en cinemática, en todo eso de la posición y tal, era saber que necesitaba una función de algo, de la posición en función del tiempo, con eso ya tenía todo y con el concepto de ritmo, de cambio, que aplicado a velocidad, que aplicado a posición, pues salía todo lo demás” (P3MS1E2).

**Profesor P2:**

“P: todos estos problemas que yo pongo aquí, son problemas que voy poniendo en diferentes exámenes. Ese día lo que tenemos que hacer son este tipo de cosas.

P: son iguales, todos son iguales, siempre son los mismos pasos, es decir, poner la reacción y poner los moles.

P: poner los gramos.

E: (silencio)

P: y el factor de conversión es igual, no son problemas complicados.

P: si saben hacer uno saben hacerlos todos” (P1S1E8).

El contenido del discurso del profesorado indica el énfasis que otorga a la validación matemática del conocimiento de las disciplinas que enseña. Hay una marcada intención en dar a entender al estudiantado que lo importante es “aprender los pasos” a seguir y saber la función

matemática necesaria. Ambos profesores promovían explícitamente estos objetivos, de ahí el énfasis en la realización de ejercicios. En estas prácticas se observó una instrucción centrada en la justificación matemática del conocimiento, en las reglas a seguir, y en los pasos que se repiten, con el fin de lograr un resultado válido. El profesor P1 deja entrever que, cuando se desarrollan estos procesos, parece que todo ya está conocido y que lo fundamental es comprender que hay una función matemática que hay que aplicar. El profesor P2 mostró esta misma tendencia al mencionar que lo relevante es saber los pasos para resolver los problemas, a la vez que también hizo referencia explícita a la escasa importancia que tienen los aspectos conceptuales del conocimiento científico. Toda esta evidencia concuerda con las actitudes del profesorado fundamentadas en ideas empírico-inductivas y que probablemente han trasladado a su práctica docente. Sin embargo, esta tendencia no se visualizó en el profesor P3, ya que el factor validación empírica estuvo ausente.

La escasa presencia de los factores relativismo, interdisciplinaridad, y exactitud del lenguaje refuerza la idea de las deficiencias que parecen existir en las aulas de ciencias para tratar los aspectos metacientíficos de la ciencia. Se suma a esta evidencia la ausencia de factores como creatividad, progreso, implicación moral/ética, parsimonia, interdisciplinaridad, que se vinculan directamente con los aspectos que configuran una idea más tentativa, contextualizada y menos rígida de la ciencia. Cabe destacar la creatividad, que tiene implicaciones importantes en el desarrollo de la actividad científica, en la propia enseñanza de las ciencias, y en la construcción de una visión tentativa del conocimiento científico en el estudiantado (Lederman, 1986 *opc.cit.*).

Por otra parte, en las prácticas de los profesores P1 y P2 también hubo una presencia común del factor superficialidad. Este factor se expresó en la actitud del profesorado de evitar la reflexión sobre aspectos que podían conducir a una mayor profundización sobre el contenido que enseñaban. Se evidenció que los profesores no eran conscientes de la relevancia que podía tener dicha reflexión para el estudiantado, ya que rápidamente regresaban al contenido clásico que se discutía. Aunque algunas veces el profesorado mostró una actitud que podría ser el punto de

partida para promover aspectos sobre el contexto de descubrimiento de la ciencia, sobre su epistemología y sobre sus valores, creemos que el desconocimiento de la naturaleza de la ciencia le impidió profundizar en estos aspectos con el estudiantado. Es probable que esta actitud se vincule con la idea de la ciencia, como un conjunto de conocimientos, que identificó el profesorado en el cuestionario. Hodson (1992) ha informado del nivel superficial y de las ideas simplistas que se transmitían sobre el origen y desarrollo de la ciencia. Este autor afirma que el profesorado desarrollará la enseñanza resaltando los aspectos de la ciencia que él conoce y comprende. Y, de acuerdo a su actitud, recalcará los aspectos de la naturaleza de la ciencia que conoce, por encima de los que desconoce, transmitiendo al estudiantado una idea incompleta y probablemente errónea sobre la ciencia.

Igualmente, se considera que la enseñanza de las ciencias debe contener un importante componente contextual del contenido científico, que, sin embargo, apenas se visualizó en las prácticas analizadas. En este sentido, puede ser que la presencia del factor superficialidad, unido a la ausencia del factor interdisciplinaridad, muestre relación con la escasa contextualización del contenido. La evidencia ha mostrado que el profesorado no incluía ejemplos o elementos relacionados con la vida diaria del estudiantado, así como tampoco relacionaba este conocimiento con su contexto histórico y sociocultural. Uno de los pocos acercamientos a esta dimensión se encontró en algunos fragmentos de la práctica del profesor P2. Durante algunos momentos de la clase este profesor contextualizó el contenido de química. El profesor enseñaba sobre las fórmulas empíricas y moleculares, y ejemplificó el contenido utilizando la fórmula del benceno, explicitando algunos aspectos morales y éticos asociados con el uso de este compuesto químico.

El siguiente fragmento ejemplifica este aspecto:

P: bueno, acerca del benceno, este compuesto antes se utilizaba mucho como disolvente, en esto, en las columnas que dices tú (alude a un estudiante que mencionó previamente esto de las columnas). En las columnas se utilizaba benceno como disolvente, tenías que ir pasando el benceno. Yo he hecho cientos de columnas en las cuales he utilizado benceno, pero luego se descubrió que era un

cancerígeno bastante importante y ahora pues no se hacen columnas con benceno. Pero siempre el peligro mayor no es del que hace una columna pequeña en el laboratorio, sino del que está trabajando en una fábrica, en donde se están fabricando grandes cantidades de benceno, ya que van respirando los vapores de benceno. Sé perfectamente como huele. Ahora dicen que es cancerígeno, dicen que es verdad, entonces ya no se puede utilizar (P2S2E8).

En su discurso, conciente o inconcientemente, el profesor incluyó este aspecto durante la explicación del contenido de fórmulas químicas lo que promovió actitudes favorables en el estudiantado. Aunque no se desarrolló una discusión muy profunda, este aspecto tuvo una influencia favorable, ya que durante ese momento se evidenció una mayor presencia de preguntas no solicitadas, una mejor atención y compromiso activo por parte del estudiantado. Como efecto de la contextualización del contenido, un estudiante realizó una pregunta no solicitada abriendo una nueva oportunidad para que el profesor elaborara una explicación más completa ampliando esta contextualización, pero ahora aludiendo a los rayos X. El profesor relaciona una actividad científica con experiencias comunes de las personas: el uso de los rayos X.

En el siguiente fragmento se ejemplifica la actitud del estudiantado durante esos momentos de la clase, caracterizados por las preguntas no solicitadas que realizan:

P: su fórmula molecular es  $C_6H_6$ . ¿Cuál será la fórmula empírica?

E: CH

P: bien, la fórmula empírica es CH y la fórmula desarrollada aquí sería una fórmula estereoquímica. Que la tenéis ahí ¿Qué forma tiene en el espacio? Pues tiene forma de hexágono, todos los carbonos están formando un hexágono.

E: ¿Entonces hay enlaces?

P: Hay enlaces que son dobles y enlaces que son simples. Los hidrógenos están así (dibuja en la molécula la posición externa de los hidrógenos en el hexágono). Todo esto es plano, todo esto está en un plano y los ángulos son de ciento veinte grados, todos los ángulos son de ciento veinte grados.

E: ¿Por qué ciento veinte? si los átomos..(no finaliza la pregunta)

P: bueno, ahí el método para saber las estructuras de las sustancias, hay un método muy importante que es de los rayos X. Se consigue un cristal de la sustancia y se pasan rayos X a su través, igual que los rayos X que sirven para mirar el esqueleto y todo eso. Pues, también se hace con las sustancias químicas. Hay gente que se dedica toda la vida a coger y pasar por rayos X una sustancia nueva, aparecen una serie de puntos y de sombras, y de cosas, que los saben interpretar y de ahí deducen cuál es la estructura que tienen.

E: pero, ¿Y si la estructura?... (no finaliza la pregunta)

P: no hay muchas otras cosas que lo confirman

P. ¿Qué decías tu? (P2S2E8) (finaliza en tema y atiende a otro estudiante).

Se observa que esta forma de desarrollar la instrucción promovió actitudes favorables en el estudiantado, especialmente a nivel de las preguntas no solicitadas, ahora con cierto grado de complejidad. El siguiente fragmento ejemplifica la evolución que ha seguido la instrucción en el mismo tema, debido a la inclusión que hace el profesor de aspectos éticos y del contexto sobre el contenido que está enseñando. Es posible visualizar que la pregunta de un estudiante genera un “momento instruccional”, que exige al profesor una respuesta con implicaciones epistemológicas y sociológicas:

E: Se busca y ¿Para qué quiere saber el ángulo? o ¿Qué forma tiene la molécula?

P: Hombre, mira, no sé, saber en la ciencia son muchas cosas. Es saber sin ningún propósito especial.

P: Este tipo de ciencia se llama ciencia básica. Es saber, conocer, saber sin ningún otro propósito.

E: porque sí.

P: porque sí, nada más.

P: lo que pasa que la ciencia básica suele ser la que más adelantos consigue después. Muchas veces, el estudiar cosas porque sí, para saber qué pasa, y luego da aplicaciones que no se habían ni sospechado. Los países que dedican mucho dinero a la ciencia básica son los que progresan más en el campo científico.

E: ¿Quiénes son?

P: Estados Unidos.

E: Y ¿España?

P: ya se sabe

P: Estados Unidos, además es un país que acepta gente de todo el mundo, en esto no tienen ningún problema para ciencia.

E: anda que sí.

P: cuántos españoles hay allí que son importantes ahí, que dirigen laboratorios de investigación, ahí españoles, sí.

P: españoles, chinos, japoneses, les da igual. Si alguien destaca y quiere trabajar, trabaja y le dan lo que quiere.

E: Iré a Estados Unidos, pero primero tengo que saber inglés.

P: hay que ser bueno, no nos engañemos (P2S2E8).

Este segmento representa la única evidencia de la presencia de cierto grado de contextualización del contenido en las prácticas observadas. También hay que considerar que esta intervención no fue intencionadamente incorporada por el profesor, sino que emergió debido a una pregunta no solicitada de un estudiante, aunque la actitud del profesor fue importante para desarrollar este aspecto.

Los estudios sobre el tema coinciden en afirmar que el profesorado rara vez hace referencia explícita a la naturaleza de la ciencia (Abd-El-Kalick *et al.*, 1998, Bell *et al.*, 2003; Khishfe y Lederman, 2007). Según Khishfe y Lederman (2007 *op.cit.*), la ausencia de una mención explícita de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en la práctica de aula se debería a que el profesor asume que el aprendizaje de estos aspectos ocurre consecuentemente al “hacer ciencias” y realizando actividades de investigación. También Bell *et al.* (2003) concuerdan en que esta postura del profesorado estaría reforzada en la propia formación del profesorado de ciencias. Estos autores señalan que una aproximación explícita permitiría al estudiantado tomar conciencia de los aspectos de la naturaleza de la ciencia por medio de una reflexión de las actividades en las cuales están comprometidos. Los antecedentes aportados por diversas investigaciones han mostrado la mayor efectividad que tiene la

aproximación explícita y reflexiva, respecto de la implícita, para promover una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia (Khishfe y Abd-El-Kalick, 2002). Al respecto Akindehin (1988) advierte también que hay que tener en cuenta que esta aproximación no significa simplemente desarrollar estos contenidos durante la instrucción, sino que se refiere a una consideración explícita de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en el aula. Khishfe y Abd-El-Khalick (2002) corroboran esta sentencia afirmando lo siguiente:

“El término explícito en el nivel “explícito y reflexivo” no se refiere a aspectos didácticos o estrategias explícitas de enseñanza, pero sí significa destacar que la comprensión de la naturaleza de la ciencia requiere un tratamiento instruccional cognitivo intencionado, previamente fijado y planificado (...). La aproximación constructivista puede utilizarse para enseñar la naturaleza de la ciencia de la misma manera que estas aproximaciones se usan para ayudar al estudiantado a construir sus propias ideas, así como las ideas científicas abstractas” (p.555).

Los antecedentes son consistentes con la evidencia encontrada sobre esta categoría (Abd-El-Kalick *et al.*, 1998 op.cit.; Lederman, 1999 op.cit.). Estos autores han expresado que el profesorado rara vez incluye aspectos de la naturaleza de la ciencia en sus planificaciones y/o durante la instrucción. La tendencia general ha sido, más bien, la de mostrar una nula atención a los aspectos de la naturaleza de la ciencia. En relación con esta situación, Schwartz y Lederman (2002) discuten ampliamente sobre el estado de la situación y reconocen que el profesorado que no tiene conocimientos acerca de la naturaleza de la ciencia no puede enseñarla efectivamente. De manera que no basta que el profesorado tenga una idea firme sobre estos aspectos, sino que también es necesario que tenga los conocimientos sobre una práctica pedagógica efectiva relativa a la naturaleza de la ciencia, así como también la intención y las habilidades para combinar ambos aspectos en sus prácticas docentes.

Por otra parte, existe un acuerdo unánime que la naturaleza de la ciencia debería estar en la base de la enseñanza y aprendizaje de las

ciencias (Hammerich, 2000). Se reconoce que si está ausente, sólo se estaría enfatizando en una parte de la ciencia. De manera que esta condición favorecería el desarrollo de ideas erróneas que pueden afectar la calidad del aprendizaje de los estudiantes y la percepción del papel de la ciencia en la sociedad y en su vida personal.

### ***12.2.3 Categoría tres. Las características no instruccionales del profesor***

La evidencia mostró una escasa presencia de los factores de esta categoría. El factor desviación instruccional estuvo presente en los tres casos con una baja frecuencia. El factor social sólo estuvo en la práctica del profesor P1, pero escasamente representado, y el factor conducta agradable del profesor estuvo ausente en los tres casos.

El factor desviación instruccional se evidenció levemente en los tres profesores a través de comentarios que no tenían relación con el contenido o contexto. Estas situaciones fueron muy escasas y rara vez se observó esta actitud, ya que los profesores estuvieron la mayor parte del tiempo centrados en el contenido que enseñaban. El factor social, evidenciado en la práctica del profesor P1, puede vincularse con el interés que mostró hacia el estudiantado, otorgándoles un horario extraordinario de tutoría y de clases de refuerzo.

Con respecto al factor conducta agradable hay antecedentes que concuerdan con la evidencia encontrada sobre su escasa presencia (Lederman, 1986 op.cit.). Este factor estuvo ausente en las prácticas del profesorado del grupo bajo (baja presencia de factores de aula), pero en cambio sí que estuvo presente en las prácticas del profesorado del grupo alto (mayor presencia de factores de aula). Este autor considera que este factor es uno de los fundamentales para promover cambios en las concepciones del estudiantado. Aunque los antecedentes no explican de qué manera influye este factor en el cambio de las ideas del estudiantado, es posible asociarlo con la capacidad que tiene el profesor de mostrar adecuadamente la relación entre lo nuevo que enseña y lo que no es familiar para el estudiantado, con aquello que sí le es conocido. La actitud del profesorado es fundamental para promover el aprendizaje en el

---

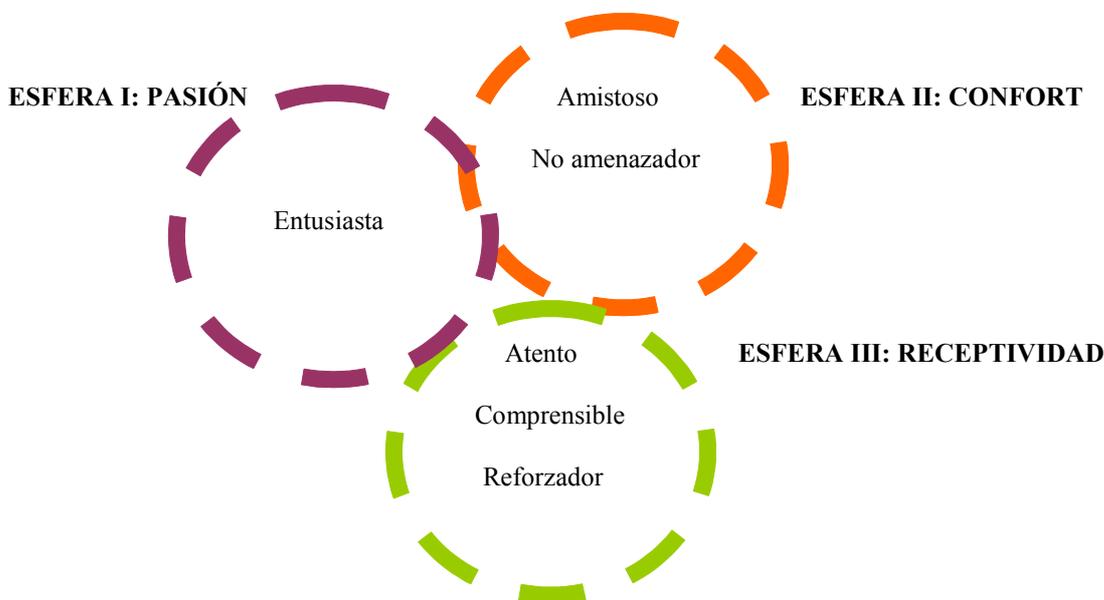
estudiantado, buscando las estrategias adecuadas para lograr los fines, como el intento de profesor P2 durante la explicación de las fórmulas químicas. Esta actitud agradable significa, además de la empatía hacia el estudiantado, que hay un sentido de compromiso por buscar y aplicar las mejores estrategias para promover el aprendizaje. El caso de la presencia o ausencia de la contextualización del contenido es un buen ejemplo de ello.

Por otra parte, si bien en las prácticas no se evidenció una estrecha relación socioafectiva entre el profesorado y estudiantado, creemos que el entusiasmo que mostraron los tres profesores durante todas las prácticas observadas tuvo una influencia favorable para estudiantado. Esta variable, que no se encuentra en las categorías de análisis, se cita en la literatura dentro del modelo de la pedagogía relacional y como un factor esencial en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Darby, 2005).

El entusiasmo se entiende en un sentido de cuidado de parte del profesor, que se preocupa de lo que hace y de lo que quiere compartir con el estudiantado. Desde esta perspectiva pedagógica, el entusiasmo conforma una de las tres esferas que agrupan el conjunto de características que debería tener un profesor (Ver Figura 47). Este factor conforma la esfera de la pasión, que se interrelaciona con otras dos esferas, confort y receptividad, del mismo modo que el engranaje de un reloj (Darby, 2005).

El aspecto instruccional y relacional se encuentran tan estrechamente vinculados que es difícil visualizar una clara separación entre ambos, de ahí que para el estudiantado la actitud del profesor resulte fundamental. Por tal razón, en el aula, la forma en que el profesorado se relaciona con el estudiantado es tan importante, así como también que el profesorado se sienta entusiasmado con el contenido que enseña.

**Figura N° 47. Esferas de la influencia relacional**



*Fuente Adaptado de Darby (2005)*

Van Manen (1998) aporta elementos relevantes en relación con la actitud del profesorado, algunos de gran sutileza y que, según señala este autor, ejercen una influencia positiva en la actitud del estudiantado. La evidencia aportó datos favorables en este sentido y creemos que este aspecto tuvo una influencia positiva en la actitud del estudiantado y en el clima del aula. Igualmente, consideramos también que el entusiasmo pudo actuar como un catalizador frente a la escasa presencia de factores relevantes de las otras categorías.

Se ha de considerar que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia implica variadas dimensiones, que incluyen lo cognitivo, afectivo, ético, axiológico, social, cultural, etc., y, en este sentido, las características personales del profesorado también son fundamentales. La transposición didáctica de los aspectos de la naturaleza de la ciencia se ha de desarrollar esencialmente a través de un proceso de familiarización de los contenidos

con el contexto sociocultural y con la vida diaria del estudiantado. Los contenidos de la naturaleza de la ciencia son demasiado abstractos para el estudiantado, en este sentido, una conducta afectiva profesorado es un factor relevante para facilitar el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia y para iniciar tareas centradas en mejorar su comprensión.

#### ***12.2.4 Categoría cuatro. Las características de los estudiantes***

La totalidad de los factores de esta categoría estuvieron presentes en las prácticas de los tres profesores. Esta evidencia es importante, ya que, a pesar de la escasa presencia de otros factores relevantes, el estudiantado mostró actitudes favorables relacionadas con la adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia. La práctica del profesor P1 mostró una presencia importante de los tres factores que conforman esta categoría. En cambio, en las prácticas de los profesores P2 y P3 estos factores fueron menos frecuentes. Aunque, el factor atención mostró la mayor frecuencia en la práctica del profesor P3.

El siguiente fragmento ejemplifica la actitud atenta y comprometida que muestra el estudiantado frente a las preguntas del profesor P1 sobre un ejercicio relacionado con la interacción de las fuerzas:

P: una atracción sin contacto.

P: vale. ¿Cuáles son las fuerzas que allí aparecen?

E1: el peso.

P: ¿Aquí? o ¿Aquí? (señala dos posiciones en el dibujo)

E5: a la caja.

P: ese es el peso, ¿Aquí?

E2: Si, a la caja.

P: ¿Ésta nos interesa? No, fuera.

P: bien, ahora ya tenemos las fuerzas que aparecen sobre este cuerpo.

E1: la normal.

E12: que está desde la base.

P: ¿Dónde se hace?

E1: La normal no la necesitamos ¿no?

P: no lo sé, ¿La normal se hace sobre el cuerpo?

E1: sí...

P: pues entonces te toca saber de ella.

E1: sí, que no se eleva.

E3: succulento el tema (P1S1E5).

La actitud de compromiso y atención del estudiantado se puede visualizar en todo el segmento. El estudiantado muestra una activa participación frente a una problemática que plantea el profesor. Después, en el siguiente segmento se resalta la actitud atenta de una estudiante, quien, frente a los planteamientos del profesor, no se limita sólo a responder mecánicamente, sino que el tipo de respuestas que aporta son también una forma de preguntar y verificar la comprensión, y pueden considerarse como parte del proceso de metacognición:

P: ¿Qué problema tienes?

E1: ¿Entonces en el b? Es un módulo.

P: ¿De quién?

E1-E2: de la fuerza de la caja.

P: ¿Para qué?

E1: para poder utilizar.

E3: no se pueden descomponer las fuerzas.

P: ¿Qué quieres utilizar?

P: aquí ¿Pusiste la fuerza de D en algún sitio?

E1: ¿el peso? Ah, vale, vale.

P: aparta el peso ahí ¿Qué aparece?

E1: la normal.

P: ah, vale!!

P: no combinemos las cosas.

E1: pero en este caso me quedé con el peso.

P: ¿En qué caso?

E1: en este!, porque está horizontal.

P: y en los otros también.

E1: bueno, si estuviera.

P: bueno, pero aquí está todo el rato horizontal.

E1: por eso.

P: pues no es verdad lo que dices tampoco.

E1: hay una cosa que me acabo de dar cuenta.

P: no!

E1: si yo hago una fuerza así...(muestra el dibujo)

P: ni el módulo siquiera es igual.

E1: si yo hago una fuerza así, parte de la fuerza estoy ayudando al peso, o sea la normal será el peso (P1S1E6).

Hay antecedentes que son consistentes con la evidencia de esta categoría (Lederman, 1986; Lederman y Zeidler, 1987). La presencia del compromiso activo, de la atención y el interés del estudiantado por aportar preguntas no solicitadas se relacionaría con el clima favorable que generó el profesor al promover en el aula factores como anécdota, dinámica, receptividad, y estimulación (Lederman, 1986). Aunque la evidencia muestra deficiencias importantes o una ausencia total de estos factores, como es el caso de receptividad y estimulación, se generaron condiciones que permitieron al estudiantado expresar las características de atención, compromiso activo y preguntas no solicitadas.

En relación con lo anterior hay que considerar que los profesores P1 y P2 desarrollaron sus prácticas en cursos de bachillerato, y es probable que este factor haya influido en la actitud del estudiantado en estas dos prácticas. Los antecedentes aportados por Nieswandt (2007 op. cit.) señalan que el interés del estudiantado en las clases de ciencias se genera por una combinación entre el interés personal hacia este conocimiento y los temas específicos que se proponen en el aula. La combinación de ambos factores generaría en el estudiantado actitudes positivas hacia temas más amplios sobre ciencias, lo que, a la vez, favorecería el desarrollo de actitudes afectivas positivas, que facilitarían la superación de los obstáculos asociados con un aprendizaje significativo del contenido científico que se enseña.

Por otra parte, hay antecedentes que señalan que la actitud hacia la ciencia escolar se construye también en base al concepto personal del estudiantado hacia este conocimiento. Este concepto personal se construye, fundamentalmente, a partir de experiencias pasadas favorables, donde la escuela y el hogar parecen tener un rol esencial. Este concepto personal hacia la ciencia también se relaciona con el concepto de autoeficacia, que representa la actitud del estudiantado orientada hacia el futuro y se vincula con la confianza para lograr las metas que se han propuesto en relación con la ciencia (Bong y Skaalvik, 2003). Hay antecedentes que concuerdan con esta afirmación (Haüsseler y Hoffmann, 2000), ya que el estudiantado de secundaria mostró un mayor interés por la física al mejorar sus logros, y estos logros se vincularon con la actitud del profesor al incrementar la contextualización de los contenidos con aspectos de la vida diaria. Este antecedente permite verificar que muchas veces el aprendizaje de las ciencias no se relaciona exclusivamente con las habilidades y capacidades del estudiantado, sino que también se relaciona con la distancia que hay entre el contenido que se enseña y el contenido que verdaderamente le interesa. Este antecedente es consistente con el énfasis propedéutico en las prácticas de los profesores P1 y P2 en los cursos de bachillerato, ya que no siempre se tenía en cuenta el interés y motivación del estudiantado, si no que era más relevante enfatizar los contenidos y problemas para prueba de selectividad.

Por otra parte, al margen del fuerte énfasis propedéutico de la instrucción que mostraron los profesores P1 y P2, así como las características de las prácticas del profesor P3, hay que tener en cuenta que el estudiantado mostró una actitud bastante favorable. En este sentido, los antecedentes aportados por el Estudio Internacional en Ciencias y Matemática (TIMSS) confirman la tendencia al señalar que un elevado porcentaje del estudiantado de la enseñanza secundaria considera que la ciencia es importante para la vida personal. A nivel local, estudios como el desarrollado por el Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo (INECSE, 2003) ratifican esta tendencia, ya que casi la mitad del estudiantado español señaló que la asignatura de Ciencias de la Naturaleza les gusta de bastante a mucho, aunque también más de la

mitad del estudiantado participante consideró que la ciencia es un área difícil.

Estos antecedentes concuerdan también con los resultados del estudio internacional Proyecto ROSE (Relevance of Science Education), que señala que el estudiantado, a pesar de las deficiencias que encuentra en el aula, mostró una actitud global positiva hacia la ciencia escolar. Sin embargo, este interés hacia la ciencia escolar parece variar según las edades. De acuerdo a los antecedentes, el estudiantado español percibe la asignatura de ciencias más interesante que otras, pero este interés decrece hacia los cursos superiores, llegando a los índices más bajos en cuarto de ESO. A pesar de este declive, se constató que las asignaturas de ciencias se encuentran entre las mejor valoradas (Vázquez y Manassero, 2007).

