

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES
EXPERIMENTALS I DE LA MATEMÀTICA

PROGRAMA DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS
I DE LA MATEMÀTICA

BIENNI 2000-2002

**LA REPRESENTACIÓN CARTESIANA DEL
MOVIMIENTO RECTILÍNEO: UN ESTUDIO DE LAS
ARGUMENTACIONES DE LOS ESTUDIANTES DEL
BÁSICO DE INGENIERÍA**

Tesi doctoral per optar al títol de Doctor de la Universitat de Barcelona

Presentada per

NADIA LIZABETA GONZALEZ DAZA

Dirigida per

Dra. JANETE BOLITE FRANT

Tutor Ponente

Dr. JOAQUIM GIMÉNEZ RODRÍGUEZ

UNIVERSITAT DE BARCELONA

BARCELONA, 2008



Capítulo 2 MARCO TEÓRICO

...” en el aula de clases, las representaciones de conceptos matemáticos son producidas y compartidas por los estudiantes por mecanismos análogos a la producción de cualquier otra representación”...

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, desarrollamos el marco referencial-teórico que servirá de base a nuestro objetivo: explorar y analizar las argumentaciones de estudiantes novales de ingeniería, en la comprensión de conceptos del cálculo diferencial, en presencia de la representación cartesiana del movimiento rectilíneo.

Iniciamos el capítulo con aspectos importantes sobre el lenguaje, el discurso y la teoría de la argumentación (Bakhtin, 2003; Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1989; Castro, 1997; Plantin, 2002; Cross, 2003, van Dijk, 1992), y sobre el referencial teórico del Modelo de Estrategia Argumentativa (Bolite Frant y Castro, 2008); continuamos con un resumen de las teorías en las que se enmarcan la metáfora y el mezclaje conceptual, la teoría de la mente corporizada y la teoría cognitiva de la matemática (Lakoff y Nuñez, 2000; Fauconnier y Turner, 2002; Nuñez, 2000). En este capítulo, exponemos además, una breve revisión de la matemática utilizada en el movimiento rectilíneo.

Finalmente, hacemos el registro bibliográfico de investigaciones y planteamientos sobre el análisis del discurso en el aula de clases -centrados particularmente en el estudio de las argumentaciones-, hacemos referencia también a investigaciones precedentes sobre la enseñanza de la argumentación, la producción de significados, la presencia de metáforas en el

discurso docente y el aprendizaje de las matemáticas y del cálculo diferencial a través de experiencias de la física.

Señalamos además, algunos aspectos teóricos y metodológicos utilizados en estos trabajos, que pueden ubicar y delimitar nuestra investigación.

2.1 LENGUAJE, DISCURSO Y ARGUMENTACIONES

2.1.1 El Lenguaje

Actualmente, existen diversos estudios en Educación dedicados a la utilización del lenguaje como una fuente para explorar procesos cognitivos. Aunque gran parte de los investigadores están de acuerdo en que los procesos cognitivos están relacionados de alguna forma con los procesos lingüísticos, existen distintas concepciones sobre el lenguaje en un ambiente académico-escolar y el lenguaje corriente. Estos estudios sobre el lenguaje (Bakhtin, 2003; Halliday, 1978; Austin, 1962; Searle, 1969; van Dijk, 1992; Habermas, 1987; Hymes, 1962; Gumperz, 1988; entre otros) se abordan desde distintas corrientes, la lingüística y la socio-lingüística, enfoques socio-culturales y socio-históricos, perspectivas etnográficas o etnometodológicas (análisis conversacional), hasta el análisis del discurso en sus diversas orientaciones.

En nuestro trabajo, partimos considerando al lenguaje, desde la perspectiva de Bakhtin (2003), quien afirma que todos los diversos campos de la actividad humana están ligados a su uso. Según Bakhtin, el empleo de la lengua se efectúa en forma de *enunciaciones* (orales o escritas) concretas e únicas, expresadas por los integrantes de ese o aquel campo de actividad humana.

Esas enunciaciones, reflejan las condiciones específicas y las finalidades de cada referido campo, no sólo por su contenido (temático), sino por el estilo del lenguaje, o sea, por la selección de los recursos lexicales, fraseológicos y

gramaticales de la lengua, y por encima de todo, por la construcción de su composición (*construcción composicional*).

Esta visión, supone al lenguaje hablado como un sistema de comunicación, donde el discurso oral o escrito, son formas de prácticas sociales en contextos socio-culturales. Somos usuarios de una lengua, pero también somos parte de un grupo, institución o cultura y mediante el uso de la lengua, entre otras cosas, desempeñamos roles, afirmamos o negamos, estamos de acuerdo o desacuerdo, pedimos o damos información, adquirimos conocimiento e, incluso, somos capaces de "desafiar" una estructura social, política o institucional (van Dijk, 1992).

Así pues, es bajo estas orientaciones, que especialmente en el aprendizaje de la matemática, concebimos que el estudio del discurso en el aula, puede permitirnos reconocer lo que se razona, admite, alega, cuestiona, convenga sobre ideas y conceptos matemáticos.

Particularizando, asumimos en concordancia con lo expuesto anteriormente, y lo expresado por Castro y Bolite Frant (2002), que en el aula de clases, las representaciones de conceptos matemáticos son producidas y compartidas por los estudiantes por mecanismos análogos a la producción de cualquier otra representación, por lo que convenimos en que los conceptos matemáticos son en la mayor parte de los casos, construidos por el lenguaje ambiguo de lo cotidiano.

Por lo cual, debido a la necesidad de comprender mejor los procesos cognitivos envueltos en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, tomando como principio el papel del lenguaje, la teoría de la cognición corporizada y la teoría cognitiva de la matemática en esos procesos, hemos considerado el análisis del discurso -particularmente del discurso argumentativo- como recurso básico para desarrollar nuestra investigación.

Desde décadas anteriores se han constituidos espacios de discusión y de trabajo en los diversos grupos dedicados a la investigación en educación en

ciencias experimentales y la matemática, tales como: el International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME); el Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME), la Comisión Internacional para el Estudio y Mejoramiento de la Enseñanza de la Matemática (CIEAEM) y el Comité Latinoamericano de Matemática Educativa (CLAME), entre otros, en los cuales, las teorías mencionadas, en relación con nuestro trabajo están siendo examinadas y aplicadas internacionalmente, en diversos niveles educativos y bajo distintas condiciones.

2.1.2 El Discurso

El análisis del discurso es un campo interdisciplinario, que toma al discurso como una unidad de lenguaje, y en cuya composición, se encuentran aportes de diversas disciplinas, que se centran en el estudio del lenguaje: lingüística, pragmática sociolingüística, estilística, retórica, teoría social y psicología cognitiva. Dentro de su concepto, está incluido el de *contexto*: hablantes, oyentes, ubicación en el tiempo y en el espacio, ambiente de interacción social entre otros. Una de las nociones que consideramos esencial para ubicar y desarrollar este trabajo, es la de los *géneros del discurso o del habla*, expresada por Bakhtin (2003).

Bakhtin nos explica, que en las enunciaciones expresadas por un grupo perteneciente a un campo de actividad humana, estos tres elementos -el contenido temático, el estilo y *la construcción composicional*- están indisolublemente ligados a toda la enunciación, y son igualmente establecidos por la especificación de un determinado campo de comunicación. Evidentemente, cada enunciación particular es individual, más cada campo de utilización de la lengua, elabora sus *tipos relativamente estables* de enunciaciones, lo que él determina como *géneros del discurso o del habla*.

La riqueza y la diversidad de los géneros del habla son infinitas, porque son inagotables las posibilidades de la multiforme actividad humana, y porque cada campo de esa actividad es integral al repertorio de géneros del habla, que

crece y se diferencia, a medida que se desenvuelve y se complexifica, en un determinado campo.

Entre estas pluralidades, se destacan en especial, la extrema heterogeneidad de géneros del habla (orales y escritos), en los que se incluyen réplicas de diálogos de lo cotidiano (la diversidad de las modalidades de diálogo cotidiano son extremadamente grandes en función de su tema, de la situación y de la composición de los participantes), el relato del día-a-día, una carta (en todas sus diversas formas), la orden desdoblada y detallada del comando militar, el repertorio de los documentos oficiales, el diversificado universo de la manifestaciones publicísticas (en el amplio sentido del término: sociales, políticas); las variadas formas de las manifestaciones científicas y todos los géneros literarios (desde el proverbio hasta la novela).

El autor nos advierte, de la misma forma, que no se debe minimizar la extrema heterogeneidad de los géneros del habla, y la dificultad que se origina de allí, para definir la naturaleza general de una enunciación. Así que, es de especial importancia prestar atención a la diferencia esencial de los géneros del habla primarios (simples) y los géneros del habla secundarios (complejos), ya que no se trata de una diferencia funcional.

Los géneros del habla secundarios o complejos -novelas, dramas, investigaciones científicas de todas las especies, grandes géneros publicísticos, entre otros- surgen en las condiciones de una convivencia cultural múltiple, y relativamente más desarrollada y organizada (predominantemente lo escrito) -artístico, científico, sociopolítico, etc-.

En el proceso de su formación, los géneros del habla complejos, incorporan y reelaboran diversos géneros primarios (simples), que se formaron en las condiciones de comunicación discursiva inmediata. Esos géneros primarios, que integran los complejos, ahí se transforman y adquieren un carácter especial: pierden el vínculo inmediato con la realidad concreta y las enunciaciones reales. Esta relación mutua, de los géneros primarios y

secundarios y el proceso de formación histórica de los últimos, lanzan luz sobre la naturaleza de las enunciaciones.

Como síntesis, el autor concluye que, en cualquier corriente de estudio (lingüístico), se hace necesaria una noción precisa de la naturaleza de las enunciaciones en general y de las particularidades de los diversos tipos de enunciaciones (primarias o secundarias), esto es, de los diversos géneros del habla.

El desconocimiento de la naturaleza de las enunciaciones y la relación diferente con las peculiaridades de los diversos géneros del habla en cualquier campo de la investigación lingüística redundan en formalismos y en una abstracción exagerada, deforman la historicidad de la investigación, debilitan las relaciones de la lengua con la vida. Compartimos en este trabajo los puntos de vista señalados por el autor, por lo cual, hemos considerado reconocer en la naturaleza de las enunciaciones de los participantes los géneros del habla utilizados, lo cual permitirá, situar y caracterizar sus argumentaciones.

Si orientamos ahora, el estudio y análisis del discurso en nuestra investigación, hacia el ámbito educativo, observamos que, para poder entender los conceptos, métodos y técnicas utilizados en esta disciplina, se necesita integrar los siguientes enfoques: (a) Los que se centran en el discurso mismo y la estructura; (b) Los que consideran el discurso como comunicación en el ámbito de la cognición; (c) Los que se centran en la estructura socio cultural (van Dijk, 1992):

Siguiendo en la perspectiva de van Dijk (2000), observamos que el análisis del discurso en los procesos educativos engloba tres dimensiones, los usos del lenguaje, la comunicación de ideas y creencias; y la interacción de los participantes. Además, por medio del análisis del discurso, diversos fenómenos que ocurren en una clase entre sus componentes al interactuar, pueden ser advertidos y estudiados.

En la Figura 2.1, vemos algunos aspectos de la comunicación o interacción en el aula de clases que pueden ser explorados a través del análisis de discurso.