También cabe destacar los antecedentes aportados por el estudio con estudiantado de la ESO y de bachillerato de ciencias de Institutos públicos de Barcelona (Vildósola, Alsina, Castelló, García & García, 2006). Se evidenció que el estudiantado tiene interés y motivación por aprender ciencias, pero que éste decae frente a una instrucción deficiente. También, el estudiantado ha considerado que las ciencias son complejas y que, a pesar de esto, la práctica docente se realiza con un escaso número de estrategias, sin una aplicación a la vida diaria, centrada en la lectura del texto de clases o en la resolución de problemas (ejercicios), y enfatizada en los aspectos teóricos del conocimiento científico. En este sentido, este estudiantado consideró positivamente los programas científicos que transmite la televisión, ya que, según ellos, muestran un mayor nivel de explicación de los fenómenos, muestran las cosas como son en la realidad, aprecian una mejor aplicación del contenido, y no requiere escribir. A pesar de las deficiencias que señaló el estudiantado de la instrucción que recibe, valoró altamente la actitud “humana” que mostró el profesorado en el aula, ya que consideró que esta actitud facilitaba y favorecía su aprendizaje. Este antecedente es consistente con la evidencia y concuerda con nuestro planteamiento de la estrecha y necesaria relación que debe existir entre los aspectos afectivos (categoría tres) y la actitud del estudiantado (categoría cuatro) para promover la enseñanza de la

naturaleza de la ciencia. Para el estudiantado la actitud del profesor es fundamental y está por encima de la capacidad que pueda tener para enseñar adecuadamente la ciencia.

### ***12.2.5 Categoría cinco. Atmósfera de la clase***

Los factores de esta categoría estuvieron escasamente representados en las prácticas de aula de los tres profesores. En las prácticas del profesor P1 no hubo presencia de los factores de esta categoría. En las prácticas de los profesores P2 y P3, aunque estuvieron presentes, hubo una escasa presencia. En la práctica del profesor P2 estuvo presente el factor tiempo de espera, aunque con una frecuencia baja. En cambio, la práctica del profesor P3 mostró tres de los cuatro factores que componen esta categoría, disciplina, tiempo de espera y relación.

De acuerdo con Lederman (1986 op.cit.), la presencia del factor relación, evidenciado notoriamente en la práctica del profesor P3, y del factor baja ansiedad, ausente en los tres casos, propician una atmósfera de aula que facilitaría la influencia directa de factores de la primera y segunda categorías, tales como resolución de problemas, exploración (primera categoría), progreso, e implicación moral/ética (segunda categoría). Este autor afirma que estos factores promueven el desarrollo de aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Sin embargo, la evidencia no muestra la relación directa que señala Lederman (1986). En las prácticas del profesor P1 no hubo presencia de factores de esta quinta categoría, pero sí se evidenció la presencia de exploración y solución de problemas. En cambio, en las prácticas del profesor P3 ocurre el fenómeno inverso, ya que sí estuvieron presentes, aunque con baja frecuencia, los factores de esta quinta categoría, pero no se observó la presencia de los otros factores.

Es posible explicar esta ausencia de relación a la luz de la evidencia de otros fenómenos presentes en el aula, especialmente en los casos de los profesores P1 y P3. Estos profesores, intencionadamente o no, tendían a interactuar y enfatizar la instrucción con el estudiantado más preparado del curso. En estas dos prácticas, el estudiantado menos participativo y

poco motivado, en cierta medida, se ignoraba. En este sentido, hay que considerar que la atmósfera del aula se ve favorecida cuando hay una frecuente participación del estudiantado, aunque sea de una minoría, ya sea preguntando o interaccionando entre sí y con el profesor. Esta situación se evidenció claramente en las prácticas de los profesores P1 y P3, y es probable que estuviera relacionada, en el caso del profesor P1, con el compromiso personal del estudiantado por sus aprendizajes, ya que finalizaban el bachillerato y estaban muy preocupados por aprobar las pruebas de la selectividad. En cambio, en el caso del profesor P3, puede estar relacionada con las características del curso, ya que es un tercero de enseñanza secundaria con una atmósfera del aula basada en la disciplina rígida del profesor. El profesor tenía reglas disciplinarias y las utilizaba continuamente, incluso para guiar la participación del estudiantado. Es probable que esta condición del clima del aula se relacione también con la fuerte presencia del factor atención en la práctica de este profesor.

El siguiente fragmento expone esta situación en relación con las características de la atmósfera del aula en el caso del P3. El profesor controla el clima del aula regulando la participación y el trabajo del estudiantado. Durante toda la práctica docente el profesor P3 centró las actividades en el trabajo individual, y muchas veces enfatizó esta forma de trabajo con una notoria separación física entre el estudiantado para impedir el intercambio de las soluciones a las preguntas sobre el tema que trataba.

P: sí, la información la encuentran en la página sesenta y seis y sesenta y siete. Una definición completa que tiene tres apartados sobre lo que es la contracción muscular.

P: “es la capacidad”. ¿La encontráis? (señala el inicio de la definición que se encuentra en el texto)

P: por favor, silencio. Levanten la mano cuando encuentren la definición o les parezca que la han encontrado. Así, entre todos iremos haciendo la definición.

P: una condición indispensable evidentemente, es leer el texto.

P: ¿Es la capacidad?... (repite el inicio de la definición)

(El estudiantado levanta la mano)

E: de movimiento.

P: no!

P: “es la capacidad”..(estudiantado en silencio, trabajan en la tarea).

E: Yo. (El estudiante habla y levanta la mano para responder pero, el profesor no lo tiene en cuenta).

P: no hablar, levanten la mano.

P: levanten la mano (P3S2E1).

La práctica del profesor P2 ha mostrado la tendencia contraria, ya que interactuó permanentemente con el estudiantado, acercándose a las mesas, promoviendo el trabajo entre los pares e interactuando permanentemente con todo el estudiantado del aula. Se observó que esta actitud aportaba una mayor confianza al estudiantado para preguntar, de un modo más personal y cercano, las dudas sobre los ejercicios que estaban desarrollando. Esta condición generaba un clima de aula agradable para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Hay antecedentes que concuerdan que en el estudiantado hay un sentimiento que el aprendizaje de las ciencias es difícil. Por tal razón, en el aula se ha de desarrollar un clima apropiado para facilitar actitudes favorables que conduzcan a un aprendizaje de éxito. En este sentido, hay que tener en cuenta que, aunque la del estudiantado es esencial, la actitud del profesor no lo es menos, ya que tiene la responsabilidad de generar un clima de aula favorable a estos fines (Hofstein y Lazarowitz, 1986). También Meyers y Fouts (1992) dan relevancia a este aspecto afirmando que el clima de la clase puede influir en la actitud del estudiantado hacia la ciencia. Estos autores evidenciaron que el profesor tiene un papel importante en desarrollar y producir cambios positivos en la actitud hacia la ciencia. Afirman que las actitudes más positivas del estudiantado hacia la ciencia se encuentran en prácticas docentes que muestran altos niveles de compromiso, motivación, apoyo del profesorado, orden y organización en la clase, así como el desarrollo de estrategias innovadoras en la enseñanza, y un bajo control disciplinario.

### ***Síntesis del capítulo***

Las tres prácticas observadas mostraron perfiles distintos en la distribución de los factores, desde un extremo más favorable en la práctica del profesor P1, pasando por un perfil intermedio en la práctica del

profesor P2, hasta un perfil menos favorable en la práctica del profesor P3. Aunque se observan diferencias, la tendencia global señala una notoria carencia en muchos de los factores que, de acuerdo a los antecedentes, se consideran como prerrequisito para promover la traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula.

La ausencia de factores de aula fue notable en las categorías uno y dos, relacionadas con las características instruccionales del profesorado y con los aspectos metacientíficos del contenido. Se observó una escasa presencia de factores relacionados con la instrucción, así como también una muy deficiente presencia de factores de orden metacientífico, lo que puede estar sugiriendo alguna relación entre ambas categorías.

Los factores de las categorías tres y cuatro, que corresponden a las características no instruccionales del profesorado y las características del estudiantado, mostraron las tendencias más favorables. Entre los aspectos que emergieron del análisis se encontró la actitud entusiasta mostrada por los tres profesores en sus prácticas. Los antecedentes indican que los factores de esta naturaleza y los factores de aula asociados con las características no instruccionales del profesorado, parece tener un rol importante en el desarrollo de actitudes positivas del estudiantado hacia la ciencia. Se evidenció que, a pesar de las carencias de muchos factores de aula relativos a la instrucción, el estudiantado fue capaz de expresar actitudes positivas en el aula. La evidencia sobre estos factores ha permitido resaltar la importancia que tienen la actitud del profesorado y del estudiantado para promover una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula.

A nivel más específico, la validación empírica fue un factor metacientífico que mostró una importante presencia en las prácticas de los profesores P1 y P2. La presencia de este factor de aula se puede explicar como un efecto de las actitudes ingenuas encontradas en el profesorado durante el estudio cuantitativo, en la forma de entender la enseñanza de las ciencias.

El excesivo dominio del discurso por parte del profesorado, de unas actividades del aula extremadamente repetitivas, de la deficiente

contextualización, de la ausencia de elementos para promover metacognición, entre otros, evidencia un énfasis en el modelo didáctico de transmisión-recepción que se opone a un modelo constructivista, que facilitaría una apertura al conocimiento de los aspectos metacientíficos del contenido. De esta forma, es probable que la presencia de este modelo didáctico también tenga alguna relación con la insuficiente presencia de aspectos metacientíficos durante las prácticas docentes.

En términos generales nuestra evidencia fue consistente con gran parte de los escasos antecedentes aportados por la literatura. La baja presencia de factores de aula de la mayoría de las categorías nos lleva a considerar que en el contexto de la enseñanza secundaria y de bachillerato no existen las condiciones apropiadas para realizar una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia. Se observó que, implícitamente, hay muchos mensajes que aluden a ideas ingenuas sobre la ciencia, y que éstas también se han dejado ver en una forma particular de enseñar el contenido científico.

### ***CAPÍTULO 13. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CONTENIDO DE LAS ENTREVISTAS***

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de la entrevista semiestructurada que se realizó a los tres profesores participantes en el estudio cualitativo.

La evidencia aportada en este análisis complementa a la obtenida en el análisis cuantitativo de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. También ha permitido un mejor conocimiento y comprensión de las ideas acerca de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias que subyacen en el profesorado. De la misma forma, aporta información acerca de los factores de aula que el profesorado considera relevantes para su práctica docente.

Del análisis cualitativo de la entrevista emergieron numerosos aspectos vinculados con la naturaleza de la ciencia, con los factores del aula, y también con las visiones de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Las ideas que componen las distintas categorías consideradas en este análisis provienen de la aportación explícita a las preguntas que se les

plantearon, así como de la interpretación de sus aportaciones en relación con los aspectos que se estudian.

El contenido de las entrevistas se ha podido organizar en dos categorías principales: las ideas sobre la naturaleza de la ciencia, y los factores de aula. En muchos sentidos, los aspectos que conforman estas dos categorías se han encontrado estrechamente ligados. Sin embargo, la evidencia sugiere que son las actitudes del profesorado sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia las que parecen ejercer una influencia importante en cómo conciben el propio contenido científico, en las decisiones o la posibilidad de expresar aspectos metacientíficos del contenido durante sus prácticas docentes, y en el énfasis que otorgan a determinados factores del aula involucrados en este proceso.

A continuación se presentan los contenidos derivados del análisis cualitativo de la entrevista. Al final se expone una síntesis sobre las ideas más relevantes plasmadas en este capítulo.

### ***13.1 Las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia***

En esta dimensión se extrajeron contenidos sobre once aspectos aportados, en mayor medida, por los profesores P1 y P2. Estos aspectos también estuvieron presentes en el análisis de las actitudes del profesorado, lo que confirma la relevancia que tiene su comprensión y conocimiento.

La tabla 104 muestra las distintas ideas que emergieron del análisis del contenido de las entrevistas realizadas a los profesores P1, P2 y P3.

**Tabla Nº 104. Contenidos de la naturaleza de la ciencia derivados de las entrevistas**

<b>Ideas/actitudes</b>	<b>PROFESOR P1</b>	<b>PROFESOR P2</b>	<b>PROFESOR P3</b>
<b>1. La Ciencia es:</b>	Es una construcción de los humanos. Es una herramienta para dominar el medio ambiente, manipularlo y predecir lo que puede pasar.	Es un método, un procedimiento para adquirir conocimiento acerca de la realidad.	Conocimiento del mundo que nos rodea.
<b>2. El Fin de la Ciencia es:</b>	Mejorar las situaciones de vida, buscar respuestas.	Mejorar nuestro modo de vida, nuestro conocimiento del mundo.	Conocer el mundo sus problemas y sus secretos.
<b>3. La ciencia es tentativa</b>	Es fundamental el planteamiento de preguntas. La ciencia avanza planteando nuevas preguntas sobre el fenómeno.	La ciencia se desarrolla y revisa.	No se enfatiza
<b>4.Objetividad/ subjetividad de la ciencia</b>	La ciencia permite conocer. Los científicos dicen verdades.	La ciencia permite conocer la realidad. Los científicos son objetivos muestran la realidad de las cosas.	No se enfatiza
<b>5. Rol de la evidencia empírica</b>	Importancia de la razón, de la justificación en la aceptación del conocimiento científico.	El conocimiento científico tiene que ser demostrable y replicable.	No se enfatiza
<b>6. Los procesos de la ciencia</b>	La observación es un proceso relevante.	Es fundamental el planteamiento de hipótesis. Demostrar, reproducir el conocimiento.	La observación y la experimentación.
<b>7. Metodología de la Ciencia</b>	Inductivo (observación).	Hipotético-deductivo (Prueba de hipótesis).	Empírico-inductivo (Experimentación).
<b>8. Rol de observación y la inferencia científica</b>	De la observación directa de los fenómenos se extraen las teorías.	La ciencia infiere de los datos aportados por la experimentación. A partir de estos elabora teorías y modelos de la realidad.	No se enfatiza
<b>9. Rol hipótesis, teorías y leyes científicas</b>	Son útiles para enfocar situaciones desde un punto de vista y comprender e interpretar lo que ocurre alrededor.	Las hipótesis son fundamentales. El nuevo conocimiento obtenido se “hace encajar en alguna teoría existente”. El conocimiento se descubre y es independiente de la teoría existente.	No se enfatiza
<b>10.Relación ciencia y sociedad</b>	La ciencia es parte de la sociedad en relación con el beneficio económico de las empresas.	La ciencia es parte de la sociedad y es influida por el poder político y económico. La ciencia tiene prestigio en la sociedad.	No se enfatiza
<b>11.Relación ciencia y tecnología</b>	La tecnología es la aplicación de la ciencia por lo tanto la tecnología es la que hace la actividad científica, si no hay tecnología no hay ciencia. La ciencia permite que los tecnólogos apliquen a cosas que nos hacen la vida más cómoda.	Ciencia y tecnología muy relacionadas. La tecnología es la ciencia aplicada, primero es la ciencia y luego la tecnología.	No se enfatiza

Con respecto a la **definición de la ciencia**, los profesores aportaron escasos conceptos para explicarla o definirla. Los profesores aportaron distintas definiciones que tienen en común el formar parte de una tríada de imágenes de la ciencia presentes en el profesorado y que transmite la enseñanza de las ciencias (Albaladejo *et al.*, 1993). La definición del profesor P3 es la que ha mostrado más similitud con la definición que identificó el profesorado en el análisis cuantitativo de las actitudes (la ciencia como un cuerpo de conocimientos de los fenómenos de la naturaleza). Esta definición concuerda con la imagen de la ciencia como archivo (Albaladejo *et al.*, 1993). El profesor P2 aportó una definición bastante común, que vincula la ciencia con los procedimientos y que probablemente esté relacionada con la idea de ciencia que resalta los aspectos empíricos, procedimentales y lógico-matemáticos vinculados con la visión empirista y positivista de la ciencia. La idea aportada por este profesor concuerda con la imagen de la ciencia como procedimiento de investigación (Albaladejo *et al.*, 1993). En cambio, el profesor P1 aportó una definición ecléctica de la ciencia, puesto que combina la noción de construcción humana e instrumento (Albaladejo *et al.*, 1993), y la vincula con la finalidad de satisfacer necesidades humanas para obtener beneficios, y con la mejora de la calidad de vida de las personas

Acerca de los **fines de la ciencia**, las ideas aportadas se encuentran muy vinculadas con la propia idea de ciencia que sustentan. Sobre este aspecto, el profesor P3, aportó una idea acorde con su definición de ciencia, ya que considera que el fin de la ciencia es conocer el mundo, sus problemas y sus secretos. En cambio, los profesores P1 y P2 han concordado que la ciencia tiene un fin pragmático y de utilidad para la vida humana. En algunos estudios se ha encontrado alguna relación entre la cosmovisión del profesorado con las visiones de la naturaleza de la ciencia y el papel de la ciencia en el mundo natural (Liu y Lederman, 2007). En este estudio se encontró que el profesorado, que sustentaba una cosmovisión pragmática y antropocéntrica, mostró actitudes ingenuas sobre los fines de la ciencia y que resalta la idea que los humanos pueden indagar en la naturaleza, descubrirla, utilizarla y protegerla. Esta visión se opone a otras que mostraron una relación de coexistencia y que, al mismo tiempo, resaltaron la incierta y limitada capacidad del ser humano para conocer la naturaleza.

Las ideas acerca de la **naturaleza tentativa de la ciencia** se mencionaron escasamente por el profesorado. Dos profesores reconocieron un aspecto de esta dimensión al afirmar que la ciencia avanza, crece y se desarrolla. En este sentido, el profesor P1 afirmó que la ciencia avanza por medio de las preguntas que se plantean los científicos, idea que sugiere una cierta verticalidad en la forma cómo la ciencia se desarrolla. Dada la evidencia previa, es probable que el profesor P2, considere que este desarrollo sea resultado de la experimentación y comprobación de los resultados existentes. Esta evidencia, aunque escasa, complementa a la encontrada en el análisis cuantitativo de las actitudes, y que mostró la escasa comprensión de las ideas sobre el cambio y progreso de la ciencia.

En relación con la **objetividad/subjetividad** de la ciencia, los profesores han enfatizado en la idea ingenua que la ciencia es objetiva. Esta visión concuerda con la actitud ingenua que también mostró el profesorado al enfatizar que los científicos ven lo mismo en cualquier lugar, también en la supuesta objetividad que aporta el método científico, y en la ausencia de influencia de las características personales de los científicos y del contexto sociocultural. Esta visión puede estar relacionada con el énfasis que otorgó el profesorado en las prácticas docentes al desarrollo de procesos matemáticos y a la comprobación del conocimiento, que concuerda con el factor evidencia empírica, ampliamente observado en la práctica de los profesores P1 y P2. Durante las prácticas, el profesor P1 enfatizó en el uso de la razón y la lógica, y el profesor P2 resaltó la comprobación matemática del conocimiento, ya que probablemente considera que la ciencia elabora conocimientos objetivos, verdaderos y absolutos. En el caso del profesor P3, la ausencia de ideas sobre estos aspectos puede vincularse a una visión tradicional, que considera exclusivamente los productos finales de la ciencia y que estaría muy vinculada con su idea de la ciencia como archivo.

En relación con los **procesos de la ciencia**, los tres profesores han mostrado una visible tendencia empírica e inductiva. Esta actitud concuerda con la que mostró el profesorado en el estudio cuantitativo de las actitudes, lo que amplía la evidencia en este sentido. El papel que asignan a la **observación** también es un refuerzo a la evidencia encontrada. En este sentido el profesor P1 ha señalado que de la observación directa de los fenómenos se extraen las teorías, pero el

profesor P2 ha mostrado una actitud más acorde, ya que reconoce que la ciencia hace **inferencias** de los datos aportados por la experimentación, aunque hay una idea inductiva sobre la elaboración de las teorías y de los modelos que elabora la ciencia.

Acerca de las **hipótesis, teorías y leyes científicas**, los profesores han aportado una idea bastante pobre e inexacta del rol de las teorías. Esta evidencia concuerda con la actitud que mostró el profesorado sobre este aspecto y también con los antecedentes, que indican que para el profesorado las teorías tienen un papel auxiliar en la ciencia. El profesor P1 consideró que las teorías son útiles a la ciencia, pero en la su práctica docente las omite y en su discurso manifiesta que tienen un papel irrelevante. Para el profesor P2 son las hipótesis las que tienen un papel fundamental en la ciencia.

La evidencia aportada por las entrevistas sobre el papel de la hipótesis, teorías y leyes indica que para el profesorado las teorías y leyes científicas son aspectos escasamente considerados como parte del contexto de la ciencia y de la propia enseñanza de las ciencias. La evidencia sobre los factores de aula mostró esta misma tendencia, ya que para el profesorado los aspectos teóricos eran menos relevantes que la comprobación empírica y los procesos matemáticos implicados en el contenido que trataba en el aula.

Acerca de la relación **ciencia y sociedad** la respuesta de los profesores concuerda con la aportada en el análisis cuantitativo de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia. Sobre este aspecto, los profesores P1 y P2 han resaltado en la existencia de una relación entre la ciencia y la sociedad, pero han puesto la atención en el vínculo económico que se establece. Esta visión del profesorado se centra en los problemas que encuentra permanentemente la comunidad científica para recibir el financiamiento para desarrollar más investigación. Durante la práctica docente del profesor P2 se observó una contextualización del contenido resaltando esta misma visión, transmitiendo al estudiantado la idea que los buenos científicos están donde la ciencia recibe dinero. Esta idea ingenua de esta relación muestra las deficiencias que hay en el profesorado sobre este aspecto, ya que ha omitido o desestimado muchos de los otros

aspectos que forman parte de la relación entre la sociedad y la ciencia como los educativos, culturales, históricos, entre otros.

Por otra parte, las ideas de los profesores acerca de la **relación entre la ciencia y la tecnología** se fundamentan en visiones ingenuas, que aluden a la tecnología como ciencia aplicada y a la similitud entre ambas. Estas ideas complementan la evidencia que indica que el profesorado tiene actitudes ingenuas o simplistas acerca de la relación entre ambas formas de conocimiento.

### ***13.2 Las ideas acerca de los factores de aula***

En la entrevista el profesorado ha centrado su atención en factores de aula característicos de modelos tradicionales de la enseñanza de las ciencias. La tabla 105 resume el contenido proveniente de la entrevista que se relaciona con factores de aula que los tres profesores dicen enfatizar durante la práctica docente. Se observa la tendencia a mencionar factores presentes en una enseñanza basada en los modelos didácticos de transmisión-recepción y por descubrimiento.

El contenido aportado por la entrevista fue deficiente, pero confirma la evidencia encontrada en la observación de las prácticas docentes. Esta evidencia es consistente con los antecedentes, que afirman que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia debe desarrollarse explícitamente y con un adecuado despliegue de estrategias didácticas. Estudios iniciales confirmaron el escaso éxito que tiene el uso de estrategias tradicionales, como la lectura de textos, la manipulación de materiales sin un fundamento previo para desarrollar contenidos de la naturaleza de la ciencia (Haukoos y Penick, 1983). Otros antecedentes señalan que la traslación de la naturaleza de la ciencia requiere del desarrollo de diversas estrategias y actividades de enseñanza y aprendizaje, que deberían incluir desde actividades simples basadas, por ejemplo, en la lectura de textos relacionados con la naturaleza de la ciencia, hasta el desarrollo de actividades asociadas con el planteamiento de preguntas, la elaboración de respuestas, propuestas y elaboración de posibles modelos sobre los conocimientos adquiridos, entre otros (Akindehin, 1988 op.cit).

**Tabla Nº 105. Contenidos de la entrevista relacionados con los factores de aula**

Ideas/actitudes/	PROFESOR P1	PROFESOR P2	PROFESOR P3
<b>12. Modelo didáctico transmitido por el profesor</b> (según Jiménez Aleixandre, 2000)	Descubrimiento-constructivista.	Transmisión-recepción	Transmisión-recepción
<b>13. La enseñanza de las ciencias se basa en:</b>	Plantear diversas situaciones para que el estudiantado aprenda una serie de procedimientos, que se trabajan, pero la redescubren ellos. Crear situaciones de conflicto entre lo nuevo y lo que ya saben. Plantear preguntas.	Teoría y plantear ejercicios en clases.	Lectura de textos.
<b>14. El aprendizaje de las ciencias se basa en:</b>	Consultas bibliográficas, tomar apuntes, contrastar información, hacer informes, resúmenes, trabajo en grupo, montaje procedimientos, resolver ejercicios.	Lectura de apuntes, desarrollo ejercicios.	Completar láminas, subrayar, buscar definiciones, lectura de apuntes.

La escasa mención de factores de aula por parte del profesorado muestra concordancia con la evidencia obtenida del análisis cualitativo de las prácticas docentes, ya que han enfatizado en unos pocos factores y que son característicos de su instrucción. Los profesores han resaltado factores como las preguntas del profesor, que estuvo presente en la práctica del profesor P1; el desarrollo de ejercicios y problemas sobre el contenido, en el caso del profesor P2; y la lectura de textos por parte del P3. El profesor P3 resaltó, también, la motivación del profesor, que estaría relacionada con las características no instruccionales del profesor.

Las preguntas del profesor también tienen un papel importante, desde lo afectivo y social, ya que pueden estar asociadas al grado de motivación y entusiasmo que tiene hacia el contenido que enseña, y a que el estudiantado aprenda dicho contenido. La motivación del estudiantado también se mencionó y puede considerarse como un factor a tener en cuenta en la categoría que alude a las características del estudiantado. El clima del aula aparece vinculado al factor disciplina, que se mencionó por el profesor P3 y que concuerda con la presencia de éste en su práctica docente. Los factores relacionados con los contenidos metacientíficos

apenas se mencionaron. En este sentido, el profesor P2 contextualizó un contenido específico con aspectos de la historia de la ciencia.

Las aportaciones de los profesores participantes en la entrevista concuerdan con elementos que forman parte de los modelos didácticos de transmisión-recepción y por descubrimiento, que se fundamentan epistemológicamente en las mismas ideas que sustentan muchas de las actitudes que mostró el profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. De ahí que consideramos que las prácticas docentes se encuentran vinculadas a las actitudes que tiene el profesorado sobre los aspectos metacientíficos del contenido, aunque no sea conciente de ello.

La evidencia ha mostrado que hay una relación entre las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia y las características de la práctica docente. El profesorado parece orientar la enseñanza de las ciencias según las ideas que tiene de la ciencia, de ahí que centrará la atención en unas pocas actividades que son muy representativas de los modelos epistemológicos que sustentan dichas ideas y actitudes. Incluso, la escasa mención que hacen sobre los aspectos de la naturaleza de la ciencia, también es un reflejo de la desinformación y la escasa comprensión de la verdadera que tiene la ciencia.

### ***Síntesis del capítulo***

La evidencia proveniente de la entrevista complementa ampliamente la evidencia aportada por el análisis cuantitativo de las actitudes del profesorado y por la observación de las prácticas docentes. El contenido de la entrevista confirma muchas de las tendencias encontradas en las actitudes del profesorado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. De esta manera, ambos análisis concuerdan en las ideas epistemológicas que sustenta el profesorado de ciencias.

La mayoría de las nociones aportadas por los tres profesores se vinculan con aspectos tradicionales de la metodología científica. Sus actitudes e ideas, sobre la ciencia y la enseñanza se encuentran muy vinculadas con ideas empíricas e inductivas que forman parte del modelo del método científico universal. Los profesores pusieron énfasis en procesos como la observación y la experimentación, y en alguna ocasión

señalaron que las preguntas que hacen los científicos también forman parte de los procesos de la ciencia.

En relación con los factores de aula, los profesores han confirmado las tendencias observadas en el análisis cuantitativo y cualitativo de sus prácticas docentes, ya que han considerado un escaso número de factores de aula. Hubo mucha concordancia en factores relativos a las características no instruccionales del profesorado, en las características del estudiantado, y en el clima o atmósfera del aula. Los tres profesores han concordado en que la actitud del profesorado en el aula, especialmente la motivación y el entusiasmo, son fundamentales. Respecto al estudiantado han considerado que es la motivación, y sobre el clima del aula, la interacción de los dos factores anteriores. Los factores relativos a la instrucción fueron escasos y los profesores se han remitido a señalar los aspectos centrales de la forma en que desarrollan la instrucción: el profesor P1 mencionó el plantear preguntas y el desarrollo de ejercicios; el P2 fue consistente con la instrucción observada, al mencionar las prácticas centradas en el desarrollo de ejercicios; y el profesor P3 también fue consistente al mencionar lectura de textos. La evidencia sobre los aspectos de la segunda categoría, que alude a los factores vinculados con los aspectos metacientíficos, fue negativa, ya que éstos apenas se mencionaron por los profesores.

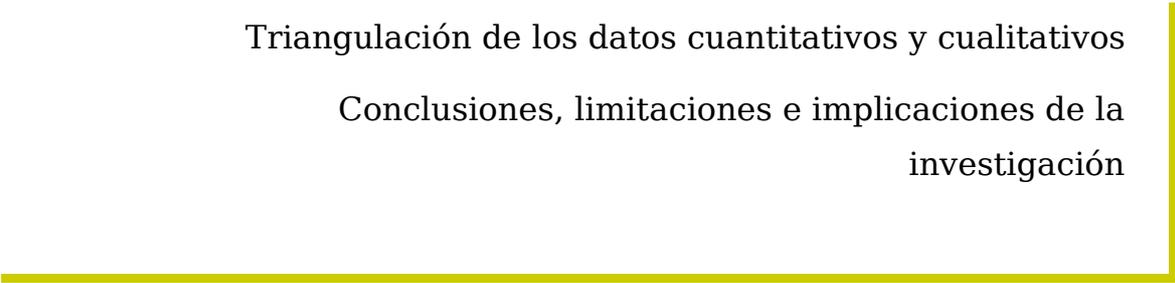
En todos estos procesos de presencia, ausencia, y omisión se ha considerado que las ideas del profesorado sobre la ciencia parecen tener influencia en la forma de concebir su enseñanza y aprendizaje, y esto es lo que permite que estén presentes (o no) y enfatizados (o no) determinados factores de aula, y, que en la instrucción se recalque en unos pocos (o ningún) aspectos metacientíficos del contenido de ciencias que se enseña.



## **PARTE VII TRIANGULACIÓN DE LOS DATOS Y CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos

Conclusiones, limitaciones e implicaciones de la  
investigación



---

Este **apartado VII** expone la triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos aportados por las distintas fuentes y las conclusiones sobre las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia y los factores de aula relacionados con su traslación durante la práctica docente. Se compone de dos capítulos: el catorce, que expone la triangulación entre datos cuantitativos y cualitativos sobre las actitudes del profesorado y sobre los factores de aula; y el quince, que expone las conclusiones de la investigación por cada objetivo propuesto en la tesis; las limitaciones encontradas, las implicaciones de este estudio para la investigación didáctica y la enseñanza de las ciencias y las posibles futuras líneas de investigación.

---

## ***CAPÍTULO 14. TRIANGULACIÓN DE LOS DATOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS***

En este capítulo se presenta la triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos sobre las actitudes del profesorado y sobre los factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente. La triangulación se realiza con dos fines: para validar los datos obtenidos de las distintas fuentes, y para complementar descriptivamente los datos e informaciones obtenidas con las técnicas de los enfoques cuantitativos y cualitativos. Los datos que se triangulan provienen de distintas fuentes: la entrevista semiestructurada realizada a la muestra de tres profesores, el cuestionario de actitudes, la observación cuantitativa y la observación cualitativa de los factores de aula. En primer lugar se presenta la triangulación de los datos relativos a las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia. En este caso se triangulan los datos provenientes de dos fuentes: el cuestionario de actitudes, a través de las ideas sobre el aspecto que el profesorado identificó mayoritariamente, y la entrevista realizada a los tres profesores participantes en el estudio cualitativo. En segundo lugar se expone la triangulación de los datos relativos a los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente. La triangulación se realiza a partir de los datos aportados por tres fuentes: la observación cuantitativa, la observación cualitativa y la entrevista. En ambos casos la triangulación se realiza para cada categoría de análisis.

A continuación se presenta la triangulación de los datos sobre los dos aspectos considerados en esta tesis.

### ***14.1 Triangulación de los datos sobre las actitudes del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia***

En este apartado se exponen las tendencias derivadas de la triangulación de los datos para las distintas categorías de la naturaleza de la ciencia.

**14.1.1 Primera categoría. La ciencia es de naturaleza tentativa**

La triangulación de datos de esta primera categoría se ha realizado para las siguientes variables:

➤ **Definición de Ciencia**

Variable	Cuestionario actitudes	Entrevistas
La ciencia es:	Un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una herramienta, una construcción humana para intervenir en la naturaleza (P1).</li> <li>- Es un método para adquirir conocimiento de la realidad (P2).</li> <li>- Conocimiento del mundo que nos rodea (P3).</li> </ul>

Hay una concordancia buena entre los datos provenientes del cuestionario y de la entrevista. Se observa que en ambas fuentes el profesorado mantiene una idea común de la ciencia como un cuerpo de conocimientos. La definición de ciencia aportada por el cuestionario se encuentra combinada con otras ideas, como la señalada por el profesor P2, que en su definición relaciona directamente la ciencia con el método. El profesor P1 aporta una idea más contextualizada, al considerar que la ciencia es también una construcción humana, aunque resalta que la ciencia es una herramienta para intervenir en la naturaleza. El profesor P3 mostró la definición más simple, al relacionar la ciencia con el conocimiento del mundo natural, pero concuerda con las actitudes que mostró en la práctica docente al enfatizar la instrucción desde una perspectiva del conocimiento científico absoluto, que implícitamente transmite una idea de ciencia como un conocimiento final e incuestionable.

Los siguientes segmentos muestran partes de las respuestas de cada uno de los profesores a la pregunta de la entrevista ¿Qué idea de ciencia enseña a sus estudiantes?

**Profesor P1:**

“La ciencia es una construcción de los humanos para poder dominar el medio ambiente, manipularlo, predecir lo que puede pasar, mejorar las situaciones de vida”.

(...)

“La ciencia es una herramienta que utilizan los humanos, que puede ser simplemente herramienta y ya está, como puede ser un martillo. Un martillo lo usas para hacer algo y hacer una cosa bonita y disfrutas haciéndolo”.

(...)

“La ciencia es una postura frente al entorno, porque una persona que es científica no sólo busca hacer, sino que también tiene una manera de enfocar, de preguntar (...).Ciencia es algo que te permite conocer”.

**Profesor P2:**

“Bueno pues para mí la ciencia es un método, un procedimiento para llegar a un conocimiento de las cosas (...). Es un método, y ¿Qué hace la ciencia que no sea otras cosas? (...). Sobre todo las cosas que se afirman sobre el mundo o el tema que sea se tienen que demostrar”.

**Profesor P3:**

“El conocimiento del mundo que nos rodea”.

Los datos aportados por las fuentes muestran que el profesorado tiene ideas muy similares para definir la ciencia. Las definiciones aluden a ideas que concuerdan con la imagen de la ciencia como archivo, instrumento y procedimiento aportadas por Albaladejo *et al.* (1993). Estas definiciones sugieren que hay una tendencia a explicar de manera incompleta el significado de la ciencia, y que el profesorado tiende a enfatizar un aspecto de la ciencia y desestimar otros que son igualmente importantes, ya que dan un sentido completo a esta forma de conocimiento.

Las definiciones aportadas por los tres profesores complementan la evidencia aportada por el cuestionario, que muestra que el profesorado relaciona a la ciencia con el conocimiento que elabora, es decir, en función de su contexto de justificación. La excepción se observó en el profesor P1, quien señaló ideas que forman parte de una visión más actual, pero también puso énfasis en su función práctica, como una herramienta, idea

que es propia de una visión pragmática, que se fundamenta en el modelo empírico visualizado ampliamente en las actitudes del profesorado.

➤ **Fines de la ciencia**

Variable	Cuestionario Actitudes (índice actitudinal)	Entrevista
Fines de la ciencia.	Búsqueda de explicaciones y las relaciones en el universo.	- Mejorar la calidad de vida de las personas (P1). - Mejorar nuestro modo de vida, y nuestro conocimiento del mundo (P2). - Conocer el mundo que nos rodea y sus problemas (P3).

Para este aspecto hay una concordancia media entre los datos provenientes del cuestionario y los datos aportados por la entrevista. Las fuentes de datos muestran dos tendencias sobre este aspecto de la ciencia. Por una parte, los datos aportados por el cuestionario evidencian un énfasis en la visión que enfatiza en el fin de la ciencia como búsqueda de explicaciones sobre las relaciones del universo. En la entrevista esta idea se encuentra presente en la aportación del profesor P3 y parcialmente en la idea del profesor P2, y se vinculan con la imagen de la ciencia como archivo (Albaladejo *et al.*, 1993). En cambio, el profesor P1, al relacionar el fin de la ciencia con la idea de mejorar la calidad de vida de las personas, enfatiza la imagen de la ciencia como instrumento (Albaladejo *et al.*, 1993).

Los siguientes segmentos de la entrevista muestran las aportaciones de los tres profesores acerca de los fines de la ciencia:

**Profesor P1:**

“La ciencia hace que la vida sea más cómoda”.

**Profesor P2:**

“La ciencia es muy importante y la gente no se da cuenta lo importante que es. No se dan cuenta cómo la ciencia ha cambiado totalmente el mundo. Es importante a la hora de

tomar decisiones (..). Si no tienes un mínimo de cultura científica, si no sabes un poco, pues, te pueden engañar”.

“La ciencia ayuda a razonar y a no creértelo todo y a tener una visión crítica sobre las cosas, una visión crítica de la realidad”.

La evidencia global sugiere que el profesorado tiene una idea simple de los fines de la ciencia y centrada esencialmente en posturas que la asocian con el conocimiento del universo. La tendencia en los datos concuerda con los aportados por la mayoría de los antecedentes, que afirman que el profesorado tiene una idea muy simple para explicar cuáles son los fines de la ciencia.

➤ **La ciencia es dinámica y está sujeta a cambio y revisión**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>La ciencia es dinámica y está sujeta a cambio y revisión.</b>	-La ciencia avanza a pesar de los errores. -La ciencia avanza refutando teorías y aprendiendo de las suposiciones falsas. -La ciencia reinterpreta el conocimiento antiguo a la luz de los nuevos descubrimientos.	-Siempre hay nuevas preguntas (P1). -La ciencia se desarrolla y el conocimiento se revisa (P2).  -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia moderada en los datos aportados por las dos fuentes. El cuestionario aporta datos relacionados con la idea de la ciencia como un conocimiento que cambia. En la entrevista se observa una tendencia parecida, pero con un bajo nivel explicativo. Las siguientes afirmaciones forman parte de la opinión aportada por los profesores P1 y P2 en la entrevista, el profesor P3 no aportó ideas relacionadas con este aspecto:

**Profesor P1:**

“Buscar respuestas. Buscar razones a todo, que no haya nada gratuito”.

**Profesor P2:**

“Las teorías para explicar las cosas las hacen los científicos. Son modelos que nos sirven para comprender la realidad y las cosas que no están de acuerdo, así con una teoría ampliamente establecida hay que mirárselas con mucho detenimiento y siempre ponerlas entrecomillas”.

“Toda cosa nueva siempre se intenta incluir dentro de todo el cuerpo teórico y de conocimientos que se tiene, si no encaja, pues, quizás es que hay una cosa nueva importante, que hay algún descubrimiento nuevo”.

I: Y si no encaja ¿Qué debe hacer la ciencia?

R: Pues lo que se hace cuando algo no encaja. Lo vuelven a revisar, si los datos serán correctos o no, o bien lo que se había deducido. Si no se va investigando hasta que se hace encajar en alguna de las teorías conocidas.

Los datos han mostrado que, aunque el profesorado tiene una comprensión moderada, la idea de cambio y progreso de la ciencia es insuficiente para explicar este aspecto, que se considera relevante para promover cambios en la comprensión de la naturaleza de la ciencia, como lo es también para mejorar la propia enseñanza de las ciencias. En la entrevista el profesor P2 señaló que la ciencia cambia debido a los cambios de las teorías científicas, sin embargo, la evidencia sugiere que el profesorado tiene un nivel de comprensión simple sobre este aspecto.

La adecuada comprensión de este aspecto se considera uno de los pilares fundamentales para promover y ampliar las ideas y actitudes acerca de la ciencia, en tanto alude a una naturaleza tentativa en oposición al carácter absoluto e infalible que señalan los modelos más tradicionales. En este sentido Duschl (2000) afirma que la comprensión de los cambios y del progreso de la ciencia tiene una importancia significativa en la enseñanza de las ciencias, ya que se ha encontrado vinculado a los procesos de cambio conceptual. Hay que tener en consideración que el fundamento del cambio conceptual se encuentra en las ideas epistemológicas sobre la provisionalidad de la ciencia.

➤ **Evidencia empírica**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Rol de la evidencia empírica.</b>	-Observar y proponer explicaciones sobre las relaciones del universo y comprobar la validez de las explicaciones. -Las predicciones nunca son seguras.	- La razón como herramienta fundamental para aprobar un conocimiento nuevo (P1). - Evidencia a través de la demostración y replicación (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia buena entre los datos provenientes de las dos fuentes. En ambas fuentes se enfatiza en los procesos que permiten comprobar la validez de un nuevo conocimiento. En la entrevista el profesorado señaló la razón como un proceso específico, que se relaciona con la presencia de teorías previas y las ideas de los científicos, pero también han señalado la demostración y la replicación, que forman parte de una visión más tradicional de la actividad científica. La excepción la aporta el profesor P1 al señalar a las preguntas como parte del proceso de hacer ciencias. Así, los datos provenientes de ambas fuentes hacen más consistente esta evidencia al enfatizar procesos empíricos e inductivos de la ciencia.

A continuación se exponen segmentos de la entrevista de los profesores P1 y P2 que se pueden relacionar con este aspecto. El profesor P3 no enfatizó en este aspecto durante la entrevista:

**Profesor P1:**

“Los primeros científicos no iban a ninguna universidad. Eran científicos, eran personas que tenían una actitud frente a la vida (...). Todo tiene una cierta justificación que te sirve en un momento (...) esto cae, porque la tierra lo atrae cierto, pero ¿Porqué la tierra lo atrae? y las preguntas no se acaban. Siempre tienes otra que va más a la esencia del fenómeno que estudias o vas más a la esencia de la pregunta que has hecho”.

**Profesor P2:**

“En ciencia, todas las cosas que se afirman sobre el mundo, o el tema que sea, se tienen que demostrar. Yo creo que lo más importante de la ciencia está ahí, que se afirma una cosa y se

tiene que demostrar, y muchas veces no solamente demostrar sino, sobre todo, como puede ser en química, no solamente se tiene que demostrar, sino que se tiene que poder reproducir. Esto claro que esto no es para todas las ramas de la ciencia, pero muchas veces si tú dices que cuando haces reaccionar un ácido con un alcohol te da un éster, pues si viene otro detrás, pues lo tiene que poder hacer y reproducir”.

La concordancia entre los datos provenientes de las distintas fuentes confirma la tendencia del profesorado a identificar la ciencia con unos pocos procesos, los más tradicionales de la actividad científica. La visión limitada de los procesos de la ciencia y de la metodología científica impide un pleno desarrollo de la estructura cognitiva implicada en el razonamiento científico. Una visión tradicional de la metodología científica simplifica la naturaleza de los procesos fundamentales de la ciencia y el rol que tienen las teorías científicas (Duschl, 2000 op.cit; Grandy y Duschl, 2007 op.cit.) Todas estas limitaciones tienen un impacto importante en la enseñanza de las ciencia, ya que impiden el desarrollo de los aspectos epistémicos y sociales de la ciencia, que adquieren un papel relevante en el desarrollo de la alfabetización científica del estudiantado.

➤ **Objetividad vs subjetividad de la ciencia**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Objetividad/ subjetividad de la ciencia.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las decisiones de los científicos se basan en algo más que los hechos.</li> <li>- Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ciencia permite conocer. Los científicos dicen verdades (P1).</li> <li>- La ciencia permite conocer la realidad. Los científicos son objetivos, muestran la realidad de las cosas (P2).</li> <li>-P3 (No enfatiza)*</li> </ul>

Hay una concordancia moderada entre los datos provenientes de las dos fuentes. Hay diferencias en los datos aportados por el cuestionario y la entrevista debido a la presencia de ideas opuestas sobre este aspecto de la ciencia. Los datos provenientes de las entrevistas muestran una actitud ingenua, ya que el profesor P1 y el P2 enfatizan que la ciencia aporta verdades y permite conocer la realidad. Sin embargo, los datos del

cuestionario son contradictorios, ya que señalan la presencia de deficiencias en la comprensión de la naturaleza subjetiva de la ciencia.

Algunas afirmaciones extraídas de las entrevistas muestran la tendencia en los datos:

**Profesor P1:**

“El que es científico no afirma, busca razones, busca el porqué de las cosas y no admite nada sin un razonamiento, sin una justificación que le dé razones. Es una persona que pregunta las cosas y no las actúa simplemente por impresiones”.

“Cuando no conoces creas mitos, tienes un Dios a quien tienes que satisfacer y te sientes oprimido por ese Dios. En el momento que conoces (enfatisa alzando la voz), pues la ciencia te permite conocer, ese Dios desaparece porque no tiene nada que hacer.

**Profesor P2:**

“Para mí, la ciencia es un método para adquirir conocimiento acerca de la realidad. Más allá del método científico que te dicen, si planteas una hipótesis, bueno, quizás lo más importante es que las cosas que se afirman sobre el mundo se tienen que demostrar. Hay toda una serie de gente, que son los científicos, que, además, con toda esa demostración, han de estar todos de acuerdo”.

Los datos muestran una discrepancia que confirma la falta de comprensión de la naturaleza relativa que tiene la ciencia. Las contradicciones se observaron ampliamente en el cuestionario y en la entrevista. Esta tendencia confirma la presencia de ideas ingenuas en la actitud de los profesores, tanto por el contenido de éstas como por la escasa capacidad para argumentar sus afirmaciones sobre este aspecto.

Los datos evidencian que en el profesorado persiste una idea dogmática e idealizada de la ciencia. Esta idea proviene de creer que la ciencia aporta evidencia verdadera debido a la exactitud del método que utiliza (Mc Comas, 1998 op.cit.). La visión ingenua de este aspecto tiene

relevancia, ya que parece tener una influencia importante en las ideas que fundamentan las actitudes de muchos otros aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Se plantea que la adecuada comprensión de este aspecto tiene un papel importante en la enseñanza de las ciencias, en tanto favorece una mejor integración de los contenidos científicos y un mejor aprendizaje de las ciencias en general. Los antecedentes aportados en nuestro marco teórico señalan que una adecuada comprensión de este aspecto se vincula con una visión más constructivista de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La comprensión de este aspecto se facilita cuando el profesor provee situaciones de enseñanza, que implican al estudiantado en procesos de aprendizaje más creativos. Este tipo de tareas favorecen una mejor comprensión del conocimiento científico y promueven el desarrollo de una imagen más real de la actividad científica.

➤ **Relación ciencia y sociedad**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Relación Ciencia y Sociedad.</b>	- La sociedad se relaciona con la ciencia por medio de las subvenciones económicas. - Las empresas privadas se relacionan negativamente con la ciencia porque obstaculizan la investigación de problemas importantes para la sociedad.	- La ciencia es parte de la sociedad y se relaciona con el beneficio económico que tienen las empresas relacionadas con la ciencia (P1). - La ciencia es parte de la sociedad. Es influida por el poder político y económico. La ciencia tiene prestigio en la sociedad (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia muy buena en los datos provenientes de las dos fuentes. En ambas fuentes los datos han mostrado la tendencia a relacionar la ciencia y la sociedad por los aspectos económicos. De acuerdo a la información aportada en el cuestionario y la entrevista, este vínculo se establecería, principalmente, desde la sociedad a la ciencia, y estaría basada, fundamentalmente, en la aportación económica que la sociedad hace a la ciencia. En ambas fuentes está presente la actitud negativa del profesorado hacia la intervención o relación de la ciencia con las empresas. En este sentido, los datos de ambas fuentes se complementan favorablemente y, aunque este aspecto tuvo una escasa atención, las

opiniones aportadas por los profesores en la entrevista confirman la actitud del profesorado al percibir la ciencia como una actividad que funciona al margen de la sociedad.

Los siguientes extractos de la entrevista muestran la actitud de los profesores P1 y P2 sobre este aspecto. El profesor P3 no menciona este aspecto de ahí que no se haya considerado en este análisis de los datos:

**Profesor P1:**

“Por un lado, la ciencia produce dinero, eso es seguro. El que tiene una patente gana bastante dinero y, por otro lado, porque es rentable de cara a la vida personal de cada uno de los individuos de la humanidad”.

**Profesor P2:**

“En el caso de los medicamentos, para que salga cualquier fármaco al mercado, se gastan millones de euros. Antes hacen toda una serie de pruebas para estar seguros que realmente actúan”.

Los datos aportados por ambas fuentes confirman la tendencia en las actitudes del profesorado. Aunque muestran cierto grado de comprensión sobre este aspecto, la actitud es simple, incompleta e insuficiente para los requerimientos que plantea la educación científica.

Los antecedentes señalan que la comprensión de la relación entre la ciencia y la sociedad es uno de los pilares fundamentales para desarrollar una adecuada alfabetización científica en el estudiantado. El desarrollo de este aspecto en el aula es uno de los requerimientos para lograr la alfabetización científica multidimensional, que corresponde al nivel más elevado de comprensión que es posible alcanzar (Bybee, 1997). Este nivel señala que la enseñanza de las ciencias debe promover en el estudiantado una mejor comprensión de los aspectos filosóficos, históricos y sociales de la ciencia, y relacionarlos con el conocimiento científico que aprenden y el contexto sociocultural en que se desenvuelven. La finalidad es que el estudiantado logre una comprensión más completa y contextualizada de la ciencia, del verdadero papel que tiene en la sociedad, y que tenga la

capacidad para aplicar adecuadamente este conocimiento en su vida personal y en el medio sociocultural en que se desenvuelve.

**14.1.2 Segunda categoría. Multiplicidad metodológica**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Multiplicidad metodológica.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimientos o técnicas de laboratorio.</li> <li>- Registrar datos.</li> <li>- Originalidad y creatividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La observación y la manipulación (P1).</li> <li>- Prueba de hipótesis y las teorías científicas (P2).</li> <li>- Experimentación (P3).</li> </ul>

Hay una concordancia buena entre los datos aportados por el cuestionario y la entrevista. Ambas fuentes de datos concuerdan con la idea de la metodología científica como procedimientos y manipulación de materiales o con etapas clásicas del método científico. En este sentido, los datos aportados por el cuestionario señalan la presencia de dos visiones de la metodología científica, la visión empírico-inductiva y la visión ateórica de la ciencia (Fernández *et al.*, 2002 op.cit.; Mc Comas, 1998 op. cit.). Igualmente, muy débilmente el profesorado alude a la visión constructivista, que recalca en el papel que tiene la creatividad y originalidad de los científicos en la actividad científica (Mc Comas, 1998 op.cit.). En cambio, los datos aportados por la entrevista se centran en aspectos de los modelos empíricos e inductivos de la metodología de la ciencia, aunque también se señala la prueba de hipótesis derivada del modelo hipotético-deductivo de la ciencia.

Los datos de ambas fuentes permiten confirmar y complementar la tendencia en la actitud que mostró el profesorado sobre la metodología científica, ya que aluden a procesos específicos y tradicionales como la observación, la experimentación y la manipulación de materiales, que forman parte de las etapas del método científico tradicional. Los datos también confirman la falta de comprensión al no tenerse en cuenta el papel que tiene la metodología científica para demarcar entre lo que es y no es ciencia.

Los siguientes segmentos muestran las opiniones de los profesores que se vinculan con la metodología científica:

**Profesor P1:**

“El método científico es un método que favorece, pero, bueno, que se puede aplicar incluso para comparar o decidir, porque simplemente primero es mirar, calcular, y después sacar conclusiones”.

(...)

“Pues si les doy un texto de cómo hacer una experiencia, espero que sepan construir, por ejemplo, un montaje, que lo sepan hacer, que sepan seguir una secuencia de medidas. Que sepan observar lo que tienen que observar en el orden adecuado, que sepan después también elaborar los documentos”.

(...)

“La metodología científica es una manera de trabajar. Lo que no puede ser es hacerlo de una manera tan estructurada y tan rígida, y lo que pasa es que a veces es tener una estructura general y luego, después modificarla. En parte siempre va bien, porque no se tiene que inventar de cero todo. El método científico es simplemente lo que hace una persona cuando aprende”.

**Profesor P2:**

“Si planteas una hipótesis, bueno, quizás lo más importante es que las cosas que se afirman sobre el mundo se tienen que demostrar. Hay toda una serie de gente que son los científicos, que, además, con la demostración, han de estar todos de acuerdo”.

“Una cosa importante es ¿Cómo se ha llegado a saber que las cosas son de esta manera? ¿Cuáles son las pruebas a favor o en contra de todo esto? (..). No solamente demostrar, sino también que haya una teoría. Las teorías que explican las cosas también son importantes”.

**Profesor P3:**

“El método científico nunca pasará de moda. El método científico es útil para comprobar empíricamente lo que después explicamos en el libro”.

La evidencia aportada por las dos fuentes confirma la tendencia mayoritaria de la visión empírico-inductiva y ateórica en las actitudes del profesorado sobre la metodología científica. A los argumentos expuestos anteriormente se suman las posturas actuales, que enfatizan la necesidad de promover una enseñanza de las ciencias basada en la visión de la metodología científica que incorpore aspectos relacionados con el “cómo conocemos”, que considere más activamente a las teorías científicas y la construcción de modelos científicos, así como el cambio conceptual implicado en esta comprensión (Grandy y Duschl, 2007). Las actuales perspectivas sobre la metodología científica dejan ver que este aspecto implica una diversidad de procesos, habilidades, competencias, que no son exclusivas de los científicos, sino que son propios del proceso de aprender de los humanos. Este amplio espectro de procesos y actividades hacen que la metodología científica se visualice como un paraguas bajo el cual caben numerosos procesos, la mayoría ampliamente conocidos, pero que no descarta otros menos formales generados a partir del ingenio y de la creatividad de los científicos. Estos autores enfatizan que uno de los peligros más comunes en la enseñanza de las ciencias es privilegiar unos pocos procesos y excluir muchos otros que son significativos para promover un mejor aprendizaje del conocimiento científico y de los aspectos metacientíficos que los fundamentan.

Hay que considerar que la adecuada comprensión de la metodología científica se considera esencial para el desarrollo de la alfabetización científica del estudiantado y se ve implicada a nivel de la alfabetización científica conceptual y procedimental (Bybee, 1997). En este nivel se afirma que el estudiantado requiere tener un amplio conocimiento de los aspectos conceptuales y procedimentales de la ciencia. La inclusión de este nivel de comprensión en la enseñanza supone para el estudiantado el desarrollo de una serie de habilidades y aptitudes que les permiten plantear relaciones, argumentos, justificaciones, el desarrollo del

pensamiento crítico y la comunicación de los contenidos y aprendizajes adquiridos, entre otros.

**14.1.3 Tercera categoría. Rol de observación y la inferencia científica**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Rol la observación e inferencia científica.</b>	-Los científicos clasifican la naturaleza. -Nadie sabe cómo es realmente la naturaleza. -Las observaciones científicas no difieren si los científicos son competentes.	- De la observación directa de los fenómenos se extraen las teorías (P1). - La ciencia hace inferencia de los datos aportados por la experimentación (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia muy buena entre los datos aportados por las dos fuentes. Los datos del cuestionario y de la entrevista concuerdan en la actitud del profesorado sobre la observación y la inferencia. Por una parte, los datos indican que el profesorado ha mostrado una actitud ingenua al considerar que los científicos observan realmente los fenómenos de la naturaleza, pero, por otra, han mostrado una actitud más adecuada al reconocer que la naturaleza no se puede conocer directamente. En estos datos se encuentra implícita la actitud ingenua del profesorado, ya que no reconoce las diferencias que puede haber en estos procesos debido a la influencia de las teorías o percepciones de cada científico.

En los dos segmentos que se exponen a continuación se observa la tendencia en la opinión de los profesores sobre este aspecto durante la entrevista:

**Profesor P1:**

“Elaborar una teoría nueva frente a una crítica de lo que están viendo”.

**Profesor P2:**

“Cuando algo no encaja, pues se vuelve a revisar para saber si los datos serán correctos o no. O lo que se había deducido, o si no, se va investigando”.