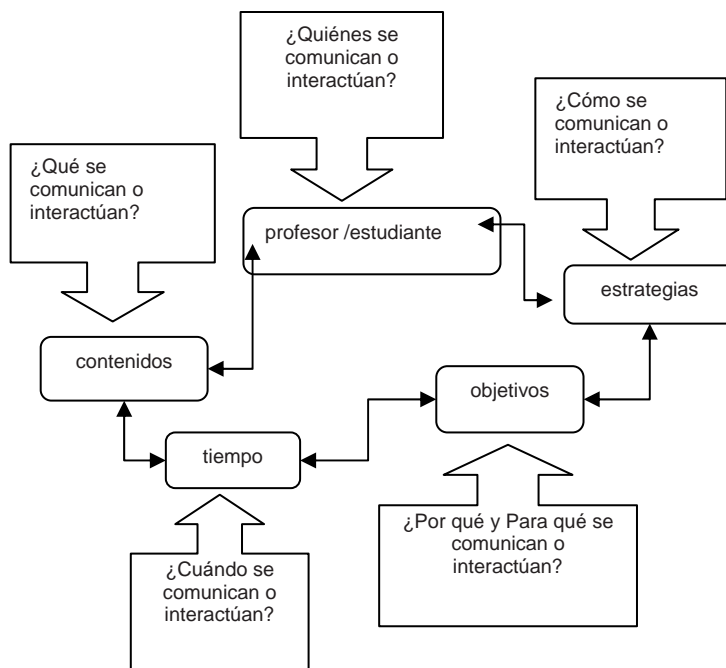


Figura 2.1. Aspectos de la interacción educativa posibles de estudiar a través del análisis del discurso. Basado en Van Dijk (2000).

Destacamos que, la asignación de tales dimensiones y funciones al análisis del discurso, pueden hacer posible observar, desde la óptica de distintos campos disciplinarios (lingüística, psicología y ciencias sociales), la interacción educativa. En consecuencia, podemos sustentar que el aula es un espacio donde se entrecruzan diferentes discursos, cuya finalidad debiera ser producir, compartir y construir o reconstruir significados.

El discurso en la enseñanza y el aprendizaje, es un tema cuyo estudio se ha ido acrecentando con el tiempo, dentro de las líneas de investigación en la enseñanza de las ciencias experimentales y la matemática. En el área de la ciencia, algunos de los trabajos encontrados, fueron los de Campaner y De Longhi, (2005); Revel et al., (2005); Jiménez y Díaz, (2003); Osborne et al., (2004); Kuhn (1993); Ogborn et al., (1996); Sardá y Sanmartí (2000); Cazden (1991), Fagúndez, (2006); entre otros.

En estas investigaciones, se utiliza una composición de teorías sobre el discurso y la argumentación, generalmente basadas en los trabajos de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) y Toulmin (1993).

Estos autores, dieron propuestas alternativas a las de la lógica formal (que no toma en cuenta la lengua natural o cotidiana). Perelman y la Nueva Retórica, privilegió el razonamiento legal, intentando establecer criterios para la conducta argumentativa racional, presentando estrategias que permitiesen persuadir o convencer al interlocutor. Mientras que Toulmin, estableció un modelo procedimental para argumentar, donde liga la argumentación al contexto cultural. Los componentes del modelo de Toulmin son: los datos, la conclusión, las justificaciones y el conocimiento básico, a los cuales se agregan los calificadores modales y la refutación.

Entre las investigaciones en el área de la enseñanza de la matemática revisadas (Acevedo, 2007; Ramos y Font, 2006; Dall'anese, 2006; Bolite Frant et al., 2005b), además de fundamentarse en alguna de las perspectivas antes señaladas sobre el discurso y la argumentación, también se asientan, en general, en las teorías de la cognición corporizada de Lakoff y Johnson (1999); Núñez (2000); Fauconnier y Turner (2002); las teorías de la acción comunicativa de Habermas (1987) y la visión sobre la naturaleza social de la enunciación de Bakhtin (2003).

Más adelante, nos referiremos en detalle a algunos de estos trabajos, sin embargo, queremos adelantar que en la mayoría de ellos, se analiza el discurso que se origina en el aula, de profesores o estudiantes, durante el desarrollo de clases teóricas o prácticas de laboratorio o actividades diseñadas específicamente para este fin.

La evaluación en conjunto de las perspectivas teóricas mencionadas anteriormente sobre el lenguaje y el discurso en educación, nos permitió delimitar y situar nuestra investigación, en el análisis de las argumentaciones de estudiantes a nivel del básico de ingeniería.

Para este fin, se planteó colocar a los estudiantes en un ambiente convencional, extra-clase o interactuando con un software, para que ejecutaran acciones pedidas en tareas propuestas, sobre la representación cartesiana del movimiento rectilíneo, ya que como planteamos en el capítulo anterior, queríamos reconocer la producción de significado matemático -que involucra el concepto matemático o físico de la derivada-, mientras los estudiantes *dialogan e interactúan* entre ellos o al ser cuestionados por la profesora/investigadora.

Para situar nuestro trabajo, en el tipo de estrategia argumentativa que vamos a utilizar, presentamos a continuación un resumen de los aspectos que hemos considerado más relevantes sobre la argumentación, el discurso argumentativo, y las perspectivas o enfoques teóricos para su estudio y aplicación

2.1.3 La Argumentación

2.1.3.1 La argumentación entre retórica y ciencia

La retórica clásica considera, que la argumentación constituye la parte del discurso retórico donde se aducen las pruebas y se refutan las tesis del adversario, cuya finalidad es persuadir al destinatario.

Según Plantin (2002), tradicionalmente se considera a la teoría de la argumentación como la parte fundamental del sistema retórico. La retórica antigua distingue dos puntos de vista para este sistema: el análisis del proceso argumentativo y el análisis del producto argumentativo (Patillon, 1989, citado por el autor).

Desde el análisis del proceso argumentativo, se distinguen cinco etapas en el proceso de construir un discurso argumentado, que hemos resumido en el Cuadro 2.1:

ETAPAS DEL DISCURSO ARGUMENTADO	
• <i>Argumentativa (invención):</i>	A través del pensamiento se buscan argumentos pertinentes para el examen de una causa
• <i>Textual (disposición)</i>	Los argumentos que se han encontrado se ordenan
• <i>Lingüística (elocución)</i>	La argumentación que se ha pensado toma forma con palabras y frases
• <i>Memorización</i>	La argumentación se memoriza antes de transmitirse un público
• <i>Acción</i>	Ultimo momento retórico

Cuadro 2.1. Etapas del discurso argumentado. Basado en Plantin (2002).

El análisis del producto argumentativo, se interesa por la estructura del discurso una vez terminado y ofrecido al público. Por ejemplo, un discurso judicial comienza por la *introducción* del caso, sigue con *la narración* de los hechos, va *construyendo argumentos* sobre los hechos narrados, hay la *refutación* de los antagonistas y termina con la *conclusión* en la que se recapitulan los puntos esenciales.

Pero también, se desarrolló desde sus orígenes, una visión de la argumentación científica dentro del marco de una *lógica*. En el sistema de conocimientos definido como Lógica Moderna - Filosofía Analítica, movimiento del Positivismo Lógico y tendencias similares, se planteó la pretensión de que, la lógica estándar debía ser la pauta universal o única perspectiva válida para observar, cualquier proceso comunicacional de argumentación, es decir, no sólo la argumentación científica o teórica, sino cualquier interacción comunicacional, en el ámbito cotidiano, jurídico, religioso, entre otros. La validez o no de tales argumentos debería, según esa concepción, ser enjuiciada desde los criterios de la lógica pura (Plantin, 2002; Rodríguez de Rivera, 08/12/2004).

Según esta concepción, los argumentos que la lógica científica puede analizar tienen que ser sometidos a un proceso de estandarización que Alonso (2003), nos señala como el siguiente:

- Eliminar las funciones del proponente, el oponente y la audiencia.
- Identificar la presencia de una serie de partículas previamente establecidas por el análisis lógico (*apriorismo*).
- Eliminar o distorsionar Los elementos que no pueden ser integrados dentro de una regimentación lógica del lenguaje previamente establecida.
- Las partículas relevantes desde un punto de vista lógico son interpretadas funcionalmente sin tener en cuenta el comportamiento de esos operadores en el lenguaje ordinario.
- La corrección de un argumento es sólo formal, es decir, no pueden quedar elementos inexpresados o premisas elícitas.

2.1.3.2 Los estudios contemporáneos y las tendencias recientes de la argumentación

Continuando bajo los planteamientos de Plantin y de Rodríguez de Rivera, anteriormente mencionados, las pretensiones de los seguidores de la argumentación científica dieron lugar, en el amplio escenario de la discusión filosófico y meta-teórica, a una serie de reacciones. El renacimiento de la vieja Retórica (o de la Tópica aristotélica) es otra reacción ante esos planteamientos. Estas reacciones pueden articularse en las siguientes tendencias:

- El examen de las estructuras argumentativas (Toulmin, 1993).
- La Nueva Retórica (Perelman, 1989).
- Las teorías enunciativas de la argumentación (Austin, 1962; Habermas, 1979,1987; entre otros).

En el mismo año, 1958, aparecen *The Uses of Argument*, de S. Toulmin; y *El Tratado de la Argumentación-La Nueva Retórica*, de C. Perelman y L. Olbrechts-Tyteca, estas obras coinciden en una referencia común a la práctica jurídica. Buscan dentro del pensamiento argumentativo un medio para crear una racionalidad específica, practica para los asuntos humanos.

Toulmin ha propuesto la tesis, que afirma que la función de las expresiones relevantes argumentalmente (por ejemplo: el empleo de operadores lógicos), puede ser explicada mediante un esquema de la articulación del argumentar. El esquema permite tratar globalmente un cierto número de elementos discursivos cuya articulación caracteriza lo que se podría llamar *célula argumentativa* (Plantin, 2002).

Presentamos, en el Cuadro 2.2, un resumen de los principales elementos del esquema de Toulmin, basado en Plantin.

ELEMENTOS DEL ESQUEMA DE TOULMIN	
▪ <i>Datos</i>	Información disponible por los argumentadores, se distingue entre datos suministrados y obtenidos, y dentro de éstos, entre empíricos (por ejemplo, de una experiencia de laboratorio) e hipotéticos; se utilizan para justificar y validar una afirmación
▪ <i>Justificaciones</i>	Reglas específicas para la argumentación, que se comprenden como lo que lleva a admitir como garantía de una inferencia determinadas razones o fundamentos
▪ <i>Conclusión</i>	Lo que se reclama ser válido
▪ <i>Conocimiento básico</i>	Fundamentos de carácter general.
Y en algunos casos, contiene estos componentes que pueden estar explícitos o implícitos	
▪ <i>Calificadores modales</i>	Especifican las condiciones necesarias para que una justificación dada sea válida
▪ <i>Refutación</i>	Elementos que determinan las condiciones para que un justificación dada no sea válida o suficiente para dar soporte a la conclusión

Cuadro 2.2. Elementos discursivos, esquema de Toulmin. Basado en Plantin (2002).

A continuación, en la Figura 2.2, mostramos un argumento en formato Toulmin, formulado por dos estudiantes, a las que se les planteó descubrir a que tipo de individuo correspondían las células mostradas en un microscopio (Jiménez y Díaz, 2003).

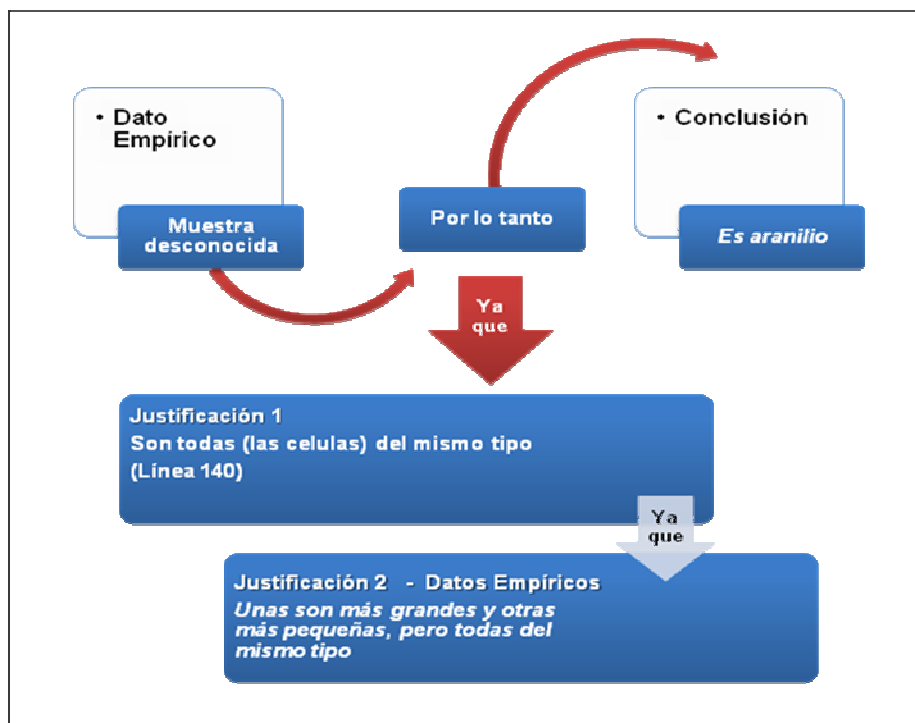


Figura 2.2. Argumento formato Toulmin. Basado en Jiménez y Díaz (2003)/ Grupo G.

Nota: En la investigación el *Arañillo* es un individuo hipotético extraterrestre cuyas células son como las de los animales terrestres. Respira a través de la piel y no tiene sangre. Sus células de forma irregular, se encuentran distribuidas en capas y son todas del mismo tipo.

Este esquema permite considerar, como una de sus posibles aplicaciones el tradicional "silogismo". En ese caso, al predicar algo universalmente, en la premisa inicial universal, como un "cuantificador universal", se deberá llegar a una afirmación de existencia o de ser el caso, en la conclusión.

A pesar de las coincidencias entre los enfoques de Toulmin y Perelman, la principal diferencia entre ambas propuestas, es señalada por Bachalet (1999) y se refiere principalmente a centrar la caracterización de la argumentación en su validez o en la constitución del auditorio.

Mientras Toulmin relaciona la validez de un enunciado, primeramente, a la estructura del discurso (su racionalidad) que la defiende, y que hace que esa validez dependa fundamentalmente de la validez de las premisas, en el seno de una comunidad (de un dominio) de referencia, donde, la validez de estas premisas se establece de acuerdo a algunas reglas. En contraste; Perelman considera que la argumentación se caracteriza, menos por la consideración de su objeto, que por la consideración de su auditorio; la argumentación no busca tanto establecer la validez de un enunciado como obtener la adhesión del auditorio.

Perelman, de esta forma, rescata la antigua retórica, la de los griegos, para diferenciarla de la *retórica clásica* que redujo la retórica aristotélica al formalismo del estudio de las figuras literarias, su objetivo, por tanto, es volver al sentido primigenio que tuvo en la antigüedad: el arte de disuadir y/o persuadir con razones, a esto le denomina *Nueva Retórica*, donde el argumentar tiene primariamente la finalidad pragmática de lograr el asentimiento de la otra parte.

Los estudios sobre la Nueva Retórica, iniciaron una reflexión teórica sobre la argumentación en la que Perelman, distingue tres campos de la teoría de la lógica del discurso: la teoría de la argumentación, la teoría de la elocuencia y la teoría de la composición. También distingue, dos tipos de razonamientos: analíticos, utilizados en la lógica formal y los dialécticos, que tratan de establecer acuerdos sobre los valores que son objeto de controversia.

Perelman y Olbrechts-Tyteca retoman la definición de Aristóteles, que admite que los juicios analíticos parten de premisas indiscutiblemente verdaderas que concluyen o conducen a inferencias validas. Por eso, estos juicios son de utilidad en la lógica formal y las ciencias de la naturaleza. Por el contrario, los razonamientos dialécticos, no se dirigen a establecer demostración alguna desde el punto de vista científico, sino guiar las deliberaciones y controversias, porque su principal objetivo es persuadir, disuadir, convencer, mediante el uso del discurso o criticar tesis opuestas, al tiempo que se defienden las propias por medio de razones validas para el interlocutor.

Es así como los razonamientos dialécticos tratan de establecer acuerdos sobre asuntos que suscitan polémica. La verdad es intersubjetiva, se construye a través de la acción comunicativa y se la otorgará al que mejor argumente; la conclusión es que este razonamiento -dialéctico- es de enorme utilidad en la vida cotidiana y en las ciencias sociales.

Perelman y Olbrechts-Tyteca establecen claras diferencias entre *argumentar* y *demostrar*, dos verbos, que no son sinónimos y mucho menos el uno incluso del otro. La demostración es un medio de prueba que se utiliza para establecer la verdad en las ciencias exactas. La argumentación en cambio, es una acción dialógica que permite la adhesión a la tesis que se propone mediante razones validas. Es así como ellos, establecen las relaciones de la teoría de la argumentación con la retórica antigua; la lógica, la teoría de los actos lingüísticos y la filosofía.

Una manera de establecer estas relaciones es la propuesta por León (1991):

- La teoría de la argumentación se construye en un ambiente filosófico.
- La filosofía es un intento racional -aunque no científico-, por resolver problemas inmaduros. Es decir, problemas para los cuales no existe un método estándar reconocido por una comunidad de especialistas.
- La argumentación es un intento por producir determinados efectos en el público, en la audiencia o en un auditorio.
- Para que la teoría de la argumentación sea teoría razonablemente aceptada, requiere definir un concepto clave, que es el concepto de fuerza de un argumento o fuerza de una argumentación.
- La teoría de la argumentación, nos pide "tratar a todos los seres de la misma categoría, de manera semejante".
- La primacía de la razón práctica, por encima de la razón instrumental.
- Los argumentos se deben expresar mediante proposiciones.

- La argumentación se formula en lenguaje de la lógica informal, la demostración lógica fundamentalmente en el lenguaje de la formalidad científica.
- La argumentación conduce a acuerdos, la lógica a la verdad irrefutable a través de pruebas demostrativas.

Más recientemente, encontramos otras tendencias que se contraponen a los fundamentos de la argumentación científica, estas son las teorías enunciativas de la argumentación -enfoque pragmático-. Estos nuevos enfoques han hecho posible el estudio de argumentaciones consideradas *cotidianas* o *comunes* que se producen fuera del marco institucional y presentan propuestas de análisis de los discursos argumentativos desde cinco perspectivas teóricas. A continuación mostramos un resumen de estas perspectivas en el Cuadro 2.3.

ENFOQUES PRAGMÁTICOS DE LA ARGUMENTACIÓN	
Pragmática lingüística integrada en la lengua	A partir de la obra de Anscombe y Ducrot (1983), se estudia y redefine la noción de argumentación a partir del campo de la lingüística “de la lengua”.
Argumentación y análisis de la conversación	Estudia el análisis lingüístico de la argumentación en la conversación a partir de la descripción de los intercambios (interacciones) verbales cotidianos y estudia la fuerza ilocucionaria de las secuencias argumentativas y su función en el discurso análisis de las interacciones verbales. -(Moeschler, 1985)-.
Lógica pragmática	Construcción de lógicas naturales dentro de la investigación en ciencias cognitivas. -(Vignaux, 1988)-.
La Pragmadialéctica	Estudia la argumentación como un tipo de diálogos fuertemente sujetos a normas. Propone un sistema de reglas explícitas para el debate argumentativo racional, busca reconstruir la argumentación compleja y sus configuraciones - (van Esmeren y Grooteendorts, 1996)-.
Pragmática sociológica y filosófica de la “acción comunicativa”	Estudio de los procesos argumentativos o "discurso" a partir del análisis del proceso de comunicación donde sólo la existencia previa de un sistema de lenguaje y de uso social del lenguaje posibilita que en tales discursos sea posible lograr el asentimiento de la otra parte. -(Habermas, 1979, 1987)-.

Cuadro 2.3. Resumen de las teorías enunciativas de la argumentación o enfoque pragmático. Basado en Plantin (2002) y Zamudio et al. (2002).

Sobre estas diversas tendencias, que presentan en general distintos puntos de vista sobre la argumentación, es importante destacar que coinciden en definirla como una actividad discursiva, orientada hacia el fin de influir sobre las creencias, los valores, las actitudes y los conocimientos de los destinatarios con la intención de modificarlos para que coincidan con los del enunciador (Croos, 2003). Y en relación a esta combinación de teorías, en las que se puede enmarcar la argumentación, Plantin también nos señala que:

El sistema semántico de la lengua en que se reflexiona sobre la argumentación proporciona, de ese modo, esbozos de teorías “pre-” o “proto-teorías” que se deben tener en cuenta (Plantin, 2002, p. 28).

De allí la consecuencia, de que se puedan tomar decisiones que redefinirán el estudio de la argumentación y permitirán una determinada teorización, por lo cual, cada una de esas decisiones, entraña una nueva definición del término argumentación. Por lo cual, debe tenerse en cuenta que, de acuerdo a la respuesta que se dé, a ciertas cuestiones fundamentales, que a su vez han provocado esas teorías (lenguaje-pensamiento; lengua-discurso; monólogo-diálogo; estudio de la argumentación: normativo-no normativo; consenso-disenso) estaremos ubicados, en una u otra teoría de la argumentación.

2.2 EL MODELO DE ESTRATEGIA ARGUMENTATIVA

El Modelo Estrategia Argumentativa (MEA), es un modelo que parte de la filosofía de lenguaje y de los estudios pragmáticos, y nos permite describir o engendrar los argumentos que se producen en el diálogo entre sujetos (Castro y Bolite Frant, 2000).

La Teoría de la Argumentación es utilizada en el MEA, como herramienta de análisis e investigación. El análisis de los argumentos bajo este modelo, es una alternativa del análisis del discurso, en la que se procura interpretar las

intenciones del enunciador, de persuadir a quienes se dirige, y donde se destacan las relaciones entre, el "tipo" de argumento y los posibles significados que producen efectos sobre los oyentes. Este análisis, basado en la Nueva Retórica, se centra en la búsqueda de las estrategias utilizadas para convencer a otro a través de argumentos.

Para Castro y Bolite Frant (2008), la argumentación consiste en establecer una solidaridad entre premisas admitidas por el auditorio (el conjunto de todos aquellos, sobre los que el locutor-orador quiere ejercer influencia a través de su discurso) y las que se quieren hacer admitir, o al contrario, entre premisas *recusadas* por el auditorio, y otras que se desean que parezcan absurdas. Por lo tanto, la argumentación es más eficaz, cuando sean mayor y realmente aceptadas por el auditorio las premisas sobre las cuales el locutor-orador se basó.

En este proceso de argumentación, los acuerdos vienen a ser las hipótesis sobre las cuales, el enunciador se basa para construir sus argumentaciones. Pero esas hipótesis, nunca pasan de ser eso, pueden ser modificadas a través del diálogo, cuando el enunciador esta delante de las *réplicas* a su discurso, pero no se llega a penetrar el terreno de la certeza. Esas hipótesis son el punto de partida (el origen) de la construcción de la argumentación, ellas son lo que el enunciador cree que su auditorio tiene como admitido.

▪ **La lógica del discurso cotidiano vs la lógica formal (matemática): la visión del Modelo de Estrategia Argumentativa de Castro y Bolite Frant**

Retornando sobre los distintos puntos de vista sobre la argumentación, que hemos señalado anteriormente, en relación con el Modelo de Estrategia Argumentativa que hemos tomado como referente teórico-práctico en nuestra investigación, asumimos que, la lógica empleada en una argumentación, difiere mucho de la lógica empleada en los razonamientos de tipo matemático. Las autoras de este modelo, señalan que, como el término *lógica* es empleado sobre todo cuando se trata de lógica formal, esa utilización casi exclusiva del

término, da como resultado una desvalorización moderna de la lógica empleada en el discurso cotidiano, de la lógica de tipo argumentativo. Sin embargo, al mismo tiempo, el discurso cotidiano utiliza frecuentemente la palabra *lógica* para reivindicar una situación privilegiada, que para determinados enunciados, las enunciaciones y sus enlaces adquieren valor, a medida que parecen aproximarse a las proposiciones y enlaces de tipo matemático. Por lo cual, ese proceso de hacer parecer un argumento como razonamiento de tipo matemático, ya sería un procedimiento *retórico*.