(...)

“La ciencia es lo que da un saber más cercano a lo que es la realidad, a cómo son las cosas”.

I: Y ¿Cómo ha procedido la ciencia?

R: Yo creo que es simple, lo que se afirma se tiene que demostrar. Esto creo que es importante en ciencias, y si no, demostrarlo por las consecuencias o los resultados que produce.

Los datos sobre este aspecto indican que el profesorado tiene contradicciones sobre la naturaleza de la observación científica y su papel en la ciencia. Las aportaciones dejan ver que tienen una comprensión elemental y simple sobre ambos procesos, y en especial de la observación científica. Esta actitud confirma el papel que tiene el modelo del método científico, que otorga a la observación un rol importante situándolo en el inicio del proceso, posición que contrasta ampliamente con el lugar relativo que ocupa junto a los otros numerosos procesos que se desarrollan durante una investigación científica. Un aspecto negativo del enfatizar en esta idea, es la negación u omisión del papel de las teorías o modelos científicos en la ciencia.

Desde las actuales perspectivas se afirma que la observación es un proceso relevante de la actividad científica, y que, aunque la ciencia deriva de la observación del mundo natural, esta observación no es objetiva ni única, ya que se realiza e interpreta en base a la teoría o el modelo teórico que la guía, así como también se han de tener en cuenta los consensos y las perspectivas de los científicos.

Windschitl (2004 op.cit.) afirma que la adecuada comprensión de este aspecto se desarrolla efectivamente con una enseñanza de las ciencias que promueva el desarrollo de modelos y una instrucción basada en la investigación. Según este autor, el énfasis en este modelo de enseñanza evita transmitir una idea inductiva y lineal de la ciencia, ya que permite promover múltiples actividades que se asemejan a los procesos y estrategias que desarrollan los científicos cuando hacen ciencia.

Es necesario que el profesorado de un salto cualitativo en la forma de desarrollar su práctica docente, sin olvidar que la observación juega un papel importante para que el estudiantado de un salto cualitativo desde el modelo científico que le aporta el profesor hacia la construcción de sus propios modelos. El desarrollo de estas ideas en el aula también son importantes, ya que promueven el desarrollo de contenidos epistémicos del contenido científico que se enseña (Windschitl *et al.*, 2008).

**14.1.4 Cuarta categoría. Rol de las hipótesis, teorías y leyes científicas**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Rol de las Hipótesis, Teorías y Leyes científicas.</b>	-Los científicos inventan las leyes, teorías e hipótesis. -Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías. -Los descubrimientos científicos son el resultado de la lógica, aunque la ciencia no siempre lo es, aunque también hay algunos que son casuales. -Las hipótesis se comprueban con experimentos, si se prueba llega a ser teoría, y la teoría si se prueba varias veces por diferentes personas, se convierte en ley.	-Las teorías son útiles para enfocar situaciones desde un punto de vista y comprender e interpretar lo que ocurre alrededor (P1). - Las teorías se elaboran por los científicos. El nuevo conocimiento obtenido se “hace encajar en alguna teoría existente”. El conocimiento que se descubre es independiente de la teoría existente. Las hipótesis son fundamentales (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia moderada entre los datos de ambas fuentes, que se manifiesta especialmente en la afirmación que las teorías, leyes e hipótesis se elaboran por los científicos. Las diferencias se deben a la presencia de visiones opuestas sobre este aspecto, tanto en el cuestionario como en la entrevista. En la entrevista este aspecto tuvo poca atención por parte de los profesores. Sólo el profesor P2 aportó una explicación más extensa sobre el papel de las hipótesis y teorías científicas, y más cercana al rol que tienen en la ciencia. Este profesor tiene una idea general sobre el rol y la naturaleza tentativa de las teorías, pero el nivel de explicación es simple y sin un fundamento epistemológico. A pesar de esto, la evidencia global muestra que el profesorado no reconoce el rol fundamental de las teorías e, incluso, las consideran como simples herramientas, es decir, un elemento auxiliar del proceso de hacer ciencias, que concuerda estrechamente con la actitud hacia la ciencia como instrumento visualizada en la definición y en los fines de la ciencia.

Los segmentos que se muestran son ejemplos de las opiniones aportadas por los profesores P1 y P2 en relación con este aspecto:

**Profesor P1:**

I: ¿Cuál es la importancia de las teorías en la ciencia?

P: De cara a la enseñanza, en clases, las menciono muy poco. Una teoría como otra es igual. Hay que buscar la que sea más fácil para ellos.

**Profesor P2:**

“Las teorías las hacen los científicos ¿no? Son modelos que nos sirven para comprender la realidad”.

(...)

“Los que demuestran las cosas, los que encuentran además una teoría que lo explique como funciona. Por ejemplo, te iba a explicar esto de la aspirina que quita el dolor de cabeza. No nos tenemos que conformar sólo con eso. Ciertamente quita el dolor de cabeza, eso se ha hecho, se ha experimentado. Se coge un grupo de control que se ha observado y se ve que sí, que les quita el dolor, pero también es importante encontrar cómo lo quita, es decir, un mecanismo. Actualmente se sabe y ya se sabía, que la aspirina funcionaba antes de encontrar la teoría que lo explique. Porque el mecanismo funciona, ahora sí que se sabe esto de las prostaglandinas y que inhiben la síntesis de prostaglandinas, algo que no dice la teoría todavía, aunque yo creo que sí estaba demostrado”.

Los datos aportados por las fuentes confirman la actitud del profesorado sobre este aspecto y es consistente también con la mostrada en los antecedentes aportados por los estudios sobre el tema. En general, el profesorado de ciencias tiene un escaso conocimiento y comprensión del papel que tienen estos tres aspectos en la ciencia, y, menos aún, de la relevancia de las teorías científicas, debido, también, a la escasa formación

epistemológica que ha recibido. Al respecto Duschl (2000 op.cit.) sostiene que, tanto el profesorado como el estudiantado, tienen una visión errónea de la naturaleza de las teorías científicas en tanto las consideran como “simples ideas” más que una explicación científica. Esta simplificación se encuentra también fundamentada en los libros de texto y enfatizada al referirlas con afirmaciones como “solo es una teoría” o también en la forma que son “lo que piensan los científicos”.

Desde la epistemología hay un acuerdo total en que las teorías científicas son fundamentales en la ciencia y tienen un rol fundamental en su desarrollo. Sin embargo, se reconoce que la enseñanza de las ciencias promueve una base conceptual imperfecta y errónea debido a la falta de comprensión de la naturaleza y papel de las teorías, a lo que se suman las carencias del profesorado para desarrollar actividades que permiten conocer y comprender el significado que tienen las teorías científicas en la ciencia y en el aprendizaje del estudiantado. Al respecto Duschl (2000 op.cit.) afirma que la enseñanza de las ciencias debe promover la comprensión de los procesos que han llevado a la elección de una teoría científica. En este proceso es fundamental aportar elementos del contexto histórico con el fin de promover una mejor reconstrucción de las actividades de consenso y disensión entre los científicos. Este autor señala que el desarrollo de estos aspectos permite “romper” con la enseñanza descontextualizada, incompleta, de producto final, y también con el desconcierto que produce en el estudiantado el cómo la ciencia ha llegado a elaborar el conocimiento científico que están aprendiendo.

Tal como se ha afirmado, la adecuada comprensión de las teorías científicas es uno de los aspectos que se consideran fundamentales para lograr la alfabetización científica. Desde sus inicios se plantea como un objetivo primordial el adecuado desarrollo de los grandes conceptos y teorías de la ciencia, y que el estudiantado desarrolle un nivel de comprensión que le permita aplicarlos correctamente en diversos contextos. Hay acuerdo en que una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia sólo se puede lograr si existe una adecuada comprensión de los conceptos y teorías que elabora la ciencia.

Los antecedentes aportados por la investigación didáctica sobre las líneas de investigación, que se vinculan con este estudio, confirman que es necesario que el profesorado incorpore en la enseñanza los aspectos epistémicos, históricos y sociológicos del conocimiento científico que enseña. En este sentido, incluir una correcta explicación de la naturaleza y rol de las teorías científicas es esencial, que en palabras de Duschl (2000) significa “poner de manifiesto la diferencia entre explicaciones y resaltar que no todas las cosas son iguales a la ciencia” (p.109).

**14.1.5 Quinta categoría. Relación ciencia y tecnología**

Variable	Cuestionario Actitudes	Entrevista
<b>Relación ciencia y tecnología.</b>	-La investigación científica conduce a aplicaciones prácticas. -La tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver cómo la ciencia puede ayudar a la tecnología. -Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa. -La tecnología es muy parecida a la ciencia. -La tecnología es la aplicación de la ciencia.	- La tecnología es la aplicación de la ciencia, por lo tanto, la tecnología es la que hace la actividad científica, si no hay tecnología, no hay ciencia (P1). - La ciencia permite que los tecnólogos apliquen a cosas que nos hacen la vida más cómoda (P1). - Ciencia y tecnología están muy relacionadas. La tecnología es la ciencia aplicada, primero es la ciencia y luego la tecnología (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia buena entre los datos de ambas fuentes, y muestran que el profesorado reconoce que hay alguna relación entre la ciencia y la tecnología. También hay concordancia en la visión ingenua que sostiene que la tecnología es la aplicación de la ciencia. Estas ideas se enfatizaron en la entrevista por los profesores P1 y P2, mientras que el profesor P3 no aportó información sobre este aspecto.

El nivel de concordancia de los datos también puede estar relacionado con la adecuada selección de los ítems de esta categoría, ya que las frases de los dos ítems del cuestionario COCTS seleccionados, expresan con claridad las ideas sobre relación entre la ciencia, tanto en sus aspectos adecuados como ingenuos.

Los siguientes segmentos de la entrevista muestran la visión ingenua que tienen los profesores sobre este aspecto:

**Profesor P1:**

“La tecnología es la aplicación de la ciencia, por lo tanto la tecnología es la que hace la actividad científica. Si no hay tecnología no hay ciencia. La ciencia está muy bien, porque permite que los tecnólogos la apliquen a cosas que nos hacen la vida más cómoda”.

I: ¿Te parece que es un fin importante de la ciencia mejorar la calidad de vida?

P1: Si, pero no es únicamente, si se entiende por calidad de vida disponer de más comodidades. No, se ha de tener más comprensión de lo que ocurre en la naturaleza, porque si no, podemos cargarnos la naturaleza teniendo muchas comodidades y eso va en contra nuestra.

**Profesor P2:**

I. ¿Otras disciplinas han conseguido lo que la ciencia ha logrado?

P2: No, ninguna. El derecho es muy importante, pero lo que ha conseguido la ciencia, de comprender y conocer cómo funciona el mundo, esto no lo ha conseguido el derecho ¿no? Todo, todo, cualquier cosa que mires aquí, todo es ciencia. Todo lo que nos ayuda es ciencia aplicada y técnica y nos ayudan a vivir mejor.

“Tecnología es ciencia aplicada. Para mí es igual no? (...). Si no se hubiese sabido lo de los electrones y los campos, no se hubieran fabricado los televisores”.

Los datos confirman que la tendencia en la actitud del profesorado acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología son consistentes con la mayoría de los antecedentes aportados por los estudios sobre el tema. La idea ingenua de la relación entre la ciencia y la tecnología tiene un fundamento epistemológico de tipo empirista y su énfasis en el aula refuerza los aspectos ingenuos sobre la propia naturaleza de la ciencia. Esta idea también se ha encontrado en la visión pragmática y antropomórfica del mundo.

Hay que considerar que, desde los inicios de la alfabetización científica, se ha reconocido la importancia de la relación entre la ciencia y la tecnología y que también se encuentra en el núcleo de la propuesta CTS. En ambas propuestas se reconoce que la enseñanza de las ciencias ya no puede ceñirse exclusivamente a una transmisión tradicional del conocimiento científico. Se señala que la enseñanza de las ciencias tiene la responsabilidad de considerar esta relación dentro de un marco más amplio en donde ha de estar presente el significado personal y social que tienen la ciencia y la tecnología, y la relación que se establece entre ambas (Acevedo, Vázquez, Manassero, & Acevedo, 2003). Uno de los objetivos es lograr que el estudiantado comprenda la relevancia de los aspectos éticos, axiológicos, culturales, sociales, ambientales, entre otros, que se ponen en juego cuando ambos conocimientos intervienen en la sociedad. Por tal razón, los antecedentes sobre el tema insisten que el profesorado requiere mejorar el conocimiento y comprensión de los aspectos conceptuales, procedimentales y afectivos implicados en esta relación. Además, porque el logro de estos grandes objetivos sólo se puede concebir a la luz de una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología.

### ***14.2 Triangulación de los datos de los factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente***

A continuación se presenta la triangulación de los datos provenientes de la observación cuantitativa, observación cualitativa y la entrevista sobre los factores de aula. En esta triangulación se han considerado las fuentes que han aportado datos relativos al papel de los factores de aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia: la observación cuantitativa, la observación cualitativa y la entrevista semiestructurada. Al igual que el apartado anterior, la triangulación se realiza para cada categoría de factores.

**14.2.1 Primera categoría. Aproximación a la instrucción del profesor**

Variable	Observación cuantitativa (Índice de la presencia de los factores del aula)	Observación cualitativa (Media de presencia)	Entrevista
Aproximación a la instrucción del profesor.	-0,15	-Frecuencia de preguntas. -Trabajo pasivo.	- Preguntas del profesor (P1). - Trabajo pasivo (P2).

Hay una concordancia alta entre los datos provenientes de las tres fuentes. Los datos aportados por la observación cualitativa y la entrevista apoyan el valor negativo del índice de los factores de aula de esta categoría. Los tres profesores enfatizaron en sus prácticas el desarrollo de actividades tradicionales, con una muy escasa presencia y variabilidad de factores instruccionales. Las tres prácticas se centraron en el desarrollo de una instrucción tradicional basada en el desarrollo de ejercicios y de cuestionarios. En general, las actividades se centraban en un proceso pasivo del aprendizaje, que se vio enfatizado por un casi nula cooperación entre el estudiantado. Estas características de la instrucción se evidenciaron en los resultados de la observación cuantitativa y cualitativa, pero también se mencionaron durante la entrevista. En la entrevista los profesores señalaron la lectura de textos, el repaso de la teoría y la resolución de ejercicios, como actividades relevantes a tener en cuenta en la práctica docente de ciencias. En la entrevista el profesor P1 mencionó la relevancia de las preguntas del profesorado, que es uno de los factores favorables para desarrollar la traslación de la naturaleza de la ciencia.

Chin (2007 op.cit.) llama la atención sobre el papel fundamental de las preguntas del profesor en el proceso de promover el desarrollo del pensamiento científico en el estudiantado. Los antecedentes aportados por esta autora afirman que la calidad de las preguntas que realiza el profesor a sus estudiantes debe cumplir ciertos requisitos, de lo contrario el proceso se transformara en una simple repetición de contenidos. El profesor debe estar capacitado para promover actividades progresivas a través de las cuales va aportando contenidos o ideas de mayor complejidad con el fin de promover en el estudiantado niveles superiores de razonamiento. Así, las

propias respuestas del estudiantado (como lo observamos en la práctica docente del profesor P2) se transforman en plataformas para impulsar este proceso. En palabras de esta autora “el profesor ayuda a construir un puente en el espacio que hay entre sus preguntas y el conocimiento base que tiene el estudiantado” (p.837).

Por otra parte, en la entrevista cada uno de los profesores justificó las estrategias de enseñanza que desarrollaban en sus prácticas docentes. Desde sus propias visiones, estas actividades eran las más adecuadas para lograr los objetivos que cada uno se había propuesto. Para los dos profesores de bachillerato, estas actividades permitían cumplir con todos los contenidos exigidos en las pruebas de selectividad. En cambio, para el profesor de enseñanza secundaria, las actividades que desarrollaba ayudaban a mejorar los hábitos de lectura del estudiantado. También llama la atención que los tres profesores entrevistados señalaron actividades instruccionales que no se evidenciaron durante las prácticas.

Los siguientes segmentos de la entrevista refuerzan las afirmaciones señaladas:

**Profesor P1:**

P1: Sí, el profesor en la universidad quiere pasar conocimiento, punto; sí el profesor de bachillerato quiere pasar conocimiento, punto; y sí, el profesor de secundaria quiere pasar conocimiento, bien y punto.

I: ¿El profesor es la clave?

P1: Exacto

I: ¿Aunque haya muchas propuestas de reforma?

P1: Yo he pasado por cuatro tipos de enseñanza y no he cambiado, me he adaptado. Unos me han legalizado más, otros menos, pero siempre he hecho lo mismo.

I: ¿Para tí también ha sido un proceso de aprendizaje?

P1: Al segundo año conversé conmigo mismo. Al año siguiente hice clases en tercero a los mismos alumnos y, si no hubiese sabido que era yo quien hizo esas clases, hubiese dicho que ese profesor era un inepto que no había enseñado

nada, pero, claro, yo sabía lo que había hecho y dije pues que algo había hecho mal.

Ellos (alude al estudiantado) tienen que hacer una serie de cosas, por ejemplo, un resumen sintético de lo que han estudiado, por lo tanto, tienen que esforzarse, comparar lo que pensaban con lo que han visto (...). Buscar información y contrastar lo que han sacado con lo que ponen en los libros de otros científicos que han visto (...). Entonces esas son consultas bibliográficas que tienen que hacer. Tienen que aprender a usar un cuaderno de apuntes de laboratorio, hacer muchas cosas, aprender a tomar apuntes, todo eso se valora. El ochenta por ciento son estas cosas.

**Profesor P2:**

“Hay que hacerles preguntas, una cosa importante. Y ponerles en cuestión las que creen ellos. Hacerles dudar, hacerles pensar”.

“Las asignaturas ahora son poco críticas. A los alumnos les hacemos aprender cosas de memoria y no les explicamos cómo se ha llegado hasta ahí. Ellos no se lo preguntan nunca. A veces tienes la sensación que les puedes explicar la ley de Newton, esto de  $F=m \times a$ , y podrías decir otra cosa y daría lo mismo, se lo aprenderían igual, por eso hay que insistir en la comprensión de las cosas. Cuando les digo “fuerza es igual a la masa por la aceleración”, no es solo una fórmula, hay que pensarla y, que quiere decir y tal. Analizar, porque si no parece que la ciencia sea igual que cualquier otra cosa”.

I: ¿Te preocupas de enfatizar ese aspecto en tus asignaturas?

P2: Lo intento.

I: ¿Y de qué manera?

P2: Con estos apuntes lo intento. Se intenta que el alumno vaya pensando un poco las cosas, en vez de decírselas. ¿Has visto los apuntes que tenemos de química? En vez de seguir un libro que viene todo muy explicado, aquí se intenta suplir la necesidad de determinadas definiciones.

**Profesor P3:**

“Yo, con una tiza, un borrador, una pizarra soy feliz”.

(...)

“Cada uno hace lo que puede. Unos lo harán a través del laboratorio y otros hacemos como Dios nos da a entender, que es a través de la lectura y a través de la escritura complementada con el laboratorio. Yo no veo otra manera ¿eh? Tratándose de una enseñanza obligatoria y, por lo tanto, para todos. El nivel de la enseñanza ha bajado enormemente estos últimos años, porque “cuando hay café para todos el café no puede ser de tan buena calidad”.

“Me preocupo de las faltas, de que lo hagan bien, y les pido que lo hagan de nuevo, esto es lo de transversalidad, que no sólo aprendan a leer, es decir, el gusto por la lectura, sino también, a escribir. Yo creo que si saben ciencias y no saben escribir les hacemos un flaco favor, ya que deben ir juntas las dos cosas”.

“La ciencia les da un cierto miedo (se refiere al estudiantado), creo que por la matemática y la química sobre todo. Vemos que las aulas de los bachilleratos humanísticos se llenan y por desgracia, estos últimos años han disminuido mucho en cantidad de alumnos (se refiere a los bachilleratos de ciencias naturales). Este año estudiantes de bachillerato de biología había media docena de alumnos en cada clase, y esto hace pensar un poco. Es que a la juventud de hoy le cuesta más esforzarse. Les da miedo pensar que después tendrán que ir a la universidad y hacer una carrera difícil, y que al finalizar tendrán dificultades al encontrar trabajo”.

Existen variadas opiniones de la influencia de las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia en su práctica docente. En este sentido, además de las aportaciones de Lederman (1986 op.cit.), Lederman y Druger (1985) y Lederman y Zeidler (1987 op.cit.) sobre los factores del aula, más recientemente Mellado *et al.* (2008) han discutido sobre este aspecto, donde se han encontrado consistencias entre sus

afirmaciones con la evidencia. De acuerdo a los planteamientos de estos autores, habría una relación entre las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica docente cuando las primeras son tradicionales, y, por el contrario, no habría relación cuando estas son constructivistas. Esta condición estaría explicando lo que creemos es la relación entre las actitudes ingenuas del profesorado sobre distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia con las actitudes mostradas hacia la instrucción, que también serían ingenuas o tradicionales. Así, concordamos con Contreras (2009) que esta relación siempre está presente, pero que su conocimiento se ve afectado por las variables y las perspectivas desde las cuales se estudian. La diferencia en los datos aportados por la observación y la entrevista también es consistente con las afirmaciones de este autor. La práctica docente es un proceso complejo que a veces puede ser coherente o no con las creencias que tiene el profesor sobre la ciencia y sobre su enseñanza y aprendizaje. Al respecto Contreras (2009. op.cit) afirma que es común encontrar diferencias entre lo que el profesor dice que hace y lo que hace en el aula, así como también “entre lo que cree que debe hacer y lo que cree que hace” (p.2). También las recientes aportaciones de Guisasola y Morentin (2007) complementan estas afirmaciones y señalan que estas contradicciones son obstáculos que tampoco se resuelven durante la formación inicial del profesorado. Estos autores han señalado que el estudiantado en formación inicial, además de tener ideas erróneas e incompletas sobre diversos aspectos de la ciencia, tampoco muestra una actitud reflexiva que conduzca a una mejor comprensión de éstas y de su relación con el trabajo que les corresponderá desarrollar en las aulas. Al respecto Vázquez, Acevedo & Manassero (2005) desarrollan una interesante reflexión sobre las implicaciones que está teniendo y tendrá en el estudiantado y en la sociedad la perpetuación de una enseñanza de las ciencias centrada en fines propedéuticos. Estos autores, a modo de conclusión, sostienen que, además de los peligros que puede tener el modelo propedéutico de enseñanza de las ciencias, hay otros menos conocidos y quizás más nocivos vinculados con una autopropetucción del mismo, debido a su capacidad para fagocitar rápidamente cualquier innovación en este ámbito.

### **14.2.2 Segunda categoría. Características del contenido específico**

Variable	Observación cuantitativa (Índice de la presencia de los factores del aula)	Observación cualitativa	Entrevista
Características del contenido específico del profesor.	-0,66	- Validación empírica. - Superficialidad.	- Validación empírica (P1). - Contextualización (P2). - Relativismo (P2). - Absolutismo (P2). - Justificación (P2). -P3 (No enfatiza)*

Hay una concordancia alta entre los datos aportados por las tres fuentes. Estos datos concuerdan en la deficiente presencia de los factores metacientíficos en las aulas de ciencias. Esta ausencia vendría dada por el desconocimiento de la propia idea de naturaleza de la ciencia y sobre los aspectos que la componen.

Los datos provenientes de la entrevista dejan ver que el profesorado tiene algunas ideas adecuadas sobre la ciencia, pero, de acuerdo a lo evidenciado en el cuestionario, la mayoría son incompletas, simplistas y otras claramente ingenuas. Algunos aspectos adecuados se expresaron de un modo implícito en el contenido de la entrevista en los profesores P1 y P2, pero se ha visualizado que el profesorado tiene contradicciones importantes acerca de lo que es la ciencia y su naturaleza. Estas contradicciones se visualizan a nivel epistemológico, histórico y sociológico.

Los siguientes segmentos de la entrevista aportan las ideas de la ciencia que tiene cada uno de los profesores:

**Profesor P1:**

“Se enseñan cosas simplistas que no pasan en física, como que si no hubiera aire, si no hubiera rozamiento, el “si no hubiera”. Entonces, el alumno no reconoce la realidad que le explican en clase. Entonces dicen, no sé lo que me están

contando, no entiendo nada; esto es un palo enorme y tengo que aprender un montón de problemas que no entiendo”.

“Pero la naturaleza de la ciencia es una manera de poder predecir, disfrutar de lo que hay a tu alrededor, o sea, lo que hace la ciencia es hacerte libre...”

I: ¿Explícitamente, enseñas la naturaleza de la ciencia en el aula?, y ¿Qué aspectos de la naturaleza de la ciencia?

P1: Una de las preguntas del último examen fue: ¿Qué has entendido de la ciencia? Y había una serie de pautas que ellos tenían que responder, en ESO. En bachillerato, no quieren que salga este tema, porque en la selectividad no sale! Si me dejaran, las pondría.

**Profesor P2:**

“Nunca llegamos a saber lo definitivo, lo último, a eso no llegamos. Porque siempre se va avanzando, modificando los conceptos científicos. Por ejemplo, la energía, el concepto es mucho más amplio, todo va evolucionando”.

“Esto de las ideas de Aristóteles, que el agua, que el fuego, pues eso, es importante que sepan un poco del fundamento de las ideas científicas”.

I: ¿Y cuál es ese fundamento?

P2: No el fundamento, sino cómo se ha llegado hasta allí. Cómo se ha llegado desde un camino largo, evolucionando, y no decirles simplemente la posición, no, a ver, vamos a hablar de la posición, y primero les pregunto a ellos ¿Qué es la posición? (...). Esto me parece que es muy interesante para los alumnos, como el movimiento.

Hubo dos mil años de Aristóteles hasta que llegó uno y dijo, a ver probémoslo, y llega Galileo y demuestra que todo esto era falso, esto me gusta explicarlo.

¿Cómo sabemos que el agua es un compuesto y no un elemento? Todavía hay una tira de gente que te habla de los cinco elementos. Ver alguna definición y ves que realmente

funciona. Yo creo que es el método mejor que tenemos de conocimiento, no hay ningún otro mejor que la ciencia.

Yo voy sobre la marcha. Hay cosas que son importantes de ver en el laboratorio y te explican que una mezcla se separa filtrando, pues lo haces, lo ves, y eso ya te queda. Pero hay otros que no, como el tema de las reacciones químicas, hacer cálculos de las sustancias, ¿Cuánto tengo que poner?, para esto el laboratorio no es ilustrativo, hay cosas para las que sí lo es.

I: ¿Y qué será más ilustrativo?

P2: Pues teórica, haciendo ejercicios en clases y eso. Hay cosas que explico que ya no están ni en los libros, porque se dan por supuestas, pero bueno a mí me gusta bastante insistir en esas cosas, de cómo se ha llegado a este conocimiento, qué pruebas hay de que esto es cierto.

**Profesor P3:**

I: ¿Enseñas algo de lo que es una teoría científica o del método científico a tus estudiantes?

P3: No, nos vamos directamente a resolver los contenidos que hay y son los mínimos obligatorios. Y procurar e intentar, que a pesar de la diversidad, todo el mundo trabaje. Esta es mi única obsesión, que nadie pueda decir yo he aprobado sin trabajar, que nadie pueda decir, yo en esta clase no hago nada y no me pasa nada. No señor, no, en esta clase tú por lo menos tienes que copiar y los demás van haciendo, que es el caso de aquel alumno especial (re refiere a un estudiante continuamente castigado por no realizar las actividades).

En esta categoría se observa una clara diferencia entre lo que los profesores hacen en el aula con lo que dicen que hacen. Los datos han mostrado una brecha importante entre lo que dice el profesorado qué es la ciencia y lo que enseña durante la práctica docente. En la entrevista los profesores P1 y P2 han recalado en aspectos de la ciencia que no se visualizaron, por lo menos explícitamente, durante sus prácticas. En parte, esta ausencia puede estar relacionada con la idea que tienen de la ciencia y

---

de la enseñanza de las ciencias. De las aportaciones de los profesores se infiere que hay un empobrecimiento de las ideas que tienen de la ciencia cuando éstas han de ponerse en práctica durante la instrucción. También se infiere que lo teórico es todo lo que se hace en el aula y no lo que se hace en el laboratorio, de ahí que las teorías científicas apenas se consideren durante la instrucción.