La Nueva Retórica permite un tratamiento operacional de esta cuestión, poniendo a nuestra disposición otra lógica, la del discurso cotidiano, que no es la formal. Esta lógica varía de un grupo semiótico a otro, no posee una estructura estable e inmutable. Es una lógica dependiente del contexto en que el grupo está insertado. Los aspectos que conciernen al contexto de enunciación del discurso, son fundamentales a la argumentación pues el contexto determina las elecciones del enunciador.

Los cinco aspectos de la argumentación, que la Nueva Retórica destaca y que distinguen claramente la argumentación del razonamiento demostrativo, son señalados por Castro (1997):

- Se dirige a un auditorio
- Se expresa en un lenguaje cotidiano
- Sus premisas son verosímiles
- Su progresión depende del orador
- Sus conclusiones son siempre contestables

Este Modelo de Estrategia Argumentativa, ha sido utilizado en diversas investigaciones para analizar los argumentos producidos por profesores y/o estudiantes mientras reflexionaban, desarrollaban tareas o actividades que envolvían conocimiento matemático (Castro y Bolite Frant, 2002; Dall'anese 2006; Mometti, 2007); por lo que consideramos que se adapta a nuestros requerimientos para realizar el análisis del discurso en nuestro estudio, ya que la aplicación del modelo permite seleccionar y explicar los momentos en los cuales, un estudiante intenta convencer o otro (o a sí mismo) de una idea, mientras ocurren negociaciones, cuando existen acuerdos o controversias.

Además, los tipos de argumentos utilizados por los estudiantes, deben estar condicionados por las diferentes maneras, como ellos mismos hayan reformado las conjeturas -que asumen ya aceptadas por el grupo con el que han interactuado- con aquellas que quieren que el grupo acepte. La premisa básica de este proceso, es que las formas de argumentar desarrolladas por los estudiantes, se vuelven eficaces porque son compartidas por el grupo y útiles para éste.

Otro componente teórico del modelo, es que para su implementación, las autoras dan prioridad a considerar el conocimiento como un proceso de *producción de significado*, en lo que se refiere a que el conocimiento no puede ser transportado, ni transferido de una persona a otra, o de un punto a otro (las informaciones sí), no hay transferencia de conocimiento sino producción de conocimiento (Lins, 1996).

Según esta perspectiva los procesos cognitivos no se suceden paso a paso, de los más simples a los más complicados, o sea, se rompe con la imagen del edificio del saber donde se agregan los ladrillos para su construcción, o la de los puentes que enlazan un conocimiento con otro.

Bajo esta perspectiva, se entiende que el sujeto va negociando repertorios de los más diversos que, de alguna forma, se organizan para él, donde, sobretodo, las analogías y metáforas que le sirven a él, no necesariamente sirven para algún otro. Según Lins (1993), cuando ciertas personas comparten una misma creencia, pero con justificaciones distintas, ellas están produciendo conocimientos distintos. Una manera de poder observar esta producción de conocimientos distintos, es en los procesos de resolución de problemas y en las demostraciones.

Castro y Bolite Frant (2002), hacen énfasis en hablar de producción de conocimiento, donde el conocimiento es visto como todo lo que efectivamente es dicho (oralmente, por escrito, gestualmente) por el sujeto, acerca de un objeto. Es decir, el conocimiento no es lo que podría ser dicho sobre un objeto

por otros, o escrito en libros-textos, o hablado en una clase expositiva por un profesor, o en una conversación de un colega.

Esto nos reafirma que la noción de *producción de significado* no está ligada a la idea de lo que sea o es significativo, para éste o aquel individuo o para el profesor. Por esto, las autoras adoptan la posición de Lins y Giménez (1997), quienes analizan todo lo que, efectivamente, es dicho por el sujeto sobre un determinado objeto.

De esta forma, los argumentos utilizados para expresar creencias y justificaciones componen el *cuerpo* del análisis. Las autoras también consideran, que los procesos de producción de objetos matemáticos son similares a los procesos de producción de significado para objetos de lo cotidiano. Es decir, los conceptos matemáticos son en la mayor parte de los casos, construidos por el lenguaje cotidiano (del día a día), regido por las reglas basadas en prácticas sociales.

La aplicación del modelo de estrategia argumentativa, consiste en un trabajo de reconstrucción de argumentos producidos durante un *episodio*. Los episodios se componen de segmentos extraídos de material escrito o de transcripciones de video. Un episodio es tomado como una secuencia de diálogos, escogida por contener datos relevantes sobre el tema, que está siendo investigado o por presentar nuevas cuestiones para ese tema.

Sobre cada episodio escogido, se construye una pregunta en dirección a la cual, los argumentos parecen aproximarse, teniendo como paso inicial para la interpretación del argumento, la construcción del tema en torno al cual la argumentación se desenvuelve, tratando de encontrar lo que da claridad y organización al habla de los que participan en los diálogos. El análisis de un episodio, requiere la recreación del contexto de la enunciación. La comprensión de una afirmación, no se limita a la evaluación del contexto en el cual transcurre el discurso, es importante entender el papel de tal afirmación, dentro de la argumentación.

En la construcción de la estrategia argumentativa se toman en cuenta los argumentos utilizados por el orador de manera de componer una totalidad coherente. Para establecer esta construcción se siguen los siguientes pasos:

- Reconstruir secuencias coherentes de razonamiento (que no necesariamente se presentan en forma lineal)
- Rellenar espacios implícitos de lo que fue dicho
- Identificar significados relevantes que fueron producidos
- Caracterización de los argumentos a través de esquemas
- Interpretación de los esquemas

Es importante destacar, lo que significa en la construcción de la estrategia argumentativa, la etapa de *completar los espacios implícitos de lo que fue dicho*. Esto quiere decir, que cuando se estén reconstruyendo las secuencias coherentes de razonamiento, se debe estar atento a completar los implícitos, como por ejemplo, momentos de silencio, expresiones faciales o gestos, entonaciones de voz, que pueden estar explicitando informaciones con respecto al modo de pensar de los sujetos. Podemos considerar a los implícitos como momentos en que, se sabe qué decir, pero no es posible expresarlo, generalmente, por observación de reglas sociales. También, se puede considerar como implícito, algo que está en el inconsciente, o que es automático, o sobreentendido para el que habla y no se dice.

El modelo propone que el lenguaje no puede ser reducido sólo a comunicación, valorizando el estudio de los implícitos y de otros usos que los individuos hacen de él, ya que si el lenguaje natural se restringiese a transmitir información, todos los contenidos serían expresados de forma explícita. Sobre la existencia de los implícitos, los autores (Bolite Frant et al., 2004) precisan lo siguiente:

“Lo implícito se sitúa en la región de “decir lo que no puede ser dicho”, o de “decir pareciendo no haberlo dicho” o más aún, de “decir defendiéndose del riesgo de ser contestado”. El implícito puede ser intencional o no, más su uso retórico presupone una intencionalidad: como cuando presentamos en lugar de las cosas que no queremos decir, otras cosas que parecen como su causa o consecuencia necesaria”. (Bolite Frant et al., 2004, p. 49-50)

Para la argumentación es fundamental que haya dialogo entre las personas, negociaciones, intercambios y controversias, por este motivo, elaboramos tareas que implicaban la representación cartesiana del movimiento rectilíneo tratando de que provocasen controversia y discusiones entre los estudiantes. Esto lo hicimos siguiendo lo que Castro y Bolite Frant (2002), señalan:

“El dialogo entre las personas es entendido no sólo como una comunicación en voz alta, sino como un momento de intercambio lógico, un momento de relación con el otro, cuando los interlocutores, se dejan invadir uno a otro, exponiéndose a la objeción de sus creencias y de sus conocimientos. El diálogo, en este sentido, es siempre un riesgo, es una relación dialógica entre los individuos. Una relación dialógica supone que los interlocutores comparten conocimientos, representaciones, actitudes, percepciones, en fin, hábitos de pensamiento”. (Castro y Bolite Frant, 2002. p.8)

Analizando los diálogos que ocurrieron en los grupos de estudiantes, en nuestra investigación, esas formas de intercambio se dieron entre los participantes, pues todos tuvieron la disposición de exponer sus opiniones e intercambiar sus ideas, por diversos medios (oralmente, por escrito, gestualmente, accionando sus cuerpos, dibujando).

Debemos tener siempre en cuenta que no hay un lenguaje construido para la argumentación, cuando se argumenta se hace con un lenguaje cotidiano y las conclusiones nunca son definitivas. Quien argumenta lo hace a partir de convenciones sociales.

En esta investigación, el Modelo de Estrategia Argumentativa propuesto por Castro y Bolite Frant, se acompañará de las teorías de la cognición corporizada, en los que se enmarca la metáfora conceptual y el mezclaje conceptual, para extraer elementos que nos ayuden en el análisis de las argumentaciones de los estudiantes mientras resuelven, organizados en pequeños grupos, tareas con problemas que involucran la representación gráfica del movimiento rectilíneo.

En nuestro trabajo, pretendemos que los estudiantes participantes, hablen y argumenten, mientras resuelven actividades relacionadas con la

representación gráfica cartesiana del movimiento rectilíneo, para reconocer mediante el análisis del discurso, y en particular de las argumentaciones, los diferentes significados que pueden ser asociados a tales contenidos.

Nuestro objetivo, es investigar como ocurren estos procesos, a través del estudio de las argumentaciones, por medio del Modelo de Estrategia Argumentativa. Aspiramos también, mirar las inferencias que hacen los estudiantes y de donde vienen esas inferencias, al tratar de observar la comprensión, forzando al estudiante a argumentar y, para entender mejor los argumentos. Este proceso de comprender mejor los argumentos de los estudiantes, también puede permitirnos identificar las metáforas y montajes conceptuales que estructuran la forma de pensar de los estudiantes.

La completación de los implícitos en las enunciaciones de los estudiantes, lo que se hace o se dice inconscientemente cuando se comunican, también será observado, a través del desarrollo de las secuencias de razonamiento argumentativo, a partir del lenguaje que es revelador de metáforas y montajes conceptuales. Articulamos así, en nuestra investigación, por medio del lenguaje, el Modelo de Estrategia Argumentativa de Castro y Bolite Frant con la teoría de la cognición corporizada que presentamos a continuación.

2.3. LA TEORÍA DE LA COGNICION CORPORIZADA

La teoría de la cognición o mente corporizada (*embodied mind o embodiment*), expresa que la mente debe comprenderse en el contexto de su relación, con un cuerpo físico que interactúa con un mundo exterior. Es decir, las ideas, los pensamientos, los conceptos y todos los demás aspectos de la mente, son moldeados por el cuerpo: por nuestro sistema motor y sensorial, por la comprensión del mundo que se construye en nuestros cuerpos y cerebros, por nuestras actividades e interacciones con el ambiente. Esta teoría

se opone a otras teorías de la cognición como el dualismo cartesiano y el cognitivismo.

El dualismo cartesiano sostiene que la mente y el cuerpo son completamente diferentes: existe un alma insustancial y libre (mente) característica exclusiva de los humanos y una sustancia extensa que responde a leyes físicas (el cuerpo humano). Descartes postuló, que el conocimiento del mundo se obtiene por medio de representaciones; el origen, la fuente y los límites del conocimiento, están en la razón humana y no en la experiencia.

El cognitivismo es una teoría que considera que las funciones de la mente, pueden realizarse en términos de la manipulación de símbolos, de acuerdo con reglas explícitas. Es decir, para la teoría existen tres elementos claves: representación, formalismo y transformación basada en reglas. El simbolismo clásico propició, el desarrollo de tecnología de los computadores y convirtió el estudio de la mente en una opción científica.

Puede expresarse, que existen dos enfoques básicos diferentes sobre la cognición: la propuesta simbólica y la corpórea. El simbolismo considera a la mente como un procesador de información abstracta, cuyas conexiones con el mundo exterior son de poca importancia teórica, mientras que, la propuesta corpórea, enfatiza las funciones motoras y sensoriales y las interacciones con el ambiente.

Actualmente, no existe una teoría unificada de la mente corporizada, y los investigadores adscritos a esta corriente de pensamiento comparten algunos de los siguientes puntos de vista (Wilson, 2002):

- La cognición es situada. Es la cognición que se da en el contexto de tareas que revelan inputs y outputs.
- La cognición es presionada por el tiempo.
- Nosotros descargamos parte del trabajo cognitivo en el ambiente (podemos complementar nuestras capacidades cognitivas almacenando

o procesando información en el exterior, por ejemplo usando un computador).

- El medio ambiente es parte del sistema cognitivo.
- La cognición es para la acción. La principal función de la mente es guiar la acción, por lo que, la percepción y la memoria están involucradas en la selección y anticipación de eventos deseados.
- La cognición “fuera de línea” se basa en el cuerpo. Esta cognición ocurre disociada de su ambiente inmediato, por ejemplo: pensamientos sobre eventos ocurridos en otros tiempos y lugares. En este caso, el conocimiento se estructura influenciado por la experiencia sensorial-motora.

2.3.1 Una mirada a las teorías de Grounded Cognition

Recientemente, se ha comenzado a escuchar el término *grounded cognition*, que podríamos traducir como cognición vinculada o atada (Anderson, 2008; Barsalau, 2008). El término se asocia con el *grounding problem*, el cual se refiere a como los símbolos creados para representar el mundo pueden volver a relacionarse con el mundo real. Algunos solucionan el problema asumiendo que el significado de un símbolo se refleja en sus relaciones con otros símbolos (por ejemplo, los modelos de red semántica).

Sin embargo, sin ninguna referencia al mundo exterior, tales símbolos carecen de significado, y resulta de mayor provecho, considerar la cognición vinculada al cuerpo humano y a su interacción con el medio ambiente y, por tanto, sujeta a la percepción y la acción. Así, la percepción y la acción no son sólo dispositivos de entrada y salida, sino bases fundamentales para la cognición superior. En lugar de las teorías tradicionales, los investigadores de *Grounded Cognition* se han alejado de los símbolos amodales, centrándose en la simulación, la acción situada, y los estados corporales.

Debido a que la teoría es muy reciente, no existe una visión unificada, y se encuentra vaguedad y percepciones erróneas, algunas de las cuales se mencionan (Barsalau, 2008):

- *Las teorías son a menudo vistas como completamente empíricas y, por tanto, incompatibles con el nativismo.* Sin embargo, los nativistas clásicos suponen que las imágenes desempeñan funciones centrales en el conocimiento. De hecho, no existen a priori razones por las cuales la simulación no puede tener una fuerte base genética. Las contribuciones genéticas casi seguramente dan forma a los sistemas modales y a los sistemas de memoria que capturan e implementan simulaciones. Algunas simulaciones podrían tener una base genética.
- *Las teorías son como sistemas de grabación que sólo capturan imágenes (por ejemplo, cámaras) y no son capaces de interpretar esas imágenes conceptualmente.* Sin embargo, estas teorías son capaces de aplicar las clásicas funciones simbólicas que subyacen a la interpretación conceptual.
- *Las teorías son a menudo vistas como si sólo usaran representaciones sensorio-motrices del mundo externo para representar el conocimiento.* Como resultado de ello, se argumenta que no pueden representar conceptos abstractos no fundamentados externamente. Los investigadores, que desarrollan la teoría de la cognición o mente corporizada (embodiment), desde los clásicos empíricos, han argumentado que los estados internos tales como la meta-cognición y las emociones, constituyen fuentes de conocimiento no menos importantes que la experiencia externa. Teóricos recientes del embodiment, proponen que el conocimiento adquirido, a partir de la introspección, es fundamental para la representación de conceptos abstractos.
- *Las teorías se toman como necesariamente dependientes de los estados corporales o simulaciones completas que recrean la experiencia.* Los investigadores de grounded cognition no hacen ninguna de esas hipótesis. Los estados corporales no son necesarios para la actividad cognitiva, aunque pueden estar estrechamente relacionados con ella. Aunque la simulación es una construcción central, estos investigadores coinciden en que las simulaciones rara vez o nunca, crean experiencias completas. Por

el contrario, las simulaciones son típicamente recreaciones parciales de la experiencia que pueden contener sesgo y error.

Las teorías de Grounded Cognition contienen ideas sobre los mecanismos fundamentales para la cognición que las teorías estandarizadas han ignorado en gran medida, tales como simulación, acción situada y estados corporales. Barsalau (2008) clasifica las teorías de la siguiente manera:

2.3.1.1 Teorías de la lingüística cognitiva

Estas teorías defendieron las funciones de los cuerpos, las situaciones, y simulaciones en el lenguaje. Lakoff y Johnson (1999) sostienen las siguientes premisas: a) la mente esta corporizada, b) el conocimiento es inconsciente. La mayoría de los procesos cognitivos son inconscientes, en el sentido de que no son accesibles a nuestra introspección consciente, puesto que no podemos llegar directamente a nuestros sistemas conceptuales y a nuestros procesos cognitivos de nivel inferior y c) el pensamiento es metafórico. El mecanismo cognitivo que permite que lo abstracto se comprenda en términos de lo concreto es la metáfora conceptual.

Otras teorías de la lingüística cognitiva han fundamentado la sintaxis y la semántica del lenguaje natural en los componentes de la experiencia, tales como caminos, las relaciones espaciales, procesos y fuerzas (por ejemplo, Lakoff, 1987; Langacker 1987, 1991; Talmy, 1983, 1988).

Gallese y Lackoff (2005) se oponen a los que afirman que todos los conceptos (incluso los conceptos sobre acción y percepción) son abstractos y simbólicos, por lo que, deben implementarse fuera del sistema motor-sensorial del cerebro. Sostienen que el sistema sensorio-motriz es la clase de estructura correcta para caracterizar ambos tipos de conceptos, los más abstractos y los sensorio-motriz.

Los autores argumentan que el conocimiento conceptual es corporizado, es decir, está inscrito dentro de nuestro sistema sensorial-motriz. El sistema sensorial-motriz no sólo proporciona la estructura del contenido conceptual, sino también caracteriza el contenido semántico de los conceptos en términos de la forma en que nosotros funcionamos con nuestros cuerpos en el mundo.

Un hallazgo en la neurociencia, que asumen completamente es que el imaginar y el hacer presentan un sustrato neural compartido:

“Cuando uno imagina ver algo, utiliza algunas partes del cerebro que se utilizan cuando uno realmente ve. Cuando nos imaginamos que nos estamos moviendo, utilizamos algunas partes del cerebro que se utilizan cuando realmente nos movemos. Hay que tener en cuenta que estos hechos socavan la lógica tradicional presentada anteriormente. Podemos imaginar que agarramos un objeto sin tener necesariamente que hacerlo. A partir de esto, no se desprende que agarrar algo o imaginar que agarramos algo, no utilicen un sustrato neural común. Uno puede pensar en agarrar algo sin tener que hacerlo, no obstante, se puede utilizar el mismo sustrato neural en el sistema sensorial-motriz. De hecho, eso es precisamente lo que vamos a argumentar. Al hacerlo, vamos a explicar lo que sabemos acerca del sustrato común que comparten el hacer y el imaginar, a través de las siguientes hipótesis: El mismo sustrato neural utilizado al imaginar se utiliza al comprender. Nuestra hipótesis desarrolla este hecho un paso más allá. Esta dice que comprender es imaginar, y que lo que entiendes de una frase en un contexto es el significado de esa frase en ese contexto”. (Gallese y Lackoff, 2005, p.2)

La propuesta no es una teoría internalista del significado. La razón es que la imaginación, al igual que la percepción y el hacer, se corporizan y el resultado es una teoría integracionista del significado. Un aspecto clave de la cognición humana es la explotación neural, la adaptación de los mecanismos sensoriales-motrices del cerebro a nuevos roles de la razón y el lenguaje, a la vez que conservan sus funciones originales. Gallese y Lackoff examinan dos casos: la metáfora conceptual y los engranajes.

Los circuitos a través de las regiones del cerebro enlazan modalidades, infundiendo a cada una con propiedades de las otras. El sistema sensorial-motriz del cerebro es, por lo tanto, "multimodal" en lugar de modular.

En consecuencia, el lenguaje es inherentemente multimodal en este sentido, es decir, que utiliza muchas modalidades vinculadas entre sí - vista, oído, tacto, acciones motrices, y así sucesivamente.

El lenguaje explota el carácter multimodal pre-existente del sistema sensorial-motriz. Si esto es cierto, se deduce que no hay un solo "módulo" para el lenguaje, y el lenguaje humano hace uso de mecanismos también presentes en primates no humanos.

Según esta propuesta, el concepto "agarrar", a partir de la cual se comienza, recibe su significado a través de nuestra capacidad para imaginar, ejecutar y percibir ese "agarrar". Nuestra capacidad para imaginar el "agarrar" utiliza el mismo sustrato neural que la realización y percepción de "agarrar".

Gallese y Lackoff, a partir del concepto agarrar, plantean la estructura de su argumento de la siguiente forma.

1. *Estructura de la información*: la estructura de información necesaria para caracterizar la estructura conceptual de "agarrar" está disponible en el nivel neural del sistema sensorial-motriz. Eso incluye la estructura del rol semántico, la estructura aspectual y algunas estructuras de categoría jerárquica.
2. *Multimodalidad*: Las neuronas espejo y otras clases de neuronas premotoras y parietales son inherentemente "multimodales" en la medida en que responden a más de una modalidad. Por lo tanto, el encendido de una única neurona puede correlacionarse tanto con ver y ejecutar el "agarrar". Argumentan que esa multimodalidad, cumple la condición de que un concepto de acción debe ajustarse tanto a la ejecución como a la percepción de la acción.
3. *Grupos funcionales*: La multimodalidad se realiza en el cerebro a través de grupos funcionales, es decir, entre otros, redes paralelas parietales y premotoras. Estos grupos funcionales forman unidades

de alto nivel, caracterizando la estructura discreta de alto nivel y la estructura interna relacional requerida por el concepto.

4. *Simulación*: Para entender el significado del concepto “agarrar”, uno debe al menos ser capaz de imaginarse a sí mismo o alguien más agarrando una cosa. La imaginación es la simulación mental llevada a cabo por los mismos grupos funcionales utilizados en actuar y percibir. Cualquier conceptualización de “agarrar” a través de la simulación, por lo tanto, requiere el uso de los mismos grupos funcionales utilizados en la acción y percepción de “agarrar”.
5. *Parámetros*: Todas las acciones, percepciones y simulaciones hacen uso de parámetros neurales y de sus valores. Por ejemplo, la acción de “alcanzar” un objeto hace uso del parámetro neural de la dirección; la acción de “agarrar” un objeto hace uso del parámetro neural de la fuerza. De igual forma lo hacen los conceptos de “alcanzar” y “agarrar”. Tal parametrización neural es omnipresente e impone una estructura jerarquizada del cerebro: Los mismos valores del parámetro que caracterizan la estructura interna de las acciones y las simulaciones de acciones, también caracterizan la estructura interna de los conceptos de acción.
6. *Cálculo neural estructurado*: La teoría neural del lenguaje proporciona una teoría de cálculo neuronal en la que las mismas estructuras neurales que permiten el movimiento y la percepción en tiempo real y en contextos sensoriales-motrices reales, también permiten inferencias en tiempo real basadas en el contexto. Las mismas estructuras neuronales que llevan a cabo la acción y la percepción realizan inferencia.