Los datos de las tres fuentes concuerdan con los aportados recientemente por Contreras (2009 op.cit.). Este autor observó que los docentes con actitudes más tradicionales sobre la ciencia mostraron acciones tradicionales en la práctica y también una mayor coherencia entre la teoría y la acción. De acuerdo a estas posturas, al parecer, es más común encontrar una mayor congruencia entre las visiones tradicionales de la ciencia, que se enseñarían implícitamente, y el modelo instruccional que enfatiza el profesorado. Porque, simplemente, el profesorado trabaja con lo que sabe y comprende, y, en este sentido, sus ideas de la ciencia parecen tener un peso importante. Esta puede ser también una posible causa del escaso énfasis en ideas actuales de la ciencia dentro de una práctica tradicional.

Aunque el profesor P2 durante la entrevista aportó contenidos que muestran un mayor grado de comprensión de la ciencia, en su práctica docente estas ideas se vieron escasamente representadas, ya que, al igual que los profesores P1 y P3, enfatizó la enseñanza de las ciencias desde la resolución de ejercicios. Mellado *et al.* (2008 op.cit.) aportan antecedentes consistentes con esta evidencia en el contexto de la enseñanza secundaria de España.

La relación entre los datos de la primera y segunda categorías se puede visualizar como un continuo de actitudes del profesorado sobre la ciencia y de cómo éstas se expresan o no durante sus prácticas docentes. Creemos que esta relación puede tener un significado importante para avanzar en la comprensión de las variables que están interviniendo en la traslación de la naturaleza de la ciencia en el aula. Así, un estudio longitudinal reciente, que cubrió un periodo de nueve años de seguimiento del estudiantado, ha dejado ver que, actualmente, la enseñanza de las ciencias no está preparando al estudiantado para aplicar el conocimiento

en un sentido productivo y útil para su vida diaria (Löfgren y Helldén, 2009). Los antecedentes que aportan sobre el estudiantado, tales como escaso manejo de los conceptos, pobreza en el nivel de explicación científica, deficiente aplicación de los conceptos, deficiente comprensión y uso de modelos científicos, entre otros, dejan ver que la enseñanza de las ciencias continúa omitiendo los aspectos fundamentales del conocimiento científico, sin los cuales difícilmente tendrá un verdadero sentido para el estudiantado. Estrechamente ligadas están también las aportaciones de Ben-David y Zohar (2009), quienes abordan la importancia de desarrollar estrategias basadas en actividades más acordes a cómo trabajan los científicos cuando hacen ciencia. Estos autores aluden a una adecuada comprensión de la metodología científica como un aspecto fundamental para promover en el estudiantado capacidades y habilidades que favorezcan una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico. Estos autores consideran que, el desarrollo de una estrategia que implique diversos procesos de la ciencia, parece ser significativo para el aprendizaje y el desarrollo de capacidades metacognitivas en el estudiantado. Cabe destacar que estos autores indican muchos de los procesos que han señalado Grandy y Duschl (2007) acerca de las nuevas consideraciones sobre la metodología científica que son de interés para la enseñanza de la ciencias, las que indudablemente sólo serán reconocidas a la luz de visiones y actitudes más acordes con la verdadera naturaleza de este aspecto de la ciencia y de la ciencia en general.

**14.2.3 Tercera categoría. Aproximación a la instrucción de profesor**

Variable	Observación cuantitativa (Índice de la presencia de los factores del aula)	Observación cualitativa	Entrevista
Características <b>no</b> instruccionales <b>del</b> profesor.	0,13	- Estimulación. - Desviación no instrucciona.	- No se enfatiza (P1). - No se enfatiza (P2). - Estimulación (P3). - Ilusión (P3). - Entusiasmo (P3). - Motivación del profesor (P3).

Hay una concordancia moderada entre los datos provenientes de las tres fuentes que puede deberse a los escasos factores que componen esta categoría. La concordancia se establece por el valor positivo del índice global para esta categoría, que se refuerza con los datos de la observación cualitativa y que, sin embargo, no se reflejan del mismo modo en la entrevista. En la entrevista, el profesor P3 aportó factores que formarían parte de esta categoría y que se presenciaron en las prácticas de los tres profesores, aunque los profesores P1 y P2 no hicieron mención de factores de esta categoría.

El profesor P3 afirmó que la actitud del profesorado tiene un rol importante en la enseñanza de las ciencias y que puede tener influencia en el aprendizaje del estudiantado. Este profesor vierte ideas sobre la desvinculación entre lo que el sistema educativo considera importante, y lo que el profesorado necesita realmente para mejorar y persistir en la tarea educativa. Este profesor señala que es necesario promover perfeccionamientos, más en aspectos humanos, que de la disciplina de ciencias, ya que sobre ella, señala, el profesorado ya sabe bastante.

El siguiente segmento muestra la opinión del profesor P3, que enfatiza en aspectos de esta categoría:

**Profesor P3:**

“En España hay un problema con la educación. Muchos profesores han perdido la ilusión y cuando los profesores pierden la ilusión estamos perdidos. La ilusión, entusiasmo y reírse. Aunque conozco profesores muy serios que tenían electrizados a los alumnos en las clases y los alumnos adoraban sus clases de filosofía”.

“Hay profesores que no se han sabido adaptar a la LOGSE, y siguen siendo dogmáticos dando sus clases magistrales. Los profesores hemos tenido que espabilarnos a buscar motivaciones para al mismo tiempo, motivar a los alumnos. Como por ejemplo, buscan en el texto, sienten el gusto de buscar y están motivados”.

I: ¿Como notas eso?

P3: Se nota en sus caras. Ellos lo dicen. Esto lo hice, era difícil, es un positivo ¿eh?

P3: Yo creo que mejorar la motivación del profesor debería ser una de las tareas de la administración que debería proponerse. La administración dice que los profesores estén motivados. (..). Y que se realizaran cursillos de reciclaje. Si no necesitamos reciclarnos en conocimientos, los conocimientos ya los tenemos.

Lo que no sabemos es tratar a los chicos. Hay un tribunal para latín, hay diecisiete plazas y hay trescientos candidatos. ¿Qué hacer? Pues se le pone unas pruebas muy difíciles, quedan unos superdotados que llegan al aula y son fracasados porque los alumnos sólo necesitan un poco de cultura clásica.

Si el problema es que nadie sabe cómo motivar a los profesores.

Y si no hay ganas de aprender, hay que estimularlos de alguna manera.

I: ¿Cómo se motiva a los alumnos?

P3: Esto es trabajo de cada profesor. Los alumnos deben estar motivados, premisa número uno.

Hay estudios que mencionan que, acerca de “cómo se siente” el profesor, es una variable crítica y un prerrequisito para el esfuerzo que significa promover una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia en el estudiantado (Lederman, 1995 op.cit.). Otros datos derivados de aspectos más generales, pero también centrados en el ámbito de la afectividad, señalan que la confianza del profesorado para explicar los contenidos que ha de enseñar es un factor esencial para el desarrollo de estrategias efectivas en el aula de ciencias (Kind, 2009). Esta autora concluye que las características personales del profesorado parecen tener un rol importante para desarrollar una práctica docente adecuada, y que se encuentran por encima de la experiencia docente en el sentido de perfeccionamientos y formación especializada que pueda haberse desarrollado.

Aunque los antecedentes sobre la influencia de las características personales del profesorado en la traslación de la naturaleza de la ciencia apenas existen, sí es posible extrapolar los efectos que parecen tener en la enseñanza del contenido científico. Este antecedente nos lleva a plantear que, el profesorado que no conoce o no se ha formado adecuadamente en los aspectos epistemológicos y/o históricos y sociológicos de la ciencia, difícilmente explicitará este tipo de contenidos durante su práctica docente.

Antes se ha mencionado que un adecuado desarrollo de la alfabetización científica se construye sobre numerosos factores, en donde la dimensión afectiva tiene un lugar importante. El ejercicio de enfatizar temas de orden sociocientíficos promueve una forma de pensamiento de razonamiento informal, que se encuentra ligado a los componente cognitivo y afectivo (Dawson y Venville, 2009).

Es indudable que en el aula la inclusión explícita de los aspectos sociales y culturales de la ciencia requiere nuevas formas de enfrentar la práctica docente, y, desde esta perspectiva, la actitud del profesorado es fundamental. Hay que tener en cuenta que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y de los aspectos sociocientíficos requiere de competencias que no siempre han estado presentes en el aula de ciencias tales como el diálogo, los valores democráticos, el consenso y el respeto a los puntos de vista personales, entre otros, y que forman parte del mundo afectivo del profesor y sus estudiantes. La adecuada expresión de estos aspectos permitirá ver al estudiantado que también forman parte de la ciencia y que tienen un rol importante en su evolución personal. De ahí que se plantee que la humanización de la enseñanza de las ciencias lleva implícita la necesidad de promover en el profesorado y estudiantado ideas que permitan expresar una nueva forma de enfrentar su actuación en el aula para la que no están adecuadamente preparados.

**14.2.4 Cuarta categoría. Características de los estudiantes**

Variable	Observación cuantitativa (Índice de la presencia de los factores del aula)	Observación cualitativa	Entrevista
Características de los estudiantes.	0,14	- Compromiso activo. - Atención. - Preguntas no solicitadas.	- Compromiso de los estudiantes (P1). - Preguntas de los estudiantes (P2). - Motivación de los estudiantes (P3).

Hay una concordancia moderada entre los datos aportados por las tres fuentes de información. Hay que tener en cuenta que las observaciones cuantitativa y cualitativa han mostrado una presencia favorable de factores, pero el profesorado ha considerado que el estudiantado muestra una fuerte desmotivación, especialmente en la ESO. Las observaciones cuantitativa y cualitativa han mostrado una actitud favorable del estudiantado, que no concuerda con los datos aportados por los antecedentes, que advierten en el desinterés que tiene hacia la ciencia.

En la entrevista los profesores P1 y P2 han mencionado que perciben diferencias en la actitud del estudiantado de la enseñanza secundaria obligatoria y de bachillerato. Desde la perspectiva de estos profesores, el estudiantado de bachillerato muestra una actitud más favorable, que contrasta con la actitud menos favorable del estudiantado de la ESO. Sin embargo, esta diferencia no se ha observado notoriamente en los datos aportados por las observaciones cuantitativa y cualitativa, aunque esta afirmación es una de las creencias que tiene el profesorado acerca del estudiantado.

Hay que considerar que, en la entrevista, los profesores P1 y P2 no aludieron directamente a factores asociados con esta categoría, sino que señalaron más bien el “deber ser” del estudiantado, que la realidad que, según ellos, se vive en las aulas. Esta actitud puede estar relacionada con la idea que el estudiantado de bachillerato ya está, o debe estar, automotivado, y por tal razón es posible que hayan desestimado este factor. En cambio, el profesor P3, que ha realizado docencia

exclusivamente en la enseñanza secundaria, ha señalado que la motivación del profesorado y del estudiantado son fundamentales.

El mayor o menor valor que otorga el profesorado a los aspectos de esta categoría probablemente se relacione con la actitud que tiene hacia los distintos niveles de la enseñanza. Las diferencias entre la evidencia aportada por las observaciones y por la entrevista puede deberse a que perciben diferencias en los roles del profesorado de la ESO y de bachillerato. De acuerdo con sus opiniones, el primero debe ajustarse a fines y objetivos “menos ambiciosos” y “menos exigentes” respecto del profesorado de bachillerato. Esta actitud reforzaría la visión propedéutica de los cursos más avanzados de la enseñanza secundaria y, más aún, de bachillerato, y que también estaría vinculada a una visión tradicional de la ciencia y de su enseñanza, y en el rol que tiene la ciencia para el estudiantado.

En los siguientes segmentos se exponen opiniones de los tres profesores que aluden a características del estudiantado:

**Profesor P1:**

“En bachillerato se supone que todo está conseguido, al menos por la mayoría, y entonces los que deciden son ellos - los estudiantes-. Entonces eres un asesor técnico de lo que ellos quieran hacer”.

I: ¿Teniendo en cuenta el currículo?

P1: Y cómo hacer la clase. Ellos son muy duros, son más duros con ellos que con nosotros. Lo único que tienes es: oye este tema de campo nosotros no sabemos cuanto dura, tú eres el asesor, tú haznos una propuesta de calendario donde más o menos lo típico que les suelen pedir, que es el esfuerzo de cada evaluación, sea más o menos el mismo, que no tengamos que apretar mucho al final del curso (...). Piden que todo se haga tipo selectividad.

I: En el aula el énfasis es en resolución de problemas (son ejercicios)

P1: Sí, porque ellos lo decidieron.

I: ¿Qué valor le das a las preguntas que hacen los estudiantes?

P1: Pues que las investiguen.

I: Tu intención no es que tú respondas.

P1: Ah no, pues hay trozos de la materia que se trabaja pero la redescubren ellos, pero yo no les doy la respuesta jamás, no tiene sentido.

Es el estudiante el que ha de tener ganas. El problema no es que sea física o química, el problema es que a la persona no le interesa formarse.

**Profesor P2:**

P2: El interés del alumno, el hecho que la educación sea obligatoria, y que todos tengan que pasar por lo mismo, yo creo que es negativo.

I: ¿Para quién?

P2: Para ellos.

I: ¿Y el profesor?

P2: Para el profesor también. Nuestro trabajo es mucho más desagradable ahora que antes.

Y bueno, me gusta eso, que se pregunten cosas, que no se lo crean directamente, que a lo mejor los estoy engañando.

Una gran mayoría el único contacto que tiene de esas cosas es con nosotros, porque no se miran nada científico, somos nosotros. Intento que sean un poco críticos, pero la escuela no es crítica.

Bueno, pues, les pregunto a ellos. Hacemos preguntas, pero ya con unas preguntas ya dirigidas, que ellos vayan a entender cómo se ha llegado a ese concepto, lo intento, pero bueno.

I: Y, ¿Cuál es la respuesta de los estudiantes?

P2: Los veo bien a los de física o química de bachillerato. La ESO, la ESO es otra cosa, yo los veo bien, creo que les gusta.

I: ¿Y en la ESO?

P2: En la ESO, tú ya sabes que tanto les da lo que tú les digas. No quieren estudiar, no quieren hacer nada, están aquí porque están obligados, entonces es muy difícil. A la ESO se va más para aprender cositas de memoria, también intentando que sean críticos, pero que aprendan pues qué es un elemento químico, qué es un compuesto, que sepan qué es el agua. Cosas de cultura, así un poquito general.

**Profesor P3:**

“Yo he vivido ya siete u ocho planes de estudio. Cada vez el nivel más bajo. Cada vez más medios, eso sí, por parte de la administración, pero por parte del alumnado menos interés, y menos ganas de trabajar. Estamos en la lucha para fomentar las ganas de trabajar”.

El estudiantado que estuvo presente en las prácticas de los tres profesores, con distintas edades y niveles (desde tercero de ESO a segundo de Bachillerato), mostró niveles muy similares en la presencia de factores, por lo tanto, es posible que la actitud del estudiantado en el aula no se relacione con el nivel de enseñanza y, tampoco, con el nivel de comprensión de la naturaleza de la ciencia del profesorado. La aportación de Dogan y Abd-El-Kalick (2008) concuerda con esta afirmación. Estos autores desarrollaron un estudio amplio con estudiantado de enseñanza secundaria de Turquía. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre la relación de factores como la motivación y el logro en el aula, con las actitudes del estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia. Esta similitud se debería a la escasa comprensión que tiene el profesorado de la naturaleza de la ciencia y que, en muchos casos, es similar a la del estudiantado. La evidencia que obtuvieron ha mostrado que el nivel de comprensión que tiene el profesorado no es suficiente para mejorar las actitudes del estudiantado, pero que las actitudes de éste sí se ven afectadas por el nivel educativo de los padres y el nivel de desarrollo del medio socioeconómico y cultural en que viven. Los resultados señalaron que el estudiantado con padres con altos niveles educativos, que viven en zonas más desarrolladas del país, mostraron actitudes más adecuadas

acerca de la naturaleza de la ciencia respecto del estudiantado con padres con bajos niveles educativos y que viven en zonas menos desarrolladas y más alejadas de la oferta cultural y educativa.

Los antecedentes muestran también cuál es el nivel de impacto que puede tener la enseñanza de las ciencias en el estudiantado, al mismo tiempo que evidencian el papel que puede llegar a tener el profesorado para mejorar la comprensión y lograr el objetivo de alfabetizar adecuadamente en y sobre ciencia.

#### ***14.2.5 Quinta categoría. Atmósfera de la clase***

Variable	Observación cuantitativa (Índice de la presencia de los factores del aula)	Observación cualitativa	Entrevista
Atmósfera de la clase	-0,1	- Disciplina. - Tiempo de espera.	- No enfatiza (P1). - Relaciones (P2). - Disciplina (P3). - Diversidad (P3).

Hay una concordancia moderada entre las tres fuentes de datos. El dato negativo aportado por la observación cuantitativa se ha reforzado con los datos provenientes de la observación cualitativa y la entrevista. En la entrevista los profesores P2 y P3 mencionan factores relacionados con esta categoría, pero, en cambio, el profesor P1 no mencionó este aspecto en la entrevista. En la entrevista, el profesor P2 señaló la importancia de mantener buenas relaciones entre el profesor y el estudiantado para desarrollar adecuadamente la enseñanza. El profesor P3, aunque sostiene una postura similar, también enfatiza la disciplina como un factor importante para mantener una atmósfera adecuada en el aula de ciencias, y sobre el cual aporta una extensa respuesta. Este profesor también ha recalcado la influencia de la diversidad cultural del estudiantado en la atmósfera del aula (hace referencia especialmente a las distintas nacionalidades del estudiantado). Según este profesor, este es un factor a tener en cuenta para el clima del aula, ya que ejercería alguna influencia en el rendimiento escolar. Desde la perspectiva del profesor P3, este factor influye desfavorablemente en el clima del aula.

Los siguientes segmentos de las entrevistas muestran las opiniones del profesorado sobre los aspectos centrales de esta categoría:

**Profesor P2:**

“Me importan las buenas relaciones dentro del aula. El clima del aula me preocupa, pero ya no si el padre o la madre están separados o qué sé yo. Para mi todos son iguales, todos están allí para aprender. No me implico, además no hay tiempo. El programa es muy extenso. En segundo de bachillerato tienes la obligación por la selectividad, porque luego viene el estudiante a reclamarte y te dice: mira me preguntaron esto. No puedes explicar muy bien las cosas, porque no tienes tiempo y tienes que pasar a un tema y otro tema. Esto lo hago en primero, ahí me demoro más, que queden los conceptos claros para segundo. Pero en la ESO, mira el texto son 275 páginas”.

**Profesor P3:**

P3: Las ciencias son principalmente prácticas y, sin embargo, es lo que menos se está haciendo. En la ESO sí, lo primordial es la disciplina, antes no lo era.

I: ¿Y qué pasa si dejas de preocuparte de la disciplina?

P3: Sería horroroso, porque ante todo, los microscopios han de estar en buenas manos. Los alumnos, como en tecnología, que los alumnos cogen una sierra y a la que te distraes un poco, empiezan a serrar la mesa, claro, no puede ser. Hay que estar muy atento a la disciplina y hacer grupos reducidos.

I: ¿Tú crees que es el rol del profesorado estar atento a la disciplina?

P3: Por desgracia es básico y elemental, porque si no, la ciencia no se puede impartir. Y bueno, hacemos prácticas sencillas para aprender a enfocar un ala de mariposa. Les encanta, sobre todo vigilando que no dañen la preparación. Hay que estar muy, muy atento. Desgasta mucho al profesor esto, fatiga mucho. Pero claro, en grupos mayores de veinte

ya no puede hacerse, por esto el año que viene que serán quince o dieciséis en el primero A.

P3: Unos no pueden y otros no quieren y esto hace que la clase esté formada por tal diversidad de alumnos que a los pobres profesores es lo que más les deprime. Tenemos un treinta por ciento de alumnos que son alumnos normales, escuchan, escriben y estudian, pero el otro tercio, que si estudiara, se lo sacaría, no quiere.

I: ¿Ellos lo explicitan?

P3: Todo esta supeditado al comportamiento.

I: ¿No hay otra alternativa?

P3: No hay otra alternativa. La disciplina es imprescindible, sin disciplina no se va a ninguna parte. Y esto ahora lo empiezan a descubrir algunos profesores, pero con las novedades de las nuevas leyes parecía que la disciplina no tenía ninguna importancia, y el profesor que no domina la clase no puede trabajar, y si no puede trabajar, la clase será un manicomio.

Hacemos un primero A, de alumnos buenos, un primero B de alumnos flojos y el aula abierta de los peores. Tres niveles. Así de simple. Mejor dicho cinco aulas. El aula de acogida para los hispanos que les inculcan el catalán. Y otra aula de acogida para los alumnos no hispanos. Resulta que teníamos un chino, un pakistaní recién llegados que no se enteraban de nada y que, claro, no podían estar con los hispanos. Esto está previsto por la ley, entonces haremos un primero A, que será un primor. Con lo bueno y lo mejor y entonces podremos subir al laboratorio podremos disfrutar de las ciencias.

Los estudios sobre la influencia del clima del aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia son muy escasos. Sin embargo, creemos que es un aspecto que es necesario tener en cuenta con el propósito de facilitar al profesorado la enseñanza de estos contenidos, más aún cuando se reconoce que la enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia es el camino más viable para promover su mejor comprensión (por ejemplo, Abd-El-Kalick, 2005, op.cit; Abd-El-Kalick y Lederman, 2000b op.cit., entre otros). Como

todo proceso de enseñanza y aprendizaje, la traslación de la naturaleza de la ciencia es un proceso social. De ahí que requiere una permanente interacción, clarificación, y la construcción de significados y de acuerdos, que se ven influidos por el clima que producen las personas que intervienen en dicho proceso.

Así, el profesor y sus estudiantes construyen dicha atmósfera y son los que hacen posible que el aula tenga un clima que puede ser efectivo o no para la adecuada construcción de los contenidos metacientíficos. La traslación de la naturaleza de la ciencia es un proceso de comunicación que ocurre necesariamente en un contexto que se construye colectivamente. Y, aunque la actitud del estudiantado es relevante, la del profesor es esencial para que dicha construcción sea realmente efectiva. Se ha señalado antes que la alfabetización científica implica una disposición emocional para desarrollar las distintas ideas que la conforman, y este es otro de los argumentos que fundamentan la relevancia que tiene la actitud del profesorado en el aula.

### ***Síntesis del capítulo***

La triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos de las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia del profesorado y de los factores de aula, ha mostrado que los datos aportados por las distintas fuentes fueron mayormente concordantes. Esta concordancia ha permitido confirmar que las tendencias observadas cuantitativamente fueron muy similares a las observadas cualitativamente. Esta triangulación ha dejado ver que la mayoría de las actitudes del profesorado se encuentran fundamentadas en ideas tradicionales de la ciencia, y que estas ideas se encuentran también formando parte de los fundamentos epistemológicos de sus prácticas docentes. Al mismo tiempo, los datos de los factores de aula mostraron la misma tendencia, y han confirmado que el profesorado tiene un conocimiento elemental de los aspectos que pueden desarrollar durante su práctica docente con el propósito de promover la traslación de la naturaleza de la ciencia.

La evidencia aportada por la triangulación indica que la enseñanza de las ciencias ha desarrollado escasamente los objetivos que propone la

---

alfabetización científica. Esta afirmación se sostiene en los resultados de las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia, así como también por las características de las prácticas docentes, visualizadas a través del análisis de los factores de aula.

De los resultados aportados por el análisis de las actitudes y de los factores de aula, se infiere que en las aulas de ciencias no se desarrollan objetivos orientados a mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia. También que durante la práctica hay un escaso o nulo desarrollo de objetivos y contenidos orientados a promover la alfabetización científica del estudiantado. No obstante, de acuerdo a la evidencia, hay un desarrollo muy básico de estos aspectos, que alcanzan a cumplir un nivel primario de alfabetización científica. Las características de las actitudes del profesorado y estudiantado, y de la práctica docente, permiten el desarrollo de un nivel nominal y funcional de alfabetización científica según la clasificación aportada por Trowbridge *et al.* (2004). Se puede inferir que hay un nivel nominal en el sentido que la docencia desarrolla una comprensión corriente y simple de la ciencia y que, sin embargo, es funcional, ya que el estudiantado parece estar capacitado para utilizar términos científicos y comprender contenidos científicos aportados por los medios de comunicación. Es decir, hay una cierta comprensión del conocimiento científico, pero con una limitada profundización, que les impide aplicarlo a nuevos contextos e incluso en su vida cotidiana.

La síntesis de los resultados cuantitativos y cualitativos nos permite conducir este proceso a su etapa final, en la cual se exponen las conclusiones y las diversas consideraciones que emanan del estudio.

## ***CAPITULO 15. CONCLUSIONES, IMPLICACIONES, LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS INVESTIGACIONES***

A modo de cierre de esta tesis exponemos las conclusiones finales de este estudio y las consideraciones que creemos pueden ser una aportación al conocimiento de las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia y sobre los factores de aula que se relacionan con su traslación durante la práctica docente.

Hemos intentado aportar datos interesantes para tener una mejor comprensión de las ideas que fundamentan las actitudes del profesorado y estudiantado sobre distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia, así como también para clarificar el papel que pueden jugar diversos factores de aula en el desarrollo de estas ideas en la enseñanza. Creemos que la relevancia que tiene la naturaleza de la ciencia dentro del marco de la enseñanza de las ciencias para su mejora, y también para avanzar hacia el logro de alfabetizar científicamente al estudiantado, debería manifestarse en un conocimiento profundo de las variables que obstaculizan su comprensión. Nuestros resultados han mostrado que hay una brecha muy amplia, que es necesario estrechar para avanzar en el logro de dichos objetivos.

Los referentes teóricos de esta tesis permiten comprender el papel que tiene la naturaleza de la ciencia dentro del marco de la alfabetización científica y en la enseñanza de las ciencias. La comprensión del lugar que deben ocupar en la enseñanza de las ciencias la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia, permite ampliar la mirada del significativo rol que tiene la educación científica en el contexto de la sociedad del siglo XXI. Por tal razón, creemos que los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia deberían incorporarse en la práctica de aula, del mismo modo que lo están los contenidos científicos, pero para el logro de este objetivo es un requisito fundamental que el profesorado esté adecuadamente formado en este campo.

Así, teniendo como base el marco teórico fundamentado en numerosos aspectos derivados de la investigación didáctica y las aportaciones de las metadisciplinas que dan apoyo a la naturaleza de la ciencia y la evidencia obtenida, presentamos las conclusiones del estudio y los distintos aspectos relevantes que la configuran.

### ***15.1 Conclusiones por objetivos de la investigación***

A continuación se expone el conjunto de conclusiones derivadas de cada uno de los objetivos de la investigación.

#### **Conclusiones para el objetivo 1**

Describir e interpretar las actitudes del profesorado de ciencias de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato acerca de la naturaleza de la ciencia.

Los resultados del análisis de los datos recogidos a través del cuestionario han mostrado que las actitudes del profesorado tienen distintos grados de adecuación con las ideas de la naturaleza de la ciencia, que se consideran fundamentales para la enseñanza de las ciencias. De acuerdo con los supuestos iniciales y los aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio acerca de las actitudes del profesorado, se puede precisar lo siguiente:

**Conclusión 1: Hay un nivel deficiente en el conocimiento y comprensión de la naturaleza tentativa de la ciencia.** La evidencia global muestra una tendencia de las actitudes del profesorado fundamentadas en ideas simplistas, incompletas y también ingenuas sobre este aspecto de la ciencia. De un modo más específico, se concluye que el profesorado:

**Conclusión 1.1: Tiene una actitud débilmente adecuada hacia la idea de la ciencia como un conocimiento sujeto a cambio y revisión.** Aunque el profesorado ha mostrado en algunos aspectos

específicos algún grado de comprensión que la ciencia es dinámica y sujeta a cambios, la tendencia general es omitir ideas que aluden a la naturaleza cambiante de la ciencia. El profesorado omitió ideas adecuadas sobre este aspecto, pero, en cambio, mostró una mayor identificación con ideas ingenuas y más acordes con los modelos más tradicionales aportados por la epistemología. A pesar de cierto grado de comprensión del profesorado, persisten ideas de la ciencia como un conocimiento absoluto e infalible.