Desde la perspectiva del conexionismo estructurado, *la estructura inferencial de conceptos es una consecuencia de la estructura en red del cerebro y su organización en términos de grupos funcionales.*

Esta organización del cerebro es, a su vez, una consecuencia de nuestra evolución histórica, de la forma en que nuestro cerebro, y los cerebros de nuestros antepasados evolutivos, han sido formados por las interacciones corporales en el mundo. Según la hipótesis de Gallese y Lackoff, la comprensión requiere de la simulación.

La comprensión de conceptos concretos -acciones físicas, objetos físicos, etc.- requiere simulación sensorio-motriz. Sin embargo, la simulación sensorio-motriz, como se sugiere en la neurociencia contemporánea, es llevada a cabo por el sistema sensorial-motriz del cerebro.

De lo anterior, se deduce que el sistema sensorio-motriz es necesario para la comprensión, al menos, de conceptos concretos. Esto representa una dificultad insuperable para cualquier teoría tradicional que puntualice que los conceptos concretos son de modalidad neutral y no corporizada.

2.3.1.2 Teorías de la acción situada

Estas teorías reflejan otra reacción a las teorías estandarizadas de la cognición, una vez más, el rechazo de la idea de que la cognición gira en torno a cálculos en símbolos amodales. Gran parte de estas teorías se centran en el papel esencial de la percepción y la acción en la cognición.

Siguiendo a Gibson (1979), las teorías de la acción situada proponen que el medio ambiente desempeña una importante función en la configuración de los mecanismos cognitivos. Además, estas teorías se centran en la estrecha vinculación de la percepción y la acción en el logro de objetivos (Clark, 1997; Prinz, 1997), y cada vez más en la interacción social (por ejemplo, Breazeal, 2002).

Muchas de estas teorías tienen su origen en la robótica. Como resultado de ello, son aplicadas computacionalmente en robots que operan en el mundo físico con otros agentes.

2.3.1.3 Teorías de Simulación Cognitiva

Los Sistemas de Símbolos de Percepción.

Aunque los lingüísticos cognitivos, los investigadores de la acción situada, y otros investigadores del emboisement atacan los enfoques tradicionales, la teoría de Barsalou (1999) de Sistemas de Símbolos de Percepción (PSS) sostiene que los enfoques tradicionales son correctos en postular la importancia simbólica de operaciones para la interpretación de la experiencia. Barsalou se centra en la modalidad específica de percepción y la simulación de procesos, sugiere que el área de asociación del cerebro parcialmente reactiva áreas sensorio-motrices para la aplicación de símbolos de percepción.

Esto incluye los recuerdos sensorio-motrices, eventos propioceptivos e introspectivos, así como, representaciones dinámicas y mentales de la interacción de los objetos. Estas memorias se organizan en torno a un marco común, que constituyen la estructura de un simulador. La actividad coordinada de los simuladores implementa un sistema conceptual básico que representa tipos, soporta la categorización y produce inferencias categóricas. Barsalou también muestra cómo los conceptos abstractos se basan en simulaciones complejas de eventos físicos e introspectivos.

Las Teorías de la Memoria.

Glenberg (1997) argumentó que los reportes tradicionales de la memoria se centran demasiado en el almacenamiento pasivo de la información y demasiado poco sobre la importancia de la acción situada. Glenberg propuso que la memoria sirve principalmente para controlar la acción situada, y que los patrones almacenados en la memoria reflejan la naturaleza de las acciones corporales y su capacidad de conectar con situaciones durante el logro de objetivos.

Similar a lo planteado por Gibson (1979), la percepción de los objetos relevantes dispara las cualidades de la acción almacenada en la memoria. Por el contrario, el razonamiento sobre las acciones futuras se basa en recordar las

cualidades mientras que suprimen la percepción del medio ambiente (Glenberg y otros, 1998).

Rubin (2006) argumentó que los reportes tradicionales de la memoria se limitan sólo a tratar de explicar simples paradigmas de laboratorio, pero cuando se consideran formas más ricas de la memoria, como la memoria autobiográfica y la historia oral, se requieren teorías más complejas. Rubin propone la Teoría de Sistemas Básicos como explicación de los complejos fenómenos de memoria. Similar a la PSS y sus extensiones situadas, la Teoría de Sistemas Básicos propone que una memoria compleja contiene muchos componentes multimodales desde la visión, audición, acción, espacio, afecto, lenguaje, etc, y que la recuperación de la memoria implica una simulación de sus componentes multimodales.

2.3.1.4 Teorías de Simulación Social

Las teorías de simulación social explican cómo se representan los estados mentales de otras personas, proponen que nosotros representamos las mentes de otras personas utilizando simulaciones de nuestra propia mente. Para sentir el dolor de otra persona, simulamos nuestro propio dolor.

Los circuitos de las neuronas espejo son típicamente la base de las teorías de simulación social. En primates, un subconjunto de los circuitos neurales usados para manipular objetos se activan cuando perciben a otro agente realizando una acción para lograr un objetivo (Rizzolatti y Craighero, 2004). Para reconocer y comprender la acción de otro agente, los primates simulan la percepción de la acción en su propio sistema motor. En particular, las neuronas espejo dentro de estos circuitos responden más fuerte con el objetivo de la acción, que a la acción en sí. Por lo tanto, los circuitos espejo ayudan a los perceptores a inferir una intención del actor, y no simplemente reconocer la acción realizada.

Más generalmente, los neurocientíficos sociales proponen que los circuitos espejo proporcionan un mecanismo general para la comprensión de diversos estados mentales en otros (por ejemplo, Decety y Grèzes, 2006; Gallese et al., 2004). Para entender cómo alguien se siente cuando está molesto, simulamos como nos sentimos cuando estamos molestos. Desde esta perspectiva, la simulación proporciona un mecanismo general para el establecimiento de la empatía.

Teóricos de la simulación, además proponen que la simulación apoya otros importantes procesos sociales, tales como la imitación y la coordinación social. Algunos teóricos de la simulación proponen que los circuitos espejo contribuyeron a la evolución del lenguaje humano.

Sin embargo, reiteramos que, aunque las teorías de grounded cognition son muy recientes, y no existe una visión unificada, durante estos últimos diez años, muchos investigadores han diseñado experimentos para evaluarlas.

Finalmente, presentamos a continuación algunas evidencias de estos trabajos, señalados por Barsalou (2008), particularmente en el campo de la comprensión del lenguaje, que se relaciona con nuestro trabajo.

Simulación Motriz. Muchos investigadores han demostrado la presencia de simulaciones motrices en la comprensión. A través de varias líneas de investigación, Pulvermüller (2005) encontró que cuando los participantes simplemente leen la palabra de una acción, el sistema motriz se activa para representar su significado. Más concretamente, los verbos relativos a acciones de la cabeza, brazo y pierna producen simulaciones de la cabeza, brazo, pierna en las respectivas áreas del sistema motriz.

Otras investigaciones muestran que los participantes simulan movimiento a través del espacio mientras leen textos. Richardson y otros (2003) encontró que los lectores simulan movimientos horizontales y

verticales implicados por verbos tanto concretos como abstractos (por ejemplo, empujar vs levantar, argumentar vs respeto). Matlock (2004) encontró que el movimiento ficticio implicado (por ejemplo, la carretera discurre por el valle) produce correspondientes simulaciones de movimiento a través del espacio.

Gestualización. Otra forma importante de la corporización en el lenguaje es el gesto que acompaña espontáneamente un discurso. La producción de gestos ayuda a los oradores a recordar palabras cuyos significados se relacionan con los gestos (por ejemplo, Krauss, 1998). Los oradores también producen gestos para ayudar a los oyentes a comprender lo que dicen y en el desarrollo del niño, la gestualización puede transmitir una nueva conceptualización que aún no puede ser articulada en el habla (por ejemplo, Goldin-Meadow, 2003).

Razonamiento Físico. Existen muchos trabajos que muestran que las simulaciones juegan roles centrales en el razonamiento acerca de situaciones físicas (Hegarty, 2004). Cuando las personas ven una configuración estática de un mecanismo, por ejemplo, usan la simulación para inferir la dirección en que girará un engranaje en particular.

Efectos corporizados. Los psicólogos sociales han informado acerca de los efectos corporizados durante décadas. Los estados corporales pueden ser efectos de la cognición social. Barsalou et al. (2003), proponen que estos efectos corporizados reflejan un mecanismo de inferencia patrón-conclusión que soporta a la acción situada. Según este punto de vista, las representaciones de situaciones familiares que contienen corporizaciones, se establecen en la memoria (por ejemplo, recibir un regalo, sentir un efecto positivo, y sonreír). Cuando alguna de estas situaciones se produce (por ejemplo, recibir un regalo), esta activa el resto del patrón situacional, produciendo las corporizaciones asociadas incorporaciones (por ejemplo, sonreír).

2.4 LA TEORÍA DE LA CIENCIA COGNITIVA DE LA MATEMÁTICA

Un desarrollo de los puntos de vista de la teoría de la mente corporizada se encuentra en la teoría denominada Ciencia Cognitiva de la Matemática, desarrollada por Lakoff y Núñez (2000).

Según este enfoque, la naturaleza de las matemáticas es cercana a las ideas de las personas, no a las demostraciones formales, axiomas y definiciones. Dichas ideas surgen de los mecanismos cognitivos y corporales de las personas haciendo a la matemática una empresa humana y no un mundo trascendente y platónico.

Debido a su origen, las ideas matemáticas no son arbitrarias, no son el producto de convenciones completamente sociales y culturales, aunque las dimensiones socio-históricas jueguen papeles importantes en la formación y desarrollo de estas ideas (Núñez, 2000).

Núñez expresa que las entidades en matemática se crean con mecanismos cognitivos que agrandan la estructura de la experiencia corporal preservando al mismo tiempo la organización inferencial, estos mecanismos son entre otros: metáforas conceptuales, mezclas conceptuales, metonimia conceptual, movimiento ficticio y esquemas dinámicos.

También, manifiesta que junto con Lakoff, analizó muchas áreas de matemática: teoría de conjuntos, cálculo infinitesimal, aritmética transfinita, álgebra booleana, y encontraron que mediante las metáforas y los montajes conceptuales, los patrones inferenciales extraídos de la experiencia corporal directa en el mundo real se extienden de forma muy específica y precisa para crear una nueva organización inferencial emergente en dominios puramente imaginarios (Núñez, 2008).

2.5 LA TEORÍA DE LA METÁFORA CONCEPTUAL Y LA TEORÍA DEL MONTAJE (BLENDING) CONCEPTUAL

La idea básica de la teoría de la metáfora conceptual (Lakoff y Johnson, 1980) es que la metáfora no es en principio, una figura del lenguaje, ni una figura literaria, sino que es una forma de pensamiento. Sostienen que “nuestro sistema conceptual ordinario, en términos del cual pensamos y actuamos es fundamentalmente de naturaleza metafórica”. En la metáfora se relaciona un dominio fuente con un dominio meta por medio de la proyección (*mapping*) de las propiedades de uno en el otro. El dominio fuente típicamente es concreto y el dominio meta es abstracto.

Un ejemplo de cómo un concepto puede ser comprendido metafóricamente, es ver el tiempo en términos del dinero: lo que hablamos sobre dinero lo utilizamos para hablar sobre el tiempo (ver Figura 2.3).

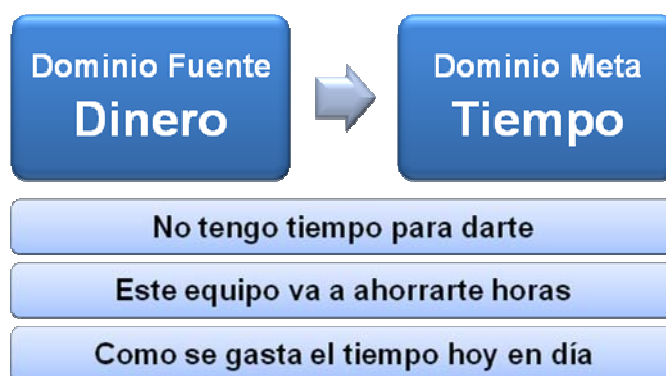


Figura 2.3. Esquema de la metáfora dinero-tiempo.