**Conclusión 1.2: Tiene una actitud ingenua acerca del papel de la evidencia empírica y de la validez de las explicaciones científicas.** El profesorado mostró actitudes contradictorias acerca del papel de las predicciones en la ciencia y una actitud ingenua al vincular los procesos de la ciencia con el método científico. La actitud del profesorado sobre este aspecto confirma el supuesto basado en la visión que la ciencia trabaja con un método científico riguroso y único, y como tal, aporta rigurosidad e infalibilidad al conocimiento científico.

**Conclusión 1.3: Tiene una actitud ingenua acerca de la subjetividad de la ciencia.** La tendencia más común en la actitud del profesorado fue la de considerar que la ciencia es objetiva. Las actitudes del profesorado se mostraron más orientadas hacia ideas que enfatizaban la objetividad de los procesos de la ciencia y en el propio conocimiento científico. El profesorado mostró esta misma actitud hacia la influencia de las características personales de los científicos. En cambio, hubo actitudes menos definidas acerca del proceso de aceptación de una teoría científica, mostrando una actitud claramente contradictoria sobre este aspecto. Los resultados confirman el supuesto que enfatiza que la ciencia es objetiva, absoluta, ajena a la influencia de los errores presentes en la actividad científica y libre de la influencia de factores como las ideas, percepciones y teorías personales de los científicos y del contexto sociocultural en que se desarrolla.

**Conclusión 1.4: Tiene una actitud ingenua acerca de la influencia del contexto social y cultural en la actividad científica.** La mayoría de las respuestas del profesorado sobre este aspecto se orientaron a considerar que la ciencia y la sociedad se encuentran muy poco

vinculadas entre sí. El profesorado no reconoce la influencia de los aspectos sociales, educativos y culturales en la dirección que sigue la investigación científica. Niega que las características de cada país influyan en la ciencia y, en cambio, acepta que la ciencia es objetiva y que, debido al método científico, se desarrolla de igual manera en cualquier parte. La percepción más cercana al vínculo entre la ciencia y la sociedad hace referencia a una relación unidireccional dada por las aportaciones económicas que hace la sociedad a la ciencia para desarrollar investigación. La tendencia en la actitud del profesorado confirma el supuesto que el profesorado considera que la ciencia se encuentra descontextualizada y que es socialmente neutra, lo que significaría que no reconoce las complejas relaciones que establece la ciencia con muchos de los componentes de la sociedad.

**Conclusión 2: El profesorado tiene actitudes ingenuas acerca de la metodología científica.** La actitud del profesorado sobre este aspecto de la ciencia muestra que hay una tendencia a considerar que existe un método científico universal. Las actitudes del profesorado hacia ideas específicas de este aspecto han mostrado énfasis en señalar que la actividad científica se desarrolla en base al método científico, que sigue las etapas clásicas donde la observación tiene un rol central. De esta percepción emana la actitud ingenua, que afirma que este supuesto método científico permite que la ciencia sea universal y objetiva. La actitud del profesorado sobre este aspecto confirma el supuesto sobre la visión del profesorado que el conocimiento científico es el resultado de la aplicación de un método científico caracterizado por un conjunto de etapas a seguir mecánicamente.

**Conclusión 3: El profesorado tiene una idea ingenua acerca de la observación científica.** El profesorado ha mostrado deficiencias importantes en la comprensión del rol de la observación en la ciencia. La actitud se orientó a considerar la observación como el proceso central de la actividad científica, que se basa en la visión que es objetiva e independiente de la teoría previa. El profesorado ha enfatizado la visión inductiva de la ciencia, según la cual los científicos “extraen” el conocimiento científico a partir de este proceso. Sin embargo, se observó

una actitud más adecuada sobre la inferencia científica, ya que ha reconocido que la ciencia sigue criterios más subjetivos a la hora de organizar y clasificar la naturaleza. La tendencia general en la actitud confirma diversos supuestos que hacen énfasis en la objetividad de los procesos de la ciencia y en el papel central de la observación, al no considerar el papel fundamental que tienen las teorías en el desarrollo de la ciencia y de la actividad científica.

**Conclusión 4: Una actitud contradictoria y más cercana a una visión ingenua del rol y naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes de la ciencia.** De acuerdo a los resultados obtenidos en esta categoría, el profesorado identificó algunas ideas adecuadas sobre la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes científicas, pero la tendencia mayoritaria fue la de reconocer las ideas más ingenuas sobre este aspecto. Hay una actitud contradictoria acerca de la naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes, ya que ha considerado que se inventan, y a la vez, que se descubren por los científicos. También, ha mostrado una actitud ingenua, puesto que ha desestimado el papel de las teorías científicas al considerar que los aspectos empíricos y los procesos más tradicionales del método científico son los elementos centrales de la actividad científica. Aunque se observaron algunas actitudes más informadas, la tendencia concuerda con la visión ingenua plasmada en el mito que alude a la existencia de una relación jerárquica entre las hipótesis, teorías y leyes científicas.

**Conclusión 5: Hay una actitud global contradictoria y más cercana a una visión ingenua acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología.** El profesorado ha reconocido que la ciencia y la tecnología se encuentran relacionadas, pero ha mostrado una actitud ingenua, al considerar que la ciencia y tecnología son similares o muy parecidas. La actitud del profesorado sobre este aspecto confirma el supuesto que propone el mito que el profesorado considera que la ciencia y la tecnología son parecidas y que la ciencia conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas.

## Conclusiones para el objetivo 2

Describir e interpretar las actitudes del estudiantado de tercero y cuarto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de primero y segundo de Bachillerato de Ciencias acerca de la naturaleza de la ciencia.

Los resultados de las actitudes del estudiantado muestran una fuerte tendencia ingenua en la mayoría de las actitudes. Ha mostrado algunas actitudes específicas más acordes, pero siempre combinadas con otras ingenuas, empobreciendo la actitud global. La actitud global muestra que el estudiantado tiene deficiencias importantes en el conocimiento y comprensión de la mayoría de los aspectos metacientíficos del contenido científico que aprende. De acuerdo con los supuestos iniciales y los aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio, se puede concluir lo siguiente:

**Conclusión 6: El estudiantado tiene deficiencias en el conocimiento y comprensión de la naturaleza tentativa de la ciencia.**

La evidencia ha mostrado que el estudiantado tiene actitudes ingenuas sobre la mayoría de los aspectos que configuran el carácter tentativo que tiene la ciencia. De un modo más específico se concluye que el estudiantado:

**Conclusión 6.1: Tiene una actitud global ingenua basada en la idea de la ciencia como un conocimiento objetivo y lineal.** Los resultados han mostrado que el estudiantado tiene una idea limitada para definir la ciencia. Al mismo tiempo, las actitudes enfatizan una postura ingenua, ya que considera que la ciencia es más objetiva que subjetiva. También mostró una actitud ingenua acerca del progreso de la ciencia, ya que ha reconocido que la ciencia avanza añadiendo nuevos conocimientos a los existentes. Esta tendencia confirma el supuesto basado en la literatura que enfatiza la idea que la ciencia progresa a través de la acumulación y de un crecimiento lineal del conocimiento científico. Estas posturas se oponen a otras más informadas que resaltan la idea de la ciencia como un conocimiento relativo y sujeto a cambio y revisión.

**Conclusión 6.2: El estudiantado tiene una actitud simple acerca del papel de la evidencia empírica y de la validez de las explicaciones científicas.** Los resultados han mostrado que el estudiantado define de un modo muy deficiente este aspecto de la ciencia. El estudiantado mostró algunas actitudes adecuadas, pero la actitud global muestra que hay un escaso conocimiento acerca de la ciencia, de sus procesos y del papel que tienen las explicaciones científicas.

**Conclusión 6.3: Hay una actitud contradictoria y simplista basada en una idea que la ciencia es de naturaleza objetiva.** Los resultados muestran que el estudiantado ha identificado algunas ideas adecuadas que muestran la naturaleza subjetiva de la ciencia, pero también ha identificado ideas ingenuas, que aluden a una objetividad y al carácter absoluto del conocimiento que elabora la ciencia. La tendencia en la actitud es muy pobre en ideas sobre este aspecto. Aunque hay algunas actitudes más informadas, se observan actitudes basadas en ideas ingenuas y tradicionales, que indican deficiencias en el conocimiento y comprensión de la verdadera naturaleza de la actividad científica.

**Conclusión 6.4: Hay una actitud simplista y cercana a posturas ingenuas sobre la influencia del contexto social y cultural en la actividad científica.** Los resultados han indicado que el estudiantado tiene una actitud global simple y deficiente en muchos aspectos de la relación que se establece entre la sociedad y la ciencia. Hay una tendencia a considerar al método científico como el factor que “rige” la actividad científica, que hay una relación unidireccional entre la sociedad y la ciencia, basada en las aportaciones económicas que hace la sociedad a la ciencia, y que la ciencia se encuentra ajena a la influencia de las empresas y a los fines económicos que persiguen. En general, las actitudes muestran que el estudiantado tiene deficiencias en el conocimiento y comprensión que la ciencia forma parte de la sociedad y está influenciada por sus corrientes, valores y normas. Estas actitudes concuerdan con visiones ingenuas, que enfatizan en una idea descontextualizada de la actividad científica.

**Conclusión 7: Hay una actitud ingenua acerca de la metodología científica, que se basa fundamentalmente en la existencia del método científico universal.** Las actitudes del estudiantado se basan en ideas que fundamentan la visión del método científico tradicional. El estudiantado cree en la existencia de un método científico, al que considera como el elemento central de la actividad científica. Hay una clara tendencia a considerar el supuesto aportado en el mito que afirma que hay un método científico universal, conformado por una serie de etapas centradas, esencialmente en procesos empírico-inductivos. También ha considerado que la creatividad de los científicos es un elemento de la ciencia, pero no ha identificado si ésta forma parte de procesos más amplios, o también es otra idea que fundamenta la visión que posee de la metodología científica. Hay un nivel muy simple en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la metodología científica, ya que tampoco reconoce las etapas básicas del modelo de método científico más tradicional.

**Conclusión 8: El estudiantado tiene una actitud contradictoria, simplista e ingenua de la observación e inferencia científica.** De acuerdo a los resultados, en el estudiantado prevalecen actitudes fundamentadas en ideas inductivas de la ciencia. Ha considerado que la observación es un proceso objetivo, que no está influenciado por factores externos a la ciencia. Sin embargo, ha mostrado una actitud más informada y adecuada sobre la inferencia científica, aunque también ha mostrado ideas contradictorias, ya que se identificó como un proceso que es, a la vez, objetivo y subjetivo. En el estudiantado están presentes ideas que enfatizan la visión acerca de la observación como un proceso relevante de la ciencia que es objetivo e infalible.

**Conclusión 9: Hay una actitud ingenua del rol y naturaleza de las hipótesis, teorías y leyes de la ciencia.** Los resultados obtenidos muestran que el estudiantado tiene ideas ingenuas sobre la naturaleza y el rol de las hipótesis, teorías y leyes, ya que ha considerado que se descubren por los científicos, que evolucionan según en grado de comprobación hasta conformar una ley científica, y que, por esta razón, se

relacionarían jerárquicamente entre sí. Esta actitud confirma el supuesto derivado del mito que afirma que las hipótesis, teorías y leyes son formas de un mismo conocimiento, que evolucionan en función de la comprobación empírica. Por esta razón, se establece una jerarquía entre sí, donde las hipótesis se encontrarían en el nivel más bajo y las leyes serían el resultado final de dicho proceso.

**Conclusión 10: El estudiantado tiene una actitud ingenua de la relación entre la ciencia y la tecnología.** Sobre este aspecto los resultados han mostrado que el estudiantado tiene deficiencias importantes en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la tecnología y de su relación con la ciencia. Esta actitud se manifiesta en la escasa identificación de ideas sobre la relación entre la ciencia y la tecnología, y también por considerar como única opción que la tecnología es la aplicación de la ciencia, que es una de las ideas erróneas más comunes transmitida en la enseñanza de las ciencias. La actitud global muestra un grado importante de desinformación, desde sus aspectos más generales a los más específicos, y deja ver la deficiente atención que se presta a este aspecto. La carencia de ideas sobre este aspecto permite afirmar la necesidad de promover una mayor y mejor explicitación de contenidos que impliquen el vínculo entre ambas formas de conocimientos.

### **Conclusiones para el objetivo 3**

Describir las similitudes y diferencias en las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio.

Los resultados han mostrado que las actitudes del profesorado y del estudiantado se aproximan en la mayoría de los aspectos de la naturaleza de la ciencia. En algunos aspectos el profesorado mostró actitudes levemente más favorables respecto del estudiantado, pero que, a grandes rasgos, no afectan la tendencia global. La evidencia indica que poseen una visión análoga, fundamentada en ideas incompletas, contradictorias e ingenuas sobre la mayoría de los aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio. De la evidencia se infiere que el profesorado y

estudiantado comparten una base común de ideas sobre la ciencia y, salvo algunas excepciones, éstas configuran la mayoría de sus actitudes. Para cada uno de los aspectos de esta categoría se puede concluir lo siguiente:

**Conclusión 11: El profesorado y estudiantado tienen actitudes muy próximas sobre la naturaleza tentativa de la ciencia.** Los resultados han mostrado que para este aspecto las actitudes del profesorado y estudiantado concuerdan ampliamente, y, aunque se encontraron algunas excepciones, la mayoría se fundamentan en ideas similares. Así, para cada aspecto de esta categoría se puede señalar:

**Conclusión 11.1: Acerca de la idea de la idea de cambio y progreso de la ciencia.** El profesorado mostró una actitud débilmente adecuada, que contrasta con la actitud ingenua que mostró el estudiantado. El profesorado ha considerado, aunque muy débilmente, que la ciencia es relativa y cambiante. En cambio, el estudiantado ha mostrado una actitud global ingenua, basada en la idea que la ciencia es objetiva, el conocimiento científico es absoluto, y, también, que la ciencia progresa por acumulación del conocimiento.

**Conclusión 11.2: Acerca de la evidencia empírica y la validez de las explicaciones científicas.** El profesorado y el estudiantado tienen una actitud muy similar, ya que han relacionado estos aspectos con procesos de la ciencia que forman parte de las etapas más clásicas del método científico. Sobre este aspecto, tanto el profesorado como el estudiantado, parecen tener un escaso conocimiento y comprensión del rol que tiene la evidencia empírica y las explicaciones científicas en la ciencia.

**Conclusión 11.3: Acerca de la naturaleza subjetiva de la ciencia.** Para este aspecto el profesorado y estudiantado han mostrado distintas actitudes. El profesorado ha considerado que la ciencia es objetiva y ajena a la influencia del contexto social y de las características personales de los científicos. Sin embargo, el estudiantado ha considerado algunas ideas acordes combinadas con otras ingenuas. No obstante, sus actitudes son igualmente simples y pobremente fundamentadas.

**Conclusión 11.4: Acerca de la influencia del contexto social y cultural.** El profesorado y el estudiantado han mostrado actitudes muy similares, basadas en ideas ingenuas y simplistas, ya que han valorado deficientemente la influencia del contexto social y cultural en la actividad científica. También, han mostrado una actitud similar, ingenua, basada en la idea de una relación unidireccional entre la sociedad y la ciencia, acotada esencialmente a la aportación económica que hace la sociedad a la ciencia. El profesorado y el estudiantado han considerado que hay un método científico que aporta a la ciencia una supuesta universalidad y objetividad. Ambos grupos comparten una base común de ideas que se encuentran muy vinculadas con el método científico universal. Estas actitudes dejan ver que hay aspectos fundamentales de la ciencia sobre los cuales es necesario prestar una mayor atención en la formación del profesorado.

**Conclusión 12: Acerca de la metodología científica.** El profesorado y estudiantado tienen actitudes similares, ingenuas, fundamentadas en la idea del método científico tradicional. El profesorado y estudiantado han considerado que la ciencia tiene un método científico universal, y que el método científico es el método de la ciencia, aunque el estudiantado ha mostrado una actitud mejor informada, ya que ha considerado que la creatividad y la imaginación de los científicos se encuentran presentes durante este proceso. En el profesorado y el estudiantado hay una fuerte persistencia de las ideas empíricas e inductivas. Estas actitudes les impiden visualizar que la actividad científica tiene una dinámica que implica el desarrollo de una amplia variedad de procesos y no reconocen que la ciencia es relativa y subjetiva, en tanto es una actividad realizada por personas.

**Conclusión 13: Acerca de la observación e inferencia científica.** El profesorado y estudiantado han mostrado una actitud similar, contradictoria e ingenua del papel de la observación e inferencia científicas. El profesorado y el estudiantado han identificado la observación como el proceso central de la ciencia y que es objetivo, infalible e independiente de la teoría. Aunque ambos grupos han reconocido con mayor fuerza la subjetividad de la inferencia científica, la actitud global se

encuentra más vinculada a ideas inductivas y simplistas sobre estos procesos.

**Conclusión 14: Acerca del rol de las hipótesis, teorías y leyes de la ciencia.** El profesorado y el estudiantado han mostrado una actitud muy parecida, contradictoria y más cercana a una visión ingenua. Aunque el profesorado ha reconocido algunas ideas adecuadas, sus actitudes y las del estudiantado han mostrado la misma tendencia, ya que han considerado que hay una supuesta relación jerárquica entre las hipótesis, teorías y leyes, y que el grado de comprobación empírica permitiría la evolución de una hipótesis hasta una ley científica. También han mostrado una actitud similar por la escasa atención que han prestado a las teorías científicas, dejando ver la falta de conocimiento y de comprensión del rol que tienen en la ciencia.

**Conclusión 15: Acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología.** El profesorado y estudiantado han mostrado actitudes parcialmente similares, incompletas e ingenuas. El profesorado ha mostrado una actitud simple e incompleta acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología al considerar que la tecnología es la aplicación de la ciencia. El estudiantado ha mostrado una actitud similar, aunque con niveles más deficientes en el conocimiento y comprensión respecto al profesorado, ya que no ha identificado un mínimo de ideas sobre la estrecha relación entre ciencia y tecnología. Las actitudes del profesorado y del estudiantado muestran un grado importante de desinformación y de comprensión de los aspectos esenciales de ambas formas de conocimiento. Estas deficiencias les permiten identificar aquellas ideas ingenuas que forman parte del conocimiento de sentido común. Esta tendencia en las actitudes del profesorado y del estudiantado indica la necesidad de promover y desarrollar formación docente y actividades de enseñanza y aprendizaje orientadas a mejorar la comprensión de estos aspectos para promover con su énfasis el conocimiento, la comprensión, las habilidades y las competencias que se vinculan con la alfabetización científica y tecnológica del estudiantado.

### Conclusiones para el objetivo 4

Examinar si las actitudes del profesorado ejercen influencia en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula.

La evidencia ha mostrado que en la práctica docente que realizó el profesorado estaban implícitas, y en menor medida explícitas, numerosas ideas que se encontraron formando parte de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia. Esta evidencia fue notoria en aspectos vinculados con las características instruccionales del profesor, en el contenido específico que alude al contenido metacientífico, dada la clara ausencia de ideas acordes con los planteamientos de la epistemología, historia y sociología de la ciencia, y en factores relacionados con el clima del aula. De acuerdo a la evidencia aportada por el análisis cuantitativo y cualitativo de los factores de aula analizados a partir de las prácticas de aula se exponen las siguientes conclusiones:

**Conclusión 16:** En la práctica docente se encuentran implícitas las ideas que fundamentan la mayoría de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. Los resultados cualitativos mostraron que durante las prácticas docentes los factores de aula, tales como el discurso del profesor, las tareas, las actividades, las estrategias y los recursos, entre otros, tenían una base epistemológica similar y estaban muy vinculados con las ideas empíricas e inductivas que se encontraron en la base de la mayoría de las actitudes del profesorado (y del estudiantado). De un modo más específico se afirma que:

**Conclusión 16.1:** La práctica docente se fundamenta principalmente en ideas derivadas del modelo empírico e inductivo de la ciencia. Durante la práctica docente el profesorado desarrolla una enseñanza de las ciencias que enfatiza una imagen de la ciencia como archivo, ideas de la metodología que son propias del método científico universal, y la relevancia que tiene para el profesorado de física y química los aspectos matemáticos del contenido por encima de los aspectos teóricos. Esta forma de enfocar la enseñanza estaría influida por las ideas

ingenuas que fundamentan las actitudes sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia, en especial las que aluden a la metodología científica.

**Conclusión 16.2: En la práctica docente hay un énfasis importante de los procesos asociados al método científico tradicional.** Durante la práctica docente el profesorado ha mostrado una tendencia a reforzar, ya sea a nivel teórico o práctico, la idea que la ciencia se basa fundamentalmente en la aplicación del método científico universal. Muchas de las actitudes que ha mostrado el profesorado durante el desarrollo de la práctica docente parecen derivar de los aspectos relacionados con la metodología científica y, en particular, de aquéllos que fundamentan la visión del método científico más tradicional.

### Conclusiones para el objetivo 5

Describir e interpretar la influencia que ejercen diversos factores de aula en la traslación de los aspectos de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud.

Los resultados han mostrado que hay factores de aula que pueden facilitar u obstaculizar la traslación de la naturaleza de la ciencia. La presencia o ausencia de determinados factores de aula estaría muy relacionada con las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia y de las que el profesorado no es totalmente consciente. El profesorado durante la práctica promueve factores, que, la mayor parte de las veces, impiden el desarrollo explícito de ideas metacientíficas sobre el contenido científico que enseña. Sobre este aspecto se proponen las siguientes conclusiones:

**Conclusión 17: La traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente esta influida por las actitudes del profesorado y por la presencia o ausencia de determinados factores de aula.** Los resultados cualitativos y cuantitativos permiten afirmar que las actitudes ingenuas del profesorado y la falta de conocimiento y

comprensión sobre distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia afectan la traslación de estas ideas durante la práctica docente.

**Conclusión 17.1: Las actitudes ingenuas o menos informadas del profesorado impiden la presencia de factores de aula que favorezcan una adecuada traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente.** Los resultados mostraron una mayor presencia de factores que se pueden vincular con ideas empíricas e inductivas de la ciencia. Las actitudes ingenuas del profesorado guían la práctica docente, promoviendo factores de aula que impiden la traslación de la naturaleza de la ciencia. La deficiente presencia de factores de aula, vinculados con las características instruccionales del profesor, con el contenido específico, con las características personales del profesor, y con el clima del aula, se vincularía con las actitudes ingenuas del profesorado sobre la ciencia, y, en particular, con las actitudes que tiene acerca de la metodología científica.

**Conclusión 17.2: Durante la práctica docente el profesorado refuerza implícita y explícitamente ideas ingenuas acerca de la ciencia.** Cuando el profesorado desarrolla la enseñanza del contenido científico, transmite implícita y explícitamente ideas ingenuas de la ciencia. La traslación de sus ideas de la ciencia ocurre por medio del discurso, por ejemplo, cuando simplifica una teoría científica, reduciéndola y quitándole el valor y rol que tiene en la ciencia; de las actividades de enseñanza, basadas en la realización de ejercicios y basados en cálculos matemáticos; de los recursos, que sólo permiten desarrollar actividades simples; y de la forma de evaluar el aprendizaje, centrado en la memorización, en el desarrollo de ejercicios y problemas. Por lo tanto, en la práctica docente hay un refuerzo permanente de las ideas tradicionales de la ciencia, especialmente de aquéllas que forman parte de los modelos empírico, inductivo y lógico-matemático.

**Conclusión 17.3: Hay una práctica docente característica cuando hay deficiente información y comprensión de la naturaleza de la ciencia y de los aspectos metacientíficos asociados al contenido.** La deficiente comprensión de los aspectos metacientíficos y de

la naturaleza de la ciencia se expresa en una forma de práctica docente característica. Este tipo de práctica muestra un énfasis en los aspectos lógico-matemáticos (en el caso de la enseñanza de la física y de la química); una presentación simple, sintética e incompleta del conocimiento científico (se observó en las prácticas de física, química y biología); una casi total ausencia de aspectos que forman parte del contexto de descubrimiento del conocimiento científico, especialmente en lo que se refiere a su contextualización histórica y social. Muestran también, una ausencia de factores asociados a cómo se produce el conocimiento que se está enseñando, los valores y la ética de la ciencia, el rol que tiene la ciencia en la sociedad y la cultura, así como una ausencia de relación del contenido con la vida personal del estudiantado y, de un modo importante, muestran el papel pasivo que se le adjudica al estudiantado en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Así, el profesorado guía la práctica con las pocas ideas metacientíficas que conoce y comprende. Son estas actitudes las que impiden una mayor profundización en otros aspectos de la ciencia que forman parte, justamente, del contexto epistemológico, histórico y sociológico que se reconoce como fundamental para la enseñanza de las ciencias y la alfabetización científica del estudiantado.

**Conclusión 17.4: En la práctica docente el contenido científico se enseña descontextualizado de los aspectos históricos y sociológicos.** En la práctica docente el profesorado no tiene en cuenta los aspectos históricos y socioculturales relacionados con el conocimiento científico que enseña. La omisión de este aspecto se relacionaría con las ideas ingenuas que guían su práctica docente. Estas ideas obstaculizan una visualización de la ciencia vinculada a su contexto social, educativo y cultural, especialmente por la idea objetiva que tiene de la ciencia, debido a la fuerte identificación con las ideas que fundamentan el modelo del método científico universal. La falta de información y comprensión de muchas ideas que conforman la noción actual de la naturaleza de la ciencia le lleva a omitir y a desestimar muchos aspectos que conforman la ciencia, obstaculizando una mejor comprensión de la actividad científica.

**Conclusión 17.5: En la práctica docente están ausentes la mayoría de los aspectos de la naturaleza de la ciencia que se consideran relevantes para mejorar la enseñanza de las ciencias y promover la alfabetización científica del estudiantado.** En la práctica docente la enseñanza del conocimiento científico se desarrolla desde una perspectiva tradicional, que no tiene en cuenta los aspectos actuales de la naturaleza de la ciencia mostrándose aún muy lejana de la epistemología, historia y sociología de la ciencia. Esta ausencia se ve reflejada por el énfasis en la transmisión mecánica, simplista e incompleta del conocimiento científico y de la actividad científica, obstaculizando el desarrollo de una adecuada y amplia comprensión de la ciencia y el acercamiento a una construcción de conceptos, habilidades, aptitudes y valores propios de un estudiantado científicamente alfabetizado, y que también impide la evolución del rol docente del profesorado de ciencias, limitando su quehacer en el aula al de un simple transmisor del contenido elaborado por los científicos.

***15.2 Algunas consideraciones acerca de las actitudes del profesorado y del estudiantado, y sobre los factores de aula relacionados con la traslación de la naturaleza de la ciencia***

Nos ha parecido apropiado incluir algunas consideraciones acerca de las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia y sobre los factores de aula en estudio. En primer lugar exponemos algunas ideas sobre las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia en ambos grupos de la muestra y en segundo término sobre los factores de aula.

**A) Las actitudes del profesorado y estudiantado acerca de la naturaleza de la ciencia**

Los resultados han mostrado que el profesorado y estudiantado tienen actitudes muy similares sobre la mayoría de los aspectos de la naturaleza de la ciencia considerados en el estudio. En ambos grupos se encontraron actitudes adecuadas o más favorables y acordes con los actuales planteamientos de la naturaleza de la ciencia, sin embargo hubo una fuerte presencia de ideas ingenuas en todas las categorías.