Las metáforas según Lakoff y Johnson, pueden ser orientacionales, ontológicas y estructurales:

- Las metáforas orientacionales organizan un sistema global de conceptos con relación a otro sistema. La mayoría de ellas tienen que ver con la orientación espacial y nacen de nuestra constitución

física: arriba/abajo, dentro/fuera, delante /detrás, profundo/superficial, central/periférico. Por ejemplo, considerar arriba/abajo como bueno/malo: el equipo es de alta calidad, los negocios van cuesta abajo.

- Las metáforas ontológicas categorizan un fenómeno de forma peculiar mediante su consideración como una entidad, una sustancia, un recipiente, una persona, etc. Por ejemplo, considerar la mente humana como un recipiente: no me cabe en la cabeza; ser un cabeza hueca.
- Las metáforas estructurales estructuran una actividad o una experiencia a en términos de otra. Por ejemplo, comprender es ver, una discusión es una guerra, el tiempo es oro.

Fauconnier & Turner (1994) han postulado un proceso mental más complejo que la teoría metafórica conceptual ha denominado mezclaje, fusión o montaje conceptual (*blending*). En las metáforas conceptuales ocurren relaciones de dos vías, entre dominios fuente y meta, en cambio, en el ámbito de operación del *blending* son múltiples espacios, los que se combinan (*blend*) entre sí para dar origen a un espacio nuevo.

La muestra más resumida del modelo de múltiples espacios o dominios es el de cuatro espacios, que describimos a continuación:

- Los espacios o dominios de entrada. El concepto se refiere a los espacios, zona de experiencia o entidades que participan en el proceso. Puede conservarse el concepto dominio fuente y dominio meta para estos espacios de entrada; sin embargo es posible encontrar expresiones complejas, por ejemplo, con más de un dominio fuente. Turner y Fauconnier prefieren, por eso, el concepto de *inputs* o espacios de entrada.

- Correspondencia entre las contrapartes que constituyen los espacios o dominios de entrada. Se establece una relación entre atributos de los espacios de entrada (aspectos, rasgos, elementos de estructura entre los espacios que se corresponden entre sí).
- Espacio genérico. Presenta una estructura más esquemática, más general, más abstracta que de los espacios o dominios de entrada. En este espacio genérico ingresan las llamadas clases límites, ciertos marcos muy esquemáticos, estructuras funcionales, imágenes esquemáticas que resultan fundamentales también para los espacios de entrada.
- Proyección selectiva. La información que se proyecta en el espacio de mezclaje, fusión o montaje es selectiva.
- Espacio de mezclaje, fusión o montaje (blending) conceptual. El espacio de montaje incluye la información parcial proyectada desde los otros espacios a la estructura nueva.

Los *sentidos emergentes* en este proceso, se desarrollan gracias a la composición, la complementación (o acabamiento) y la elaboración de la información desde los espacios de entrada y el genérico, de acuerdo a las diversas formas de correspondencia y proyección. La noción de estructura emergente implica "reacciones nuevas", "substancias nuevas" muchas veces inexistentes en los espacios de entrada.

Un ejemplo dado por Fauconnier y Turner es la expresión "*ese cirujano es un carnicero*", la idea según la cual ese cirujano es un mal cirujano no es producto de los dominios de entrada. Nada hay en carnicero ni en cirujano que sugiera que el cirujano es un mal cirujano: la valoración negativa del cirujano resulta de la combinación de los dos elementos.

La Figura 2.4 y la Figura 2.5 muestran un esquema de un montaje conceptual de dos y tres espacios de entrada respectivamente.

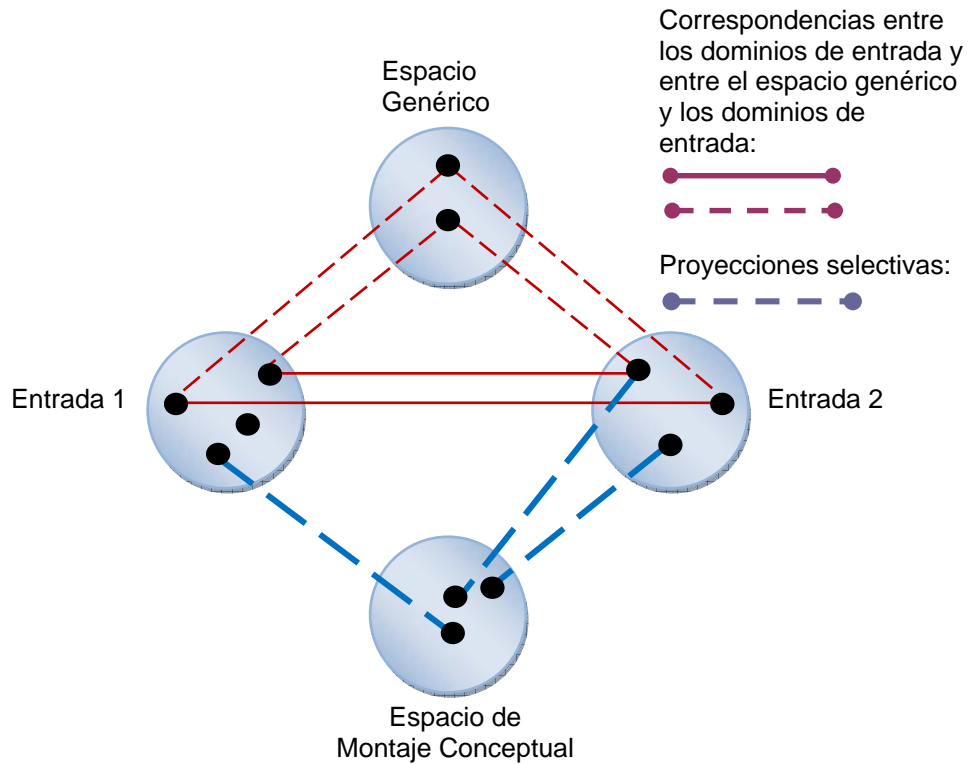


Figura 2.4. Esquema de un Montaje Conceptual (Blending) con dos entradas. Basado en Fauconnier y Turner (1994).

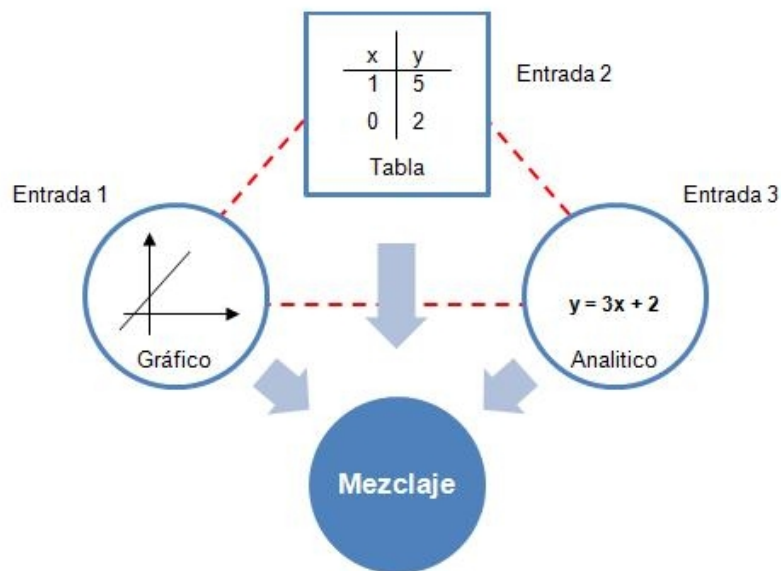


Figura 2.5. Esquema de un Mezclaje Conceptual de la función lineal con tres entradas.

2.6 LA MATEMÁTICA DEL MOVIMIENTO

La física resulta una ciencia difícil y exigente para los estudiantes debido fundamentalmente a que las leyes físicas se expresan en función de conceptos abstractos: fuerza, energía, velocidad, corriente eléctrica, temperatura, conceptos de los cuales todos tenemos una idea general e intuitiva pero que necesitamos comprender a cabalidad y adicionalmente, expresarlos en términos numéricos.

En relación a la importancia de enseñar a los estudiantes de ingeniería, la matemática necesaria para resolver problemas de la física, Marrongelle (2001), investigó a un grupo de estudiantes (para profesores de cálculo) en cuanto al uso de experiencias y conceptos de la física, en la construcción de conceptos del cálculo, mientras tomaban un curso interdisciplinario de cálculo y física. Los resultados de ese estudio sugirieron, que los estudiantes usaban frecuentemente, experiencias de la física como herramienta de transición para construir significado en las conceptualizaciones de la tasa de variación pero con menos frecuencia cuando desarrollaban la comprensión de la derivada y la integral. Los estudios de Nemirovsky y Noble (1997), también han hecho alusión a la importancia de priorizar experiencias de la física en la conceptualización del concepto de tasa de variación. Entre las implicaciones que se derivan de estos estudios, se señala que los conceptos y ejemplos de la física deben ser usados para iniciar discusiones sobre conceptos del cálculo, en particular en clases de cálculo para ingeniería.

Hierrezuelo y Montero (1989), plantean que en el aprendizaje adecuado de la cinemática del movimiento, las *confusiones terminológicas* son fuente de dificultades ya que palabras como posición, distancia, distancia recorrida, desplazamiento, trayectoria, rapidez, velocidad, variación, etc., son términos cuyos significados no siempre son diferenciados por los alumnos y afirman que en ejercicios de matemáticas aplicadas a la física, al no haber análisis previo de la situación física antes del cálculo matemático, los alumnos aplican ecuaciones cuyos significados no llegan a tener claro.

En la mayoría de los casos los estudiantes memorizan y tratan de aplicar las ecuaciones matemáticas que representan las leyes físicas y por lo tanto, fracasan en el aprendizaje de la física.

En la interpretación de gráficos los estudiantes confunden la representación de la dependencia posición/tiempo con la forma de la trayectoria. En opinión de los autores, una enseñanza superficial y no el que se trate de una gran dificultad es la que produce esta confusión, ya que aunque el estudiante distingue entre trayectoria y espacio recorrido cuando se trata de un movimiento real, los confunde en la interpretación de los gráficos. Los autores también señalan que el carácter vectorial de la velocidad plantea también dificultades a los alumnos, ya que en el lenguaje diario no se menciona el carácter dirigido de la velocidad, y además se enseña insistiendo en el tratamiento escalar de la misma.

En un estudio sobre la aplicación de la matemática en la resolución de problemas de física en los estudios básicos de ingeniería (González, 2002c), se detectaron dificultades en relación a:

- Los aspectos relacionados con la variable posición: definición, concepto, lo que representa y sus diferencias en consideración con los conceptos de distancia, desplazamiento y trayectoria.
- El manejo del concepto de recorrido: confunden con el concepto de desplazamiento, trayectoria o posición del objeto en movimiento en cuestión.
- El análisis del gráfico posición/ tiempo: en cuanto a los procedimientos para su construcción, interpretación y análisis del movimiento del objeto, móvil o partícula, lo que representa la pendiente en un gráfico posición /tiempo.
- Los aspectos relacionados con los conceptos y aplicaciones de la derivada, la pendiente y la velocidad: el significado físico y geométrico

de la derivada, como se relacionan estos conceptos, que sucede al haber cambios de posición de un objeto en movimiento rectilíneo.

- La diferencia entre velocidad media y velocidad instantánea.
- La deducción del gráfico velocidad/tiempo: procedimientos para su elaboración, interpretación y análisis del movimiento de un objeto a partir la representación gráfica de éste.