El profesorado y estudiantado comparten una actitud muy parecida sobre la naturaleza de la ciencia. Esta analogía se observó en las ideas adecuadas e ingenuas sobre la mayoría de los aspectos. La excepción fue visible en la relación entre la ciencia y la tecnología en la cual el estudiantado mostró actitudes más deficientes, lo que sugiere, tienen un desconocimiento importante sobre este aspecto.

El profesorado y estudiantado definen la ciencia, fundamentalmente, a partir de los conocimientos que produce la investigación científica. También admiten que la ciencia cambia y progresa; que es, al mismo tiempo, objetiva y subjetiva; que hay una relación unidireccional entre la sociedad y la ciencia; que hay un método científico universal y objetivo; que la observación científica es objetiva y, en cambio, la inferencia científica es más subjetiva; y que las hipótesis, teorías y leyes son formas distintas de un mismo conocimiento inicial, que puede evolucionar a partir de la comprobación, y, por lo tanto, se relacionan jerárquicamente. En la relación ciencia y tecnología el profesorado y estudiantado han concordado que la tecnología es ciencia aplicada y que sus conocimientos son muy similares, aunque el estudiantado mostró una actitud mucho más ingenua y muy deficiente en el conocimiento y comprensión de esta relación.

La mayoría de los resultados obtenidos estuvieron en concordancia con los antecedentes aportados por la literatura. Así, la mayoría de las actitudes menos adecuadas, incompletas e ingenuas se pudieron enmarcar dentro de las visiones deformadas y en los mitos que transmite la enseñanza de las ciencias, y que se han señalado en los supuestos iniciales del estudio.

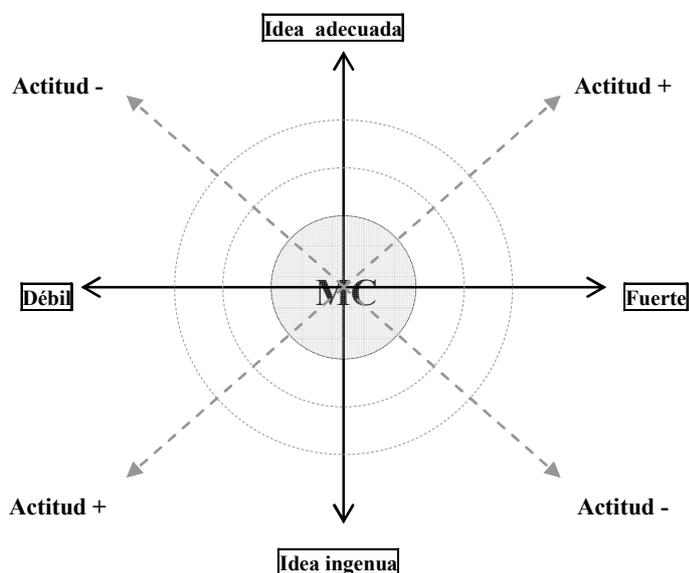
Los resultados específicos mostraron que la mayoría de las actitudes del profesorado y estudiantado se encuentran fundamentadas en ideas simples, rudimentarias e incompletas sobre la naturaleza de la ciencia. Estas ideas visión comunes forman parte de los modelos empírico, inductivo ingenuo y positivista de la ciencia.

Las actitudes del profesorado y estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia están muy vinculadas a la noción del método científico universal y objetivo. Tanto en el profesorado como en el estudiantado se observó una fuerte tendencia a relacionar la ciencia con

el método científico tradicional, que parece estar considerado como el elemento central de la actividad científica. De ahí que afirmemos que las actitudes del profesorado y del estudiantado sobre la metodología científica, representadas por un método científico universal y objetivo, sean el núcleo a partir del cual se generan y construyen las ideas y actitudes sobre los otros aspectos de la ciencia. Desde esta perspectiva, la idea de ciencia vinculada a la visión de un método científico único parece ser la base sobre la cual se han construido las actitudes o ideas sobre los otros aspectos de la ciencia.

El esquema de la figura 48 representaría la idea que afirmamos Y ayudaría a explicar la combinación de ideas y actitudes adecuadas e ingenuas, así como las actitudes contradictorias o, también, fuertes o débiles que han mostrado los resultados.

**Figura N° 48. Influencia de la idea del método científico en las actitudes acerca de la naturaleza de la ciencia**



(MC: método científico)

Esta propuesta también explicaría la interdependencia entre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Creemos que esta variable puede ser un aspecto relevante a tener en cuenta, especialmente desde las perspectivas de mejora de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia

La evidencia ha indicado que las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia tienen un acervo común. Creemos que este acervo común se origina más allá de la escuela y de la propia formación del profesorado, y se encuentra relacionada con una cosmovisión que pudo originarse por la influencia de los múltiples factores que ha modelado la sociedad occidental en los últimos doscientos años en relación con la ciencia. Se han encontrado algunos antecedentes que es necesario tener en consideración, ya que muestran alguna relación entre las visiones sobre la ciencia y la visión del mundo que sustenta el profesorado. Es probable que, por tal razón, sea tan complejo lograr cambios y mejoras en las ideas, concepciones o actitudes sobre la naturaleza de la ciencia.

### **B) Los factores de aula que influyen en la traslación de la naturaleza de la ciencia**

Otro objetivo relevante del estudio fue examinar los factores de aula que pueden influir en la traslación de la naturaleza de la ciencia durante la práctica docente del profesorado de ciencias. Los resultados mostraron que hubo una escasa presencia de factores que favorecerían la traslación de ideas, contenidos o aspectos sobre la naturaleza de la ciencia. Estas deficiencias fueron muy visibles en factores asociados con las características instruccionales del profesorado, con las características del contenido específico, y con el clima del aula. En cambio, los factores relacionados con las características no instruccionales del profesorado y las características del estudiantado mostraron las tendencias más positivas.

La evidencia mostró que la traslación de la naturaleza de la ciencia puede verse afectada por la presencia o ausencia de factores relacionados con las características de la instrucción y con el clima del aula. La escasa presencia de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en la práctica docente puede ser una consecuencia de las actitudes ingenuas del

profesorado. Creemos que es muy complejo encontrar el límite entre, lo que son las ideas del profesorado sobre la ciencia, y lo que son las ideas sobre la enseñanza de las ciencias. De ahí que creemos que las actitudes que tienen sobre la ciencia promueven estilos de enseñanza que les conducen a promover formas específicas o particulares de desarrollar la instrucción y sobre en qué contenidos centrar la atención.

La evidencia ha mostrado que las actitudes empíricas, inductivas ingenuas y positivistas del profesorado influyeron en la forma en que desarrollaron sus prácticas docentes. En este sentido, consideramos que las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia, especialmente en las ideas sobre el método científico, han tenido un papel importante en las decisiones para seleccionar las actividades instruccionales. Al fin de cuentas, sus actitudes sobre la ciencia y sobre la enseñanza parecen tener un mismo fundamento epistemológico. Por tales razones las ideas y actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia juegan un rol importante en promover o impedir la transmisión de la naturaleza de la ciencia durante la práctica de aula.

Los resultados obtenidos han mostrado que la presencia de determinados factores de la instrucción puede tener algún papel en la traslación de los aspectos de la naturaleza de la ciencia. Estos factores estarían asociados con características instruccionales del profesorado, que formarían parte de “una buena práctica docente” en el aula de ciencias. Estos factores, como las preguntas de alto nivel, la contextualización, las preguntas del profesor, facilitarían la apertura de “rutas” que permitirían conducir la instrucción hacia una mayor profundización del contenido, hasta llegar al nivel de metareflexión necesario hasta iniciar el desarrollo de este tipo de ideas en el estudiantado. Sin embargo, los resultados también han mostrado que el profesorado de ciencias no alcanza a desarrollar el nivel de profundización necesario, tanto por sus propias actitudes acerca de la ciencia, como por la presión por avanzar adecuadamente con el programa y por el desconocimiento del papel que tienen los aspectos metacientíficos en el aprendizaje del contenido específico y en el desarrollo de una visión amplia de la ciencia y de los valores que aporta a la vida personal y social, entre otros aspectos

igualmente relevantes. En el profesorado de ciencias y en el aula, es posible encontrar numerosos factores importantes para avanzar adecuadamente en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la ciencia (el entusiasmo, la actitud positiva hacia los estudiantes, los propios estudiantes, el entusiasmo por el contenido que enseña), pero la escasa preparación del profesorado sobre este tema le impide ir más allá de las actividades que desarrolla comúnmente en el aula.

### ***15.3 Consideraciones finales***

Los resultados obtenidos han permitido conocer la escasa evolución de las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia, más aún cuando éstas han mostrado una diferencia mínima con las actitudes del estudiantado. Estos resultados apoyan los antecedentes y los supuestos iniciales, ya que la gran mayoría de las actitudes se han encontrado fundamentadas en ideas tradicionales, simples e incompletas, que forman parte de los modelos empírico, positivista e inductivo ingenuo. Cuando se observó alguna actitud más adecuada, ésta estaba, comúnmente, combinada con ideas más ingenuas o plausibles, que debilitaban la tendencia favorable.

Las actitudes del profesorado y estudiantado sobre los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia se encontraron muy interconectadas por la idea del método científico universal y objetivo. Esta idea del método científico parece estar muy arraigada entre el profesorado y estudiantado, y creemos que actúa como el núcleo alrededor del cual se han construido las actitudes hacia otros aspectos de la naturaleza de la ciencia. Esta forma de entender la ciencia parece tener una influencia importante en la manera en que el profesorado desarrolla la docencia, de ahí el énfasis observado en determinados factores propios de los modelos didácticos de transmisión-recepción y de descubrimiento, que tienen un fundamento epistemológico empírico-inductivo, similar al de sus actitudes sobre la ciencia.

Los resultados han permitido aportar una posible explicación a la escasa relevancia que otorga el profesorado a los aspectos metacientíficos durante la práctica docente. Es probable que la omisión de los aspectos de la naturaleza de la ciencia en las prácticas de aula se relacione con las

actitudes ingenuas, simples, incompletas y, en algunos casos, contradictorias que ha mostrado el profesorado. De alguna manera, estas actitudes parecen guiar o influir en las decisiones del profesorado sobre su tarea educativa. Así, el resultado de dichas decisiones se orientaría en un énfasis y una relevancia en los aspectos que concuerdan con sus ideas (que son los que conoce y comprende), y en la omisión de aquellos aspectos que no concuerdan con éstos, porque no los conoce, ni comprende o, si tiene algún conocimiento, no ha encontrado un punto común con su práctica y con los contenidos que enseña.

#### ***15.4 Implicación de los resultados de la investigación***

Los resultados obtenidos permiten ampliar el conocimiento sobre las actitudes del profesorado y estudiantado sobre la naturaleza de la ciencia. Esta investigación también es una aportación a un mejor conocimiento del papel que tienen las actitudes del profesorado durante la práctica de aula, así como el grado de influencia que ejercen diversos factores de aula en la traslación de la naturaleza de la ciencia. En este sentido, la mayoría de las actitudes del profesorado y estudiantado confirman los antecedentes que afirman la presencia de ideas ingenuas sobre la ciencia, que están fundamentadas en modelos tradicionales como el empírico, positivista e inductivo ingenuo.

El desarrollo de este estudio ha permitido tener una mejor comprensión del papel central que tiene la idea del método científico en las actitudes del profesorado y estudiantado. Igualmente, se ha encontrado que esta idea de la metodología científica está muy ligada a las tareas que promueve el profesorado durante la práctica docente, de ahí el fuerte énfasis observado en los aspectos lógico-matemáticos, en la evidencia empírica, en la experimentación, en la idea de exactitud y ausencia de errores, y en la escasa relevancia otorgada a los aspectos teóricos del conocimiento que se enseña. Este conocimiento ha permitido establecer que muchas actitudes del profesorado son un obstáculo que impide un mejor desarrollo de la enseñanza del conocimiento científico y de sus aspectos metacientíficos.

Por otra parte, la evidencia aportada por las distintas categorías de análisis nos lleva a dirigir la atención a las múltiples ideas que configuran los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia. Por ello, creemos que los estudios sobre las actitudes de la naturaleza de la ciencia y de los factores de aula deberían desarrollarse sobre aspectos más específicos, ya que, dada la importancia que tiene cada uno de ellos, por su propia complejidad y por la multiplicidad de ideas que les configuran, necesitan de un conocimiento profundo que, además, se ha de unir con el conocimiento de la práctica docente. Aunque reafirmamos el rol central del profesor y de sus actitudes, la enseñanza del contenido metacientífico requiere de muchos otros factores que es necesario tener en consideración. Por esta razón, sería muy difícil llegar a proponer un planteamiento o generalizaciones acerca de las actitudes del profesorado y estudiantado sin tener en cuenta el rol que tienen muchos factores que se expresan durante la práctica docente.

Teniendo en cuenta que las actitudes del profesorado pueden ser un obstáculo importante para promover cambios en la enseñanza de las ciencias y para promover la alfabetización científica del estudiantado, sería conveniente desarrollar cursos especializados en el tema, cuyo punto central sean los aspectos que aluden a la metodología científica. Creemos que el desarrollo de una formación que tenga como punto de partida las propias ideas del profesorado, en su mayoría basadas en el método científico universal y exacto, facilitaría el proceso de comprensión de otros aspectos de la naturaleza de la ciencia. Como parte de la formación también sería necesario incluir aspectos relacionados con la cosmovisión del profesorado, ya que parece tener implicaciones en las actitudes que tienen sobre la ciencia. Y, todo este proceso en estrecha relación con actividades y su aplicación en el aula, que pueden apoyarse en el conocimiento de los factores de aula implicados en la traslación de la naturaleza de la ciencia.

En otro sentido, el desarrollo de una metodología basada en los enfoques cuantitativos y cualitativos ha permitido enriquecer el conocimiento de los temas tratados, ya que la mayor parte de los estudios se centran en la obtención de numerosos datos cuantitativos. Aunque los

datos aportados por el cuestionario han permitido confirmar, ampliar y profundizar en el conocimiento existente, la inclusión del enfoque cualitativo al conocimiento de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia y de los factores de aula, favoreció un mejor contraste de los datos. Asimismo, los datos cualitativos favorecieron una comprensión más profunda, y, creemos, más cercana a la realidad de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia y sobre las prácticas de aula, y del porqué, a pesar de todos los planteamientos y propuestas, las ideas y aspectos que conforman la naturaleza de la ciencia se encuentran tan escasamente consideradas en la Educación Secundaria.

El cuestionario COCTS presentó algún grado de dificultad para el profesorado, especialmente, por el contenido específico de los ítems. No obstante, las ideas que expone y el modelo de respuesta múltiple son dos fortalezas importantes para obtener un conocimiento amplio de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia (y de la tecnología).

### ***15.5 Limitaciones***

Durante el desarrollo del estudio tuvimos que enfrentar algunas limitaciones, que, aunque no afectaron el desarrollo del objetivo principal, en algún momento nos llevaron a replantear el diseño inicial de la investigación. Entre las limitaciones que percibimos se encuentran aquellas referidas a:

**Muestra:** La muestra del estudio, aunque satisfactoria, se vio limitada por normativas institucionales que impedían, en determinados centros, la libre participación del profesorado en este tipo de actividades. Pero, este aspecto también estuvo limitado por el menor número de cuestionarios devueltos debido a la dificultad que significó el contenido del cuestionario.

**Tiempo:** El proceso de aplicación del cuestionario y su recogida, significó una inversión muy grande de tiempo. El desarrollo de este proceso significó prácticamente cinco meses desde su entrega hasta su recogida, a pesar de la colaboración de los directores de los departamentos de ciencias de la naturaleza. Este factor también una limitante para desarrollar técnicas de recogida de datos con el estudiantado.

**Diseño:** Una de las limitaciones del diseño, y que pudo afectar a los resultados, fue el número de profesores participantes en el estudio cualitativo. La planificación inicial contemplaba la observación de un mayor número de prácticas docentes, pero no fue posible realizarlas por cuestiones relacionadas con el tiempo empleado en dicho proceso.

**Cuestionario:** El cuestionario resultó de gran complejidad para el profesorado. El profesorado que colaboró en la recogida de los cuestionarios en los institutos manifestó que muchos de los profesores a los que se invitó a participar en la investigación, se negaron a responderlo ya que no entendieron los planteamientos de los ítems y el contenido de las frases. Este aspecto fue una limitación que obstaculizó una mayor muestra, y es probable que la complejidad que encontraron también haya afectado las respuestas que dieron.

### ***15.6 Futuras investigaciones***

La alfabetización científica aporta elementos esenciales para que el estudiantado se apropie adecuadamente del significado que tiene la ciencia en la sociedad del siglo XXI. Se reconoce que la comprensión de los diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia es uno de los pilares sobre los cuales se ha de cimentar la enseñanza de las ciencias para avanzar favorablemente en el logro de dicho objetivo educativo. Los profesores de ciencias tenemos la responsabilidad de desarrollar en el aula una enseñanza de las ciencias orientada al logro de los objetivos que plantea la alfabetización científica dentro del marco de la educación científica actual, y también tenemos la responsabilidad de profundizar las investigaciones sobre los aspectos implicados en la construcción de una adecuada comprensión y enseñanza de la naturaleza de la ciencia, con el fin de reducir la brecha que impide incorporar adecuadamente este tipo de contenidos durante la práctica de aula.

Durante el desarrollo de esta investigación, y a partir de la evidencia obtenida, han surgido diversos interrogantes que pueden considerarse en futuros estudios y pueden ser una aportación a una mejor comprensión de la problemática que abordamos. Pensamos que un aspecto primordial sobre el que es necesario poner atención se relaciona con la metodología

científica. La idea del método científico tradicional se encuentra en muchas de las actitudes del profesorado sobre la ciencia y también están presentes durante el desarrollo de su quehacer en el aula. Estas ideas tienen un impacto importante en distintos niveles de la enseñanza de las ciencias, y creemos que son un impedimento para lograr los objetivos de la actual educación científica.

Es necesario desarrollar estudios que consideren con mayor profundidad cada uno de los aspectos de la naturaleza de la ciencia, en tanto es uno de los pilares de la alfabetización científica. En este sentido, consideramos que es preciso realizar estudios que aborden un mayor número de aspectos y las ideas específicas implicadas en la naturaleza tentativa de la ciencia, especialmente en lo que se refiere a la subjetividad, la relatividad de la ciencia, la relación ciencia-sociedad; acerca del rol y naturaleza de la observación científica; sobre el papel de las teorías científicas; y, de un modo importante, sobre la relación entre la ciencia y la tecnología y la sociedad.

La evidencia derivada del análisis de correlación ha mostrado que la experiencia docente puede tener alguna relación con las actitudes del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. Aunque la correlación entre ambas variables fue baja, creemos es necesario incluir este tipo de análisis en los estudios sobre esta línea de investigación.

Son escasos los estudios que abordan desde los aspectos teórico y práctico la influencia que tiene la comprensión de la naturaleza de la ciencia en el desarrollo de la alfabetización científica del estudiantado, por tal razón, creemos que es necesario desarrollar estudios que consideren la relación entre ambos y de qué manera es posible acortar la amplia brecha que existe entre ambos constructos en las aulas de ciencias.

Es necesario ampliar y profundizar el estudio sobre el papel de determinados factores de aula, que parecen tener una influencia importante en la traslación de la naturaleza de la ciencia a la práctica docente. La evidencia ha mostrado que hay necesidad de promover mejoras sobre estos aspectos. Sobre estos factores de aula se tendrían que desarrollar estudios centrados en las causas que han derivado en la ausencia de muchos de ellos, y en el papel que tendría su presencia en una

---

mejor explicitación de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.

Por último, otros posibles estudios, que pueden abrir un importante campo de conocimiento, han de considerar la relación que se establece entre las actitudes sobre la ciencia y las visiones del mundo (cosmovisión) que sustentan el profesorado, el estudiantado y la ciudadanía. El conocimiento de esta relación apenas se encuentra desarrollado, no obstante, los escasos estudios han mostrado que la cosmovisión del profesorado y estudiantado parece tener una influencia importante en la conformación de las actitudes sobre la naturaleza de la ciencia.

Así concluimos esta tesis presentando a continuación las referencias de la literatura revisada durante el desarrollo de este estudio.

## **PARTE VIII BIBLIOGRAFÍA**

Literatura revisada

---



***Literatura revisada***

- Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understanding of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers views and instruccional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Kalick, F., & Boujaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000a). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000b). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665-701.
- Abimbola, I. (1983). The relevance of "New" philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 83(3)
- Acevedo, J. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, 19, 111-125.
- Acevedo, J. (1998a). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*.
- Acevedo, J. (1998b). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*.
- Acevedo, J. (2003). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*, , 21/7/04.

- Acevedo, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De La Ciencia*, 1(1), 3-16.
- Acevedo, J., Acevedo, P., Manassero, M., Oliva, J., Paixao, M., & Vázquez, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias, práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*, , 2006.
- Acevedo, J., Acevedo, P., Manassero, M., & Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana De Educación, Edición Electrónica De Los Lectores*.
- Acevedo, J., Acevedo, P., Manassero, M., & Vázquez, A. (2007). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana De Educación*, 2004.
- Acevedo, J., Vázquez, A., Acevedo, P., & Manassero, M. A. (2003). Sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*, 21/07/2004.
- Acevedo, J., Vázquez, A., & Manassero, M. (2002). Evaluación de actitudes y creencias CTS: Diferencias entre alumnos y profesores. *Revista De Educación*, 328, 355-382.
- Acevedo, J., Vázquez, A., Manassero, M., & Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 2(3).
- Acevedo, J., Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Aspectos epistemológicos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 4(202-225)
- Acevedo, J., Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 4(1), 42-66.

- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. (<http://www.tdx.cat/TDX-1209102-142933>)
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias* (Primera ed.). Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. & Izquierdo., M. (2006). Innovación en la formación del profesorado de ciencias naturales de Argentina y España: Introducción del componente epistemológico. Documento. Santiago de Chile: Unesco.
- Adúriz-Bravo, A., Gómez, A., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2005). La mediación analógica en la ciencia escolar. Propuesta de la 'función modelo teórico'. *Enseñanza De Las Ciencias*, N<sup>o</sup> Extra VII Congreso
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M., & Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20(3), 465-476.
- Agin, M. (1974). Education for scientific literacy: A conceptual frame of reference and some applications. *Science Education*, 58, 3.
- Aguirre, J., Haggerty, S., & Linder, C. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390.
- Aikenhead, G. (1979). Science: A way of knowing. *The Science Teacher*, 46(6), 23-25.
- Ainkenhead, G. (1984). Teacher decision making: The case of prairie high. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 167-186.
- Ainkenhead, G. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (Ed.), *STS Education: International perspectives on reform* (pp. 47-59). New York: New York: Teachers College Press.

- Aikenhead, G., & Ryan, A. (1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on science-technology-society topics*. (Final report of SSHHRCC Grant. Canadá: University of Saskatchewan).
- Aikenhead, G., Fleming, R., & Ryan, A. (1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society. I.- methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71(2), 145-161.
- Akerson, V., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Akindehin, F. (1988). Effect of an instruccional package on preservice science teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, 72(1), 73-82.
- Albaladejo, C., Grau, R., & Guasch, E. (1993). *La ciència a l' aula* (Primera ed.). Barcelona, España: Barcanova.
- Albé, V. (2007). Students positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17(8-9), 805-827.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061-science for all americans*. Washington, D.C.: AAAS
- Anderson, K. (1950). The teachers of science in a representative sampling of Minnesota schools. *Science Education*, 34(1), 57-66.
- Artigas, M. (Ed.). (1989). *Filosofía de la ciencia experimental* (Primera ed.). Navarra, España: Universidad de Navarra S. A.
- Ausubel, D., & Novak, J.,H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (Segunda ed.). México: Trillas.
- Bady, R. (1979). Students' understanding of the logic of hypothesis testing. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(1), 61-65.

- Barnes, B. (Ed.). (1987). *Sobre ciencia* (Primera Edición ed.). Barcelona, España: Labor.
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "Ideas-about-science": Five dimensions of effective practice. *Science Education, 88*(5), 655-682.
- Behnke, F. (1961). Reactions of scientists and science teachers to statements bearing on certain aspects of science and science teaching. *School Science and Mathematics, 61*, 193-207.
- Bell, R., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. (2003). Just do it? impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(5), 487-509.
- Bell, R., & Lederman, N. (2003). Understanding of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education, 87*, 352-377.
- Bell, R., Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conceptions of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 563-581.
- Ben-David, A. & Zohar, A. (2009). Contribution on meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education, 31*(12), 1657-1682.
- Bingle, W., & Gaskell, P. (1994). Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education, 72*(2), 185-201.
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de las ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De La Ciencia, 1*(2), 70-86. [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero\\_1\\_2](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_2)
- Bong, M., & Skaalvik, E. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really? *Educational Psychology Review, 15*, 1-40.

- Boujaoude, S., & Abd-El-Khalick, F. (1996). Lebanese middle school students' definitions of science and perceptions of its purpose and usage. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA.
- Boujaoude, S., Sowwan, S., & Abd-El-Khalick, F. (2005). The effect of using drama in science teaching on students' conceptions on the nature of science. En K. Boersma, M. Goedhart, O. De Jong & H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the quality of science education* (pp. 259-267). Netherlands: Springer Netherlands.
- Brickhouse, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classroom: Case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Brickhouse, N. W. (1994). Children's observations, ideas and the development of classroom. theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
- Brickhouse, N. W., & Bodner, G. M. (1992). The beginning science teacher: Narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 471-485.
- Brown, S., & Melear, C. (2006). Investigation of secondary science teachers' beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 938-962.
- Bruner, J. (1996). *The culture of education*. En Cambridge M. (Ed.), London: Harvard University Press.
- Bunce, D., Gabel, D., & Samuel, J. (1991). Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(6), 505-521.
- Bunge, M. (1980). *Epistemología, ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel.

- Burbules, N., & Linn, M. (1991). Science education and philosophy of science: Congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- Bybee, R. (1987). Science education and the Science-Technology- Society (S-T-S) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683.
- Bybee, R. (1993). *Science education: Social perspectives and personal reflection*. New York: Teachers College Columbia University.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy. from purposes to practices* (Primera ed.). Portsmouth, NH. Estados Unidos: Heinemann. División de Reed Elsevier Inc.
- Cajas, F. (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in every day life. *Science Education*, 27(7), 765-773.
- Carey, R., & Stauss, N. (1968). An analysis of understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, 58(4), 358-363.
- Carlton, R. (1963). On scientific literacy. *NEA*, 52(4), 33-35.
- Carrascosa, J., Fernández, I., Gil, D., & Orozco, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza De Las Ciencias N<sup>o</sup> Extra (IV Congreso)*, , 43-44.
- Catalán, A., & Catany, M. (1986). Contra el mito de la neutralidad de la ciencia: El papel de la historia. *Enseñanza De Las Ciencias*, 4(2), 163-166.
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90, 803-819.
- Chevallard, Y. (1991). ). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: AIQUE.

- Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teachers questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education, 28*(11), 1315-1346.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching, 44*, 815-843.
- Chin, C., & Malhotra, B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry task. *Science Education, 86*, 175-218.
- Clark, C., & Peterson, P. (1986). Teachers thought processes. En M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. 3<sup>o</sup> Ed. Nueva York: Mc Millan. 255-296.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(5), 429-445.
- Cobern, W., & Loving, C. (2001). Defining "science" in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education, 85*, 50-67.
- Colombo de Cudmani, L., & Salinas de Sandoval, J. (2004). ¿Es importante la epistemología de las ciencias en la formación de investigadores y de profesores de física? *Enseñanza De Las Ciencias, 22*(3), 455-462.
- Contreras, L. (1998). Resolución de problemas: Un análisis exploratorio de las concepciones de los profesores acerca de su papel en el aula. *Tesis Doctoral*, Universidad de Huelva.,
- Contreras, S. (2009). Creencias curriculares y creencias de actuación curricular de los profesores de ciencias chilenos. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias, 8*(2), 505-526.
- Costa, A., & Domenech, G. (2002). Distintas lecturas epistemológicas en tecnología y su incidencia en la educación. *Enseñanza De Las Ciencias, 20*(1), 159-165.