Se dice que las matemáticas es el lenguaje de las ciencias y por lo tanto, de la física. Sin embargo, en los cursos de física universitarios los estudiantes tienen cursos de matemática como prerrequisito, y los profesores de física encuentran un deficiente desempeño de los estudiantes debido a errores en el uso de la matemática a pesar de que puedan lograr un desempeño satisfactorio en sus clases de matemáticas. Esto se explica porque las constantes, las variables y las ecuaciones se usan en forma diferente en las clases de física y en las de matemática.

En Física estos símbolos no sólo obedecen reglas matemáticas formales sino que también soportan ideas y relaciones físicas. Redish (2005) estudia el uso de las matemáticas en la solución de problemas de física y enumera las diferencias mencionadas.

El proceso de integrar el conocimiento matemático con el físico resulta complejo para el estudiante, este proceso cognitivo lo explican Bing y Redish (2007) a partir de la teoría del mezclaje de Fauconnier y Turner (1998, 2002), afirman que la mente combina dos o más espacios mentales en un espacio nuevo y emergente, este montaje no es lineal ni determinístico y la manera en que un estudiante mezcla los dos espacios mentales iniciales depende de la entrada lingüística y del contexto físico y mental. Esto explica que en muchas ocasiones un estudiante que opere con un rico espacio físico pueda realizar cálculos rápidamente sin cálculos formales, lo cual denominan "*intuiciones físicas*".

En la Figura 2.6, se muestra un ejemplo del montaje que se realiza cuando un grupo de tres estudiantes resuelven un problema de movimiento de un objeto lanzado al aire considerando la fricción del aire.

<p>Tarea Un objeto se lanza al aire verticalmente hacia arriba bajo los efectos de la fuerza de gravedad y la fricción del aire. Se pide analizar la expresión $F = -bv$, donde F es la fuerza de fricción del aire y v la velocidad del objeto.</p>	
<p>Discusión entre un grupo de tres estudiantes</p> <p>S1 El signo negativo significa que la fuerza opera en sentido contrario a la velocidad, cualquiera que este sea.</p> <p>S2 Bien, veamos primero, si tu vas hacia abajo, ¿cómo será v, positiva o negativa?</p> <p>S3 Será negativa.</p> <p>S2 Ok, menos por menos</p> <p>S3 Será positivo</p> <p>S2 Correcto, y positivo apunta hacia arriba</p> <p>S2 Necesitamos este negativo para cancelar el primero</p> <p>S1 Correcto, porque v tiene un signo menos incluido, y necesitamos otro signo menos para asegurarnos que los dos negativos se cancelen y dé positivo, que es el sentido de la fricción porque si el objeto cae está siendo frenado en sentido hacia arriba.</p>	<p style="text-align: center;">Diagrama del Montaje</p> <p>The diagram consists of three blue rounded rectangular boxes. At the top left is 'Herramientas Matemáticas' (Mathematical Tools) with bullet points: 'Cantidades positivas y negativas', 'Reglas +/- de multiplicación', and 'Símbolos algebraicos F y v'. At the top right is 'Mundo Físico' (Physical World) with bullet points: 'Direcciones arriba y abajo', 'Fuerza viscosa y fuerza gravitacional', and 'Velocidad'. Two double-headed arrows point from these two boxes towards a larger box at the bottom titled 'Cálculos Físicamente Significativos' (Physically Meaningful Calculations). This bottom box contains bullet points: '+ significa hacia arriba', '- significa hacia abajo', 'Los signos de F y v indican su dirección con sus signos', and '$F_v = -bv$ codifica las relaciones de las direcciones por medio de la multiplicación'.</p>

Figura 2.6. Ejemplo del montaje en el análisis de un movimiento con fricción del aire. Tomado con modificaciones de Bing y Redish (2007)

Como los estudiantes de física deben atacar los problemas planteando conceptos y leyes físicas e integrando estos conocimientos a las herramientas de cálculo necesarias, en este trabajo exploraremos la comprensión de conceptos del cálculo en presencia del movimiento rectilíneo, desde el punto de vista de la cinemática. El estudio del movimiento (Mecánica) es básico en todas las áreas de la física y por lo tanto, se inserta en el currículo de los primeros semestres de las carreras de Ingeniería.

La descripción del movimiento de una partícula, se denomina Cinemática, y solo considera aspectos geométricos del movimiento. A partir de la ecuación del movimiento de una partícula se puede obtener información en todo instante de la posición, velocidad y aceleración de la partícula.

Aunque el movimiento involucra conceptos tales como trayectoria, observador, referencia, reposo, partícula, rapidez, posición, velocidad, aceleración, distancia, espacio recorrido, de forma muy resumida el movimiento de una partícula se describe mediante cuatro magnitudes físicas vectoriales:

- La posición (\vec{r}) que indica la ubicación de la partícula en un tiempo t .
- El desplazamiento ($\Delta\vec{r}$) que indica el cambio de posición de la partícula en un intervalo de tiempo.
- La velocidad (\vec{v}) que indica la rapidez con que cambia la posición de la partícula.
- La aceleración (\vec{a}) que indica la rapidez con que cambia la velocidad de la partícula.

Las definiciones operacionales de estas magnitudes se indican a continuación, y se ilustran mediante las gráficas de la trayectoria del movimiento de una partícula en el plano (ver Figuras 2.7 y 2.8)

La posición de la partícula para el tiempo t , esta descrita por el vector $\vec{r}(t)$, entonces:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j}$$

Donde $x = x(t)$ y $y = y(t)$ son las ecuaciones paramétricas del movimiento.

El vector desplazamiento $\Delta\vec{r}$ se define mediante:

$$\Delta\vec{r}(t) = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$$

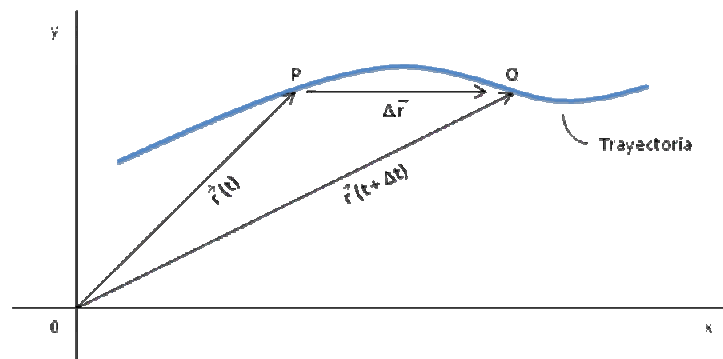


Figura 2.7. Vector posición de la partícula para los tiempos t y $t + \Delta t$, y vector desplazamiento en el intervalo de tiempo Δt

La velocidad media de la partícula en el intervalo t a $t + \Delta t$ se define como:

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

El vector velocidad media tiene la dirección y el sentido del vector desplazamiento.

La velocidad instantánea se define como el límite de la velocidad media cuando $\Delta t \rightarrow 0$

$$\vec{v}_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_m = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

La velocidad instantánea expresada en sus componentes es:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \hat{i} + \frac{dy}{dt} \hat{j}$$

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

La magnitud del vector velocidad se denomina rapidez:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

La velocidad instantánea al tiempo t tiene dirección de la tangente a la curva en el instante t .

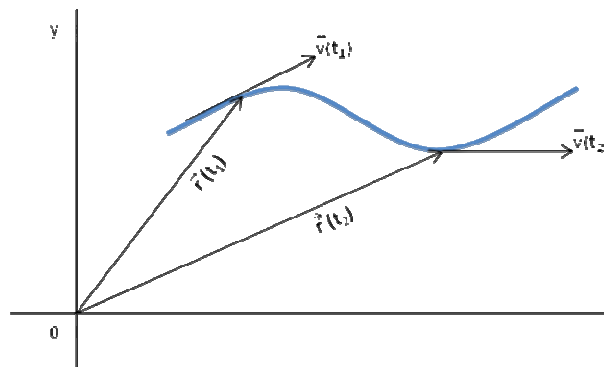


Figura 2.8. Vectores posición y velocidad de la partícula para los tiempos t_1 y t_2 .

La aceleración media se define como:

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Y la aceleración instantánea como:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_m = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Para el caso del movimiento rectilíneo, los vectores \vec{r} , \vec{v} y \vec{a} solo tienen una componente y por lo tanto, las ecuaciones básicas de velocidad y aceleración son:

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \hat{i} \quad \vec{a} = \frac{dv}{dt} \hat{i}$$

Como se observa, para abordar problemas de movimiento rectilíneo es necesario tener conocimientos del álgebra vectorial y del cálculo diferencial. Muchos problemas de movimiento rectilíneo, presentan los datos en forma de gráficas de posición, velocidad o aceleración y se pide analizarlas para obtener información sobre el movimiento. En este caso, es necesario el conocimiento de gráficas de funciones y las aplicaciones de la derivada (funciones crecientes y decrecientes, valores máximos y mínimos de una función, aplicaciones en el trazado de una función).

2.7 LAS INVESTIGACIONES CONSULTADAS

Como nuestro trabajo, se centra en el análisis de las argumentaciones de estudiantes novales de ingeniería, para explorar la producción de significado matemático, en presencia del movimiento rectilíneo, revisamos una serie de estudios y proyectos, enmarcados bajo los tópicos de el estudio y enseñanza de la argumentación, la producción de significados, la presencia de metáforas en el discurso docente y el aprendizaje de las matemáticas y del cálculo diferencial a través de experiencias de la física. Hemos encontrado, algunos aspectos teóricos y metodológicos utilizados en estos trabajos, que pueden ubicar y orientar nuestra investigación. Entre los estudios consultados, algunos resultaron estrechamente relacionados con el nuestro y otros muy ligeramente, aunque todos sirvieron para delimitar este trabajo.

A continuación, presentamos el registro bibliográfico de estudios y planteamientos sobre el análisis del discurso en el aula de clases -centrados particularmente en el estudio de las argumentaciones.

2.7.1 Investigaciones sobre el Discurso en el aula

Por su importancia, existen diversos pareceres en relación con los enfoques de las investigaciones realizadas sobre la argumentación en el análisis del discurso en el aula, hacemos primeramente una revisión de algunas que consideramos interesantes.

En relación a las investigaciones sobre el discurso en el aula, encontramos que el mayor número de los trabajos se refieren al discurso del profesor o al discurso del profesor y del alumno en situación dinámica de clase, y que los análisis se centran en las perspectivas didáctico- comunicativas y en las perspectivas argumentativas. En nuestro caso el interés se centra en las argumentaciones de los estudiantes durante el desarrollo de tareas (prácticamente sin intervención del profesor) y el análisis se centra en la presencia de conocimiento matemático en sus argumentaciones.

En los tiempos actuales, existen numerosas investigaciones relacionadas con el estudio del discurso en el aula, consideramos aquí investigaciones realizadas tanto a nivel de educación secundaria (bachillerato) como a nivel universitario, las cuales analizan el discurso desde la perspectiva de los procesos comunicativos y de la argumentación.

De Longhi (2000) analiza la comunicación que se establece, a través del dialogo docente-alumnos, durante la enseñanza de un contenido de una disciplina científica. El objetivo es establecer un esquema de análisis que permita identificar e interpretar las formas de intervención verbal que se generan durante la enseñanza. La clase se asume como una realidad singular y compleja. Las interacciones y negociaciones que ocurren entre docente y alumnos, permiten la circulación del conocimiento en el marco de contextos

institucionales y personales variables. Por lo cual, los componentes de la clase son el docente, los alumnos, el objeto de conocimiento, los contextos (situacional, lingüístico y mental), sus relaciones y procesos.

El docente controla el discurso y actúa como árbitro de la validez de los conocimientos a través de un conjunto de reglas (explícitas o implícitas) que están presentes en el habla del aula. Dichas reglas no sólo aluden a la correspondencia entre significante y significado, sino que también regulan e interpretan la interacción que se establece.

El alumno participa de una actividad didáctica específica, transitando por diferentes niveles de comunicación: a) el intraindividual e intrapsicológico, es el nivel inicial que permite al estudiante revisar sus conocimientos y referentes; b) el interindividual, es el siguiente nivel que el estudiante