- Cotham, J. C., & Smith, E. L. (1981). Development and validation of conceptions of scientific theories test. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 387-396.
- Craven, J., Hand, B., & Prain, V. (2002). Assessing explicit and tacit conceptions of the nature of science among preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education*, 24(8), 785-802.
- Creswell, J., Plano Clark, V., Gutmann, M., & Hanson, W. (2003). Advanced mixed methods research designs. In A. Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 209-240). London: SAGE Publications.
- Crumb, G. (1965). Understanding of science in high school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(3), 246-250.
- Dagher, Z., Brickhouse, N. W., Shipman, H., & Letts, W. (2004). How some college students represents their understanding of scientific theories. *International Journal of Science Education*, 26, 735-755.
- Darby, L. (2005). Science students perceptions of engaging pedagogy. *Research in Science Education*, 35, 425-445.
- Dawson, V. & Venville, G. (2009). High school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- De Boer, G. (Ed.). (1991). *A history of ideas in science education: Implications for practice* (Primera ed.). New York: Teachers College Press.
- De Boer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationships to science education reforms. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Dewey, J. (2002). *Democracia y educación. Una introducción a la filosofía de la educación* (Quinta ed.). Madrid: Morata.
- Díaz, T. (2003). La interpretación histórico-cultural de la transposición didáctica como puente de emancipación del aprendizaje y la enseñanza *Revista Praxis*, 3, 37-56.

- DiGisi, L., & Willet, J. (1995). What high school biology teachers say about their textbook use: A descriptive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 123-142.
- Dogan, N., & Abd-El-Kalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083-1112.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Duschl, R. (1985). Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-553.
- Duschl, R. (2000). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo* (Primera ed.). Madrid: Narcea.
- Duschl, R. (1988). Abandoning the scientific legacy of science education. *Science Education*, 72(1), 51-62.
- Duschl, R., & Wright, E. (1989). A case study for high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-502.
- Eagly, A., & Chaiken, S. (1998). Attitude structure and function. En D.T. Gilbert, & S. T. Fiske & G. Lindzey (Eds.), *The Handbook of social psychology* (Cuarta ed., pp. 269-322). New York: McGraw-Hill.
- Ebenezer, J., & Zoller, U. (1993). Grade 10 students perceptions of an attitudes toward science teaching and school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 175-186.
- Echeverría, J. (Ed.). (1998). *Filosofía de la ciencia* (Segunda Edición). Madrid, España: AKAL.
- Echeverría, J. (Ed.). (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX* (Primera edición). Madrid: Cátedra.
- Echeverría, J. (Ed.). (2002). *Ciencia y valores* (Primera Edición). Barcelona, España: Destino.

- Ennis, R. H. (1979). Research in philosophy of science and science education. En P. Asquith & H. Kyburg (Ed.), *Current research in philosophy of science* (pp. 138-170) East Lansing, MI: Philosophy of Science Association.
- Estany, A. (1990). *Modelos de cambio científico* (Primera edición ed.). Barcelona, España: Editorial Crítica.
- Estany, A. (1993). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona, España: CRÍTICA.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 2(3), 16-09-2007.
- Evans, T. (1970). Scientific literacy: Whose responsibility? *The American Biology Teacher*, 32(8), 80-84.
- Fernández, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Universitat de València.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., *et al.* (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 2(3).
- Feyerabend, P. (1974). *Contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento* Ariel cop.
- Fourez, G. (2000). *La construcción del conocimiento científico. Sociología y ética de la ciencia* (Tercera Edición). Madrid, España: Narcea, S. A.
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza De Las Ciencias*, 12(2), 188-199.

- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza De Las Ciencias*, 19(365-376)
- Gabel, D., Sherwood, R., & Enochs, L. (1984). Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 221-233.
- Gagliardi, R., & Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza De Las Ciencias*, 4(3), 253-258.
- Galili, I., & Hazan, A. (2001). The effect of a history based course in optics on students' views about science. *Science & Education*, 10, 7-32.
- Gallagher, J. (1991). Perspective and practicing secondary school science teachers knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.
- Gallego, A. P. (2002). Contribución del cómic a la imagen de la ciencia. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia, España.
- Giddings, J. G. (1982). *Pressuppositions in school science textbook*. Tesis Doctoral. Universidad de Iowa, Iowa.
- Giere, R. (1990). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago of University press (Eds.), Chicago:
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza De Las Ciencias, Número Extra*
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza De Las Ciencias*, 9, 66-77.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de la ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza De Las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.

- Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿Necesidad o mito? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 2(3), 302-329.
- Glasson, G., & Benteley, M. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, 84(4), 469-485.
- González, L., Adúriz-Bravo, A., & Meinardi, E. (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. Nº Extra V Congreso. *Enseñanza De Las Ciencias*,
- Grandy, R. (2003). What are models and why do we need them? *Science & Education*, 12, 773-777.
- Grandy, R., & Duschl, R. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science & Education*, 16, 141-166.
- Greene, J., & Caracelli, V. (2003). Making paradigm sense of mixed methods practice. En: A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 91-110). London: SAGE Publications.
- Guisasola, J., & Morentin, M. (2007). Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primaria? *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. En: Instituto de Investigaciones Filosóficas UNAM (Ed.), (Primera edición). México: Paidós.
- Hadzidaki, P. (2006). The Heisenberg microscope: A powerful instructional tool for promoting meta-cognitive and meta-scientific thinking on quantum mechanics and the "nature of science". *Science & Education*, doi:10.1007/s11191-006-9057-3.
- Hammerich, P. (2000). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. En: W. Mc Comas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies*

- (Primera ed., pp. 127-136). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hand, B., Prain, V., & Lawrence, C., Yore. (1999). A writing in science framework designed to enhance scientific literacy. *Interchange*, 21(10), 1021-1035.
- Haney, J., Czerniak, C., & Lumpe, A. (1996). Teachers beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 971-993.
- Hanson, N. (1958). *Patterns of discovery* (Primera ed.). London: Cambridge at The University Press.
- Haukoos, G., & Penick, J. (1983). The influence of classroom climate on science process and content achievement of community college students. *Science Education*, 20(7), 629-637.
- Haüsseler, P., & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705.
- Herschel, J. (1831). *Preliminary discourse on the study of the natural philosophy*. London: Longmans,.
- Hewson, P., & Hewson, M. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.
- Hodson, D. (1991). Philosophy of science and science education. En: M. Mathews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: Selected readings* (Primera ed., pp. 19-32). Toronto: OISE Press.
- Hodson, D. (1992). In search of meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(5), 541-562.
- Hodson, D. (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 685-711.

- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza De Las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- Hofstein, A., & Lazarowitz, R. (1986). A comparison of the actual and preferred classroom learning environment in biology and chemistry as perceived by high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(3), 189-199.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing the scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29, 1347-1362.
- Hurd, P. (1998). Scientific literacy. new mind for a changing world. *International Journal of Science Education*, 82(3), 407-416.
- Hurd, P., & Gallagher, J. (1966). Goals related to the social aspects of science. En: Educational Research Council (Ed.), *Sequential programs in science for a reconstructional curriculum*, (pp. 12-18). Cleveland.
- Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo. (2003). *Evaluación de la educación secundaria obligatoria* (2003). Madrid: INECSE.
- Izquierdo, M. (1996). La relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales, & P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (Primera ed., pp. 35-64). Alcoy, España: Marfil.
- Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza De Las Ciencias*, 17(1), 45-59.

- Jenkins, E. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21(7), 703-710.
- Jenkins, E. (2007). School science: A questionable construct? *Journal of Curriculum Studies*, 39(3), 265-282.
- Johnson, B., & Turner, L. (2003). Data collection strategies in mixed methods research. En A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 297-319). London: SAGE Publications.
- Johnson, B., & Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Research*, 33(7), 14-26.
- Jones, K. (1965). The attainment of understanding about the scientific enterprise scientists, and the aims and methods of science by students in a college physical science course. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(1), 47-49.
- Kessler, O. (1945). The elements of scientific methods. *Science Education*, 29(212-216)
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.
- Kimball, M. (1968). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(1), 3-6.
- Kind, V. (2009). A conflict in your head: An exploration of science training teachers' subject matter knowledge development and its impact on teacher self-confidence. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1529-1562.

- Kipnis, N. (2007). Discovery in science and in teaching science. *Science & Education*, 16(9-10), 883-920.
- Klassen, S. (2006). A theoretical framework for contextual science teaching. *Interchange*, 37(1-2), 31-62.
- Klimovsky, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico: Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires: A-Z Editora.
- Klopfer, L., & Cooley, W. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 33-47.
- Kølsto, S. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, , 291-310.
- Kølsto, S. (2001b). 'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Kouladis, V., & Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: An empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(173-184)
- Kouladis, V., & Ogborn, J. (1995). Science teachers philosophical assumption: How well understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3), 273-283.
- Kromhout, R., & Good, R. (1983). Beware of societal issues as organizers for science education. *School Science and Mathematics*, 83(8), 647-650.
- Kuhn, T. (Ed.). (1992). *La estructura de las revoluciones científicas* (Decimoquinta ed.). Madrid, España: Fondo de Cultura Económica.
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- Lawson, A. (2002). What does Galileo's discovery of jupiter's moons tell us about the process of scientific discovery? *Science & Education*, 1-24.

- Leach, J.; Driver, R.; Millar, R. & Scott, P. (1997). A study of progression in learning about "the nature of science": issues of conceptualisation and methodology. *International Journal of Science Education*, 19(2), 147-166.
- Lederman, N. (1985). *Relating teaching behavior and classroom climate to change in students' conceptions of the nature of science*. Indiana EEUU.:
- Lederman, N. (1986). Relating teaching behavior and classroom climate to changes in students' conceptions of nature of science. *Science Education*, 70(1), 3-19.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. (1994). Teachers' conceptions of the nature of science: Factors that mediate translation into classroom practice. *Annual Meeting of the Asociation of the Education of Teacher in Science*, Charleston, WV.
- Lederman, N. (1995). Translation and transformation of the teachers' understanding of the nature of science into classroom practice. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, California. 1-25.
- Lederman, N. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N., & Druger, M. (1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 649-.

- Lederman, N., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and source of change. *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Lederman, N., & Zeidler, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734.
- Lee, M., & Erdogan, I. (2007). The effect of science-technology-society teaching on students' attitudes toward science and certain aspects of creativity. *International Journal of Science Education*, 11(3), 1315-1327.
- Lin, H., & Chen, C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773-792.
- Linn, H., & Chiu, H. C. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem solving-strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1), 101-112.
- Liu, S., & Lederman, N. (2003). Taiwanese preservice teachers' conceptions of nature and the nature of science. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Philadelphia. 1-33.
- Liu, S., & Lederman, N. (2007). Exploring prospective teachers' world views and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- Löfgren, L. & Helldén, G. (2009). A longitudinal study showing how students use a molecule concept when explaining everyday situations. *International Journal of Science Education*, 31(12), 1631-1655.
- Losee, J. (1981). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia* (Tercera ed.). Madrid: Alianza.
- Lotter, C., Harwood, W., & Bonner, J. (2006). Overcoming a learning bottleneck: Inquiry professional development for secondary science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 185-216.

- Luffiego, M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: Hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza De Las Ciencias, 19*(3), 377-392.
- Maiztegui, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: Una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana De Educación, 28*, 2007. <http://www.rieoei.org/rie28a05.htm>
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Illes Balears, Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació y cultura (Ed.),
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: Nuevos avances metodológicos. *Enseñanza De Las Ciencias, 22*(2), 299-312.
- Martín-Díaz, J. (2006). Educational background, teaching experience and teachers' views on the inclusion of nature of science in the science curriculum. *International Journal of Science Education, 28*(10), 1161-1180.
- Martínez, M., Martín Del Pozo, R., Rodrigo, M., Varela, M., Fernández, M., & Guerrero, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza De Las Ciencias, 19*(1), 67-87.
- Martínez-Losada, C., García-Barros, S. (2005). Do spanish secondary school teachers really value different sorts of procedural skills? *International Journal of Science Education, 27*(3), 827-854.
- Matkins, J., Bell, R., Irving, K., & McNall, R. (2002). Impact of a contextual and explicit instruction of preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Proceedings of a 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, Charlotte, N C, EEUU.
- Matthews, M. (1991). The nature of science and science teaching. En: *International handbook of science education* (pp. 981-1000). London: Kluwer Academic Publishers.

- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza De Las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Matthews, M. (1997a). Editorial Science & Education *Science & Education*, 6, 323-329.
- Matthews, M. (1997b). James T. Robinson's account of philosophy of science and science teaching: Some lesson for today from the 1960's. *Science Education*, 81, 295-315.
- Matthews, M. (1998 a). The nature of science in science teaching. En: B. Fraser, & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education (parte 2)* (pp. 429-443). Holanda: Kluwer Academic Publisher.
- Matthews, M. (1998b). Foreward and introduction. En W. F. Mc Comas (Ed.), *The nature of science in science education* (Primera ed., pp. xi-xxi). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Maxwell, J. (1998). Designing a qualitative study. En L. Bickman & D. Rog (Ed.), *Handbook of applied social research methods*. (pp. 69-100). CA: Thousand OAK SAGE Publications.
- Mc Comas, W. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En: W. F. Mc Comas (Ed.). *The nature of science in science education*, (Primera ed., pp. 53-70). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mc Comas, W., Clough, M., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science. En W. F. Mc Comas (Ed.). *The nature of science in science education* (Primera ed., pp. 3-39). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mc Comas, W., & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standars documents. En W. F. Mc Comas (Ed.). *The nature of science in science education* (Primera ed., pp. 41-52). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mc Kay, L. (1971). Development of understanding about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 8(1), 57-66.

- Mead, M., & Metraux, R. (1957). Image of the scientist among high school students. *Science*, *126*, 384-390.
- Meichtry, Y. (1993). The impact of the science curricula on student views about the nature of science *Journal of Research in Science Teaching*, *30*(5), 449-443.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza De Las Ciencias*, *14*(3), 289-302.
- Mellado, V., Bermejo, M., Blanco, L., & Ruiz, C. (2008). The classroom practice of a prospective secondary biology teacher and his conceptions of the nature of science and of teaching and learning science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *6*(1), 37-62.
- Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza De Las Ciencias*, *11*(3), 331-339.
- Meyers, R., & Fouts, J. (1992). A cluster of analysis of high school science classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(9), 929-937.
- Meyling, H. (1997). How to change students' conceptions of epistemology of science. *Science & Education*, *6*, 397-416.
- Miller, J. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, *112*(2), 29-48.
- Miller, P. (1963). A comparison of the abilities of secondary teachers and students of biology to understand science. *Iowa Academy of Science*, *70*, 510-513.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum. A model for the development of pedagogy. *School Science and Mathematics*, *81*, 405-424.
- Morell, D. (2007). Formación del profesorado de ciencias agronómicas de la Universidad cubana de Ciego de Ávila en educación ciencia-

- tecnología- sociedad. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada, España.
- Morse, J. (2003). Principles of mixed methods and multimethods research design. En A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 189-208). London: SAGE Publications.
- Mosterín, J. (1990). Prólogo. *Modelos de cambio científico* (pp. 9-14). Barcelona: CRÍTICA.
- Mosterín, J. (Ed.). (2000). *Conceptos y teorías en la ciencia* (Tercera Edición ed.). Madrid, España: Alianza Editorial.
- National Commission on Excellence in Education. (1984). *A nation at risk: The full account*. Cambridge, MA: USA Research: NCEE
- National Commission on Excellence in Education. (1993). *A nation at risk: The imperative for educational reform*. Washington DC: NCEE.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC.: National Academic Press: NRC
- Nersessian, N. (1992). How do scientist think? capturing the dynamic of conceptual change in science. En: R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 5-22). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(317-328)
- Newman, I., Ridenour, C., Newman, C., & Paul de Marco, G. (2003). A typology of research purposes and its relationship to mixed methods. En: A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 167-188). London: SAGE Publications.
- Niaz, M. (1998). From cathode rays to alpha particles to quantum of action: A rational reconstruction of the structure of atom and its implication for chemistry textbooks. *Science Education*, 82, 527-552.

- Niaz, M. (2000). The oil drop experiment: A rational reconstructions of the Millikan-Ehrenhaft controversy and its implications for chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 480-508.
- Niaz, M. (2008). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A chemistry teachers' perspective. *Instructional Science*, 36(3), 233-249.
- Nieswandt, M. (2007). Students affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937.
- Nott, M., & Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understanding of the nature of science. *Science & Education*, 7, 579-594.
- Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education, II Special Issue*, 530-540.
- Ogunniyi, M., Jegede, O., Ogawa, M., Yandila, C., & Oladele, F. (1993). Nature of worldview presuppositions among science teachers in Botswana, Indonesia, Japan, Nigeria, and the Philipines. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), 817-831.
- O'Hearn, G. (1976). Scientific literacy and alternative futures. *Science Education*, 60(1), 103-114.
- Olivé, L. (1995). *Racionalidad epistémico*. Madrid: Editorial Trotta. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2002). *Education at a glance*. París: OECD
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas about science" should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Padilla, H. (1986). *El pensamiento científico. Serie tema básicos sobre metodología científica* (Tercera ed.). México: Trillas.

- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Paruelo, J. (2003). Enseñanza de las ciencias y filosofía. *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(2), 329-335.
- Pella, M. (1976). The place and function of science for a literate citizenry. *Science Education*, 60(1), 97-101.
- Pella, M., O'Hearn, G., & Gale, C. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 199-208.
- Pink-Kee, T. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25(2), 147-171.
- Ponte, J. (1992). Concepções dos professores de matemática e processos de formação. En: J.P. Ponte (Ed.), *Educação matemática: Temas de investigação* (pp. 185-239). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Ponte, J. (1994). Mathematics teachers' professional knowledge. *Proceedings PME XVII*, Lisboa, Portugal, 1(195-210)
- Ponte, J. (1999). Las creencias y concepciones de maestros como un tema fundamental en formación de maestros. En: K. Krainer & F. Goffree (Ed.), *On research in teacher education: From a study of teaching practices to issues in teacher education* (pp. 43-50). Osnabrück:
- Pope, M., & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67(2), 193-203.
- Popper, K. (1979). *El desarrollo del conocimiento científico. conjeturas y refutaciones* (Segunda ed.). Buenos Aires: Biblioteca de Filosofía. Paidós.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

- Porlán, R. (1994). Las concepciones epistemológicas de los profesores: El caso de los estudiantes de magisterio. *Investigación En La Escuela*, 22, 67-84.
- Porlán, R., & Martín Del Pozo, R. (1996). Ciencia, profesores y enseñanza: Unas relaciones complejas. *Alambique*, 8, 23-32.
- Porlán, R., & López, J. (1993). Constructivismo en ciencias: Pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. *Curriculum. Revista De Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, 6(7), 91-108.
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de las ciencias (Primera ed.). Sevilla: Diada.
- Porlán, R., Rivero, A., & Martín Del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza De Las Ciencias*, 16(2), 271-289.
- Quintanilla, M. (1981). *A favor de la razón*. Madrid: Taurus.
- Quintanilla, M., Izquierdo, M., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación del profesorado de ciencias naturales. *Enseñanza De Las Ciencias, Número Extra VII Congreso*, 1-4.
- Ramsey, G., & Howe, R. (1969). An analysis of research on instruccional procedure in secondary school science. *The Science Teacher*, 36(4), 62-70.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socioscientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues* (Primera ed.). New Jersey: Mc Graw-Hill Education.
- Reinchenbach, H. (1938). *Experience and prediction*. En: University of Chicago Press (Ed.),

- Reis, P., & Galvañ, C. (2007). Reflecting on scientists' activity based on science fiction stories written by secondary students. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1245-1260.
- Rios, E., & Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: Una propuesta con resultados. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 6(1)
- Roberts, D. (1988). En P. Fensham (Ed.), *What counts as science education? In development and dilemmas in science education*. New York: Falmer Press.
- Robinson, J. (1969). Philosophy of science: Implications for teachers education. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 99-104.
- Rocco, T., Bliss, L., Gallagher, S., Perez-Prado, A., Alacaci, C., Dwyer, E., et al. (2003). The pragmatic and dialectical lenses: Two views of mixed methods use in education. En: A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* (pp. 595-615). London: SAGE Publications.
- Rosenberg, M., & Hovland, C. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitude. En C. Hovland & M. Rosenberg (Ed.), *Attitude organization and change: An analysis of consistency among attitude components* (pp. 1-14). New Haven CT: Yale University Press.
- Roth, W., & Roychoudhury, A. (1994). Physic students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5-30.
- Rothman, A. (1969). Teacher characteristics and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 340-348.
- Rubba, P & Andersen, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.
- Rubba, P. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, 81(3), 221-226.

- Rubba, P., & Harkness, W. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science-technology-society interactions. *Science Education*, 77, 407-431.
- Rubba, P., Horner, J. & Smith (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, 81, 221-226.
- Rudolph, J. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context. *Science Education*, 87(1), 64-79.
- Ryan, A., & Aikenhead, G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Sadler, T., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. (2006). Socioscience and ethics in science classroom: Teacher perspective and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Sadler, T., Chambers, W., & Zeidler, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Sandoval, W. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Schibeci, R. (1984). Attitudes to science: An update. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- National Science Teachers Associations. (1982). *Science-technology-society: Science education for the 80's*. Washington,DC: NSTA.
- Schmidt, D. (1967). Test on understanding science: A comparison among school groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 5(4), 365-366.
- Schwartz, R., & Lederman, N. (2002). "It's the nature of the best": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.

- Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education, 88*, 610-645.
- Shamos, M. (1963). The price of scientific literacy. *National Association of School Principals, 47*, 41-51.
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy* (Primera ed.). New Jersey: Rutgers University Press.
- Shen, B. (1975). Science literacy: The public need. *The Science, 1*(1), 27-29.
- Showalter, V. (1974). What is unified science education? program objectives and scientific literacy. *Prism, 2*(2), 1-6.
- Shrigley, R., & Koballa, T. R. (1992). A decade of attitude research based on Hovland's learning theory model. *Science Education, 76*(1), 17-42.
- Shumba, O. (1999). Relationship between secondary science teachers' orientation to traditional culture and beliefs concerning science instructional ideology. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(3), 333-355.
- Siegel, H. (1991). The rationality of science critical thinking, and science education. En: M. Matthews (Ed.), *History and philosophy of science. Selected reading.* (pp. 45-62)
- Simpson, R., & Oliver, J. (1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education, 74*(1), 1-18.
- Solbes, J., & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education, 81*(4), 377-386.
- Solsona, N., Izquierdo, M., & Gutiérrez, R. (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza De Las Ciencias, 18*(1), 15-23.
- Songer, N., & Linn, M. (1991). Do students' views of science influence knowledge integration?. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(9), 761-784.

- Staver, J., & Lumpe, A. (1995). Two investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 177.
- Stein, S., & Mc Robbie, C. (1997). Students' conceptions of science across the years of schooling. *Research in Science Education*, 27(4)
- Stocklmayer, S., & Gilbert, J. (2002). New experiences and old knowledge: Towards a model for the personal awareness of science and technology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 835-858.
- Suppe, F. (1977). *The structure of scientific theories*. Chicago: University of Illinois Press.
- Suppes, P. (1960). A comparison of the meaning and use of models in mathematics and the empirical science. *Synthese*, 12(2-3), 287-301.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). *Mixed methodology: Combinig qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks (Ed.), CA: SAGE Publications.
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2003). Major issues and controversies in the use of a mixed methods in the social and behaviorial sciences. En: A.Tashakkori & Ch. Teddlie (Ed.), *Handbook of mixed methods in social & behaviorial research* (Primera ed., pp. 3-49). London: SAGE Publications.
- Theory into action*. (1964). Washington DC: NSTA.
- Thom, R. (1992). La ciencia y el sentido. En: L. Preta (Ed.), *Imágenes y metáforas de la ciencia* (pp. 107-128). Madrid: Alianza Universidad.
- Thompson, A. G. (1984). The relationship of teachers' conceptions of mathematics and mathematics teaching to instruccional practice. *Educational Studies in Mathematics*, 15, 105-127.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A syntesis of the research. En: D.A.Grouws (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning* (Primera ed., pp. 127-146). New York: Macmillan.

- Tobias, S. (Ed.). (1990). *They're not dumb, they're different: Stalking the second tier*. Tucson, AZ, The research corporation.
- Tobin, K. (1988). Improving science teaching practices. *International Journal of Science Education*, 10(5), 475-484.
- Trowbridge, L., Bybee, R., & Carlson, J. (2004). *Secondary school science. strategies for developing scientific literacy* (Primera ed.). Columbus, Ohio: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Tsai, C. (2001). A science teachers' reflections about knowledge growth about STS instructions after actual implementation. *Science & Education*, 86, 23-41.
- Tsai, C. (1998). An analysis of taiwanese eighth graders' science achievement scientific epistemological beliefs and cognitive structure outcome after learning basic atomic theory. *International Journal of Science Education*, 20(4), 413-425.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (1999). *Declaración de Budapest sobre la ciencia y el uso del saber científico, conferencia mundial sobre la ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso*. Budapest: UNESCO-ICSU.
- Vallverdú, J. (2002). *Marc teòric de les controvèrsies científiques: El cas de la sacarina*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona.
- Van Driel, J., Bulte, A., & Verloop, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), 303-322.
- Van Manen, M (1998). *El tacto en la enseñanza. El significado de la sensibilidad pedagógica* (Primera ed.). Barcelona, España: Paidós.
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2002). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad. *Sala De Lectura CTS+I De La OIE*, 2004.
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M., & Acevedo, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un

- modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 8(2), 9-11-2006.
- Vázquez, A., Acevedo, J., & Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana De Educación, Edición Electrónica De Los Lectores*,
- Vázquez, A., Acevedo, J., & Manassero, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanista. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 4(2).
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (1999). Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes. *Enseñanza De Las Ciencias*, 17(3), 377-395.
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2007). *La relevancia de la educación científica* (Primera ed.). Palma de Mallorca, Illes Balears: Universitat de les Illes Balears (Ed.),
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, J. (2005). Análisis cuantitativos de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 7(1), 17/09/2006.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J., & Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: La comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 6(2).
- Vildósola, X., Alsina, J., Castelló, J., García, F., & García, P. (2006). Actitud de los estudiantes hacia la enseñanza de las ciencias. *XXII Encuentros De Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, Zaragoza, España.
- Vildósola, X., Castelló, J., & Garcia, P. (2006). Spanish science teachers' attitudes about social dimension of science and technology: First advances. *Proceeding of the 3th International Conference on Hands-on-Science*, Universidade do Minho, Braga, Portugal. 490-493.

- Walker, K.; Zeidler, D., Simmons, M., & Ackett, W. (2000). Multiple views of the nature of science and socioscientific issues. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans.
- Walker, K., & Zeidler, D. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1387-1410.
- Watson, J., Prieto, T., & Dillon, J. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Journal of Research in Science Teaching*, 81(4), 425-443.
- Wei, B., & Thomas, G. (2005). Rationale and approaches for embedding scientific literacy into de new junior secondary school chemistry curriculum in the people's republic of china. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1477-1493.
- Wilson, S. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38, 159-164.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "inquiry": How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific methods. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference of school science investigations. *Science Education*, 92, 941-967.
- Yager, R. (1983). Defining science education as a discipline. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3), 261-262.
- Yalvac, B., Tekkaya, C., Cakiroglu, J., & Kahyaoglu, E. (2007). Turkish preservice science teachers' views on science-technology-society issues. *International Journal of Science Education*, 29(3), 331-348.
- Yao-Liu, S., & Lederman, N. (2007). Exploring prospective teachers' world views and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- Zamora, J. (2003). *Cuestión de protocolo: Ensayos de metodología de la ciencia*. Madrid: TECNOS (Grupo Anaya S.A.).

Zeichner, K., & Tabachnick, R. (1981). Are the effects of university teacher education washed out by school experience. *Journal of Teacher Education*, 32(3), 7-11.

Zeidler, D., Walker, K., Ackett, W., & Simmons, M. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343-367.

Ziman, J. (1993). *¿Qué es la ciencia?* Cambridge University Press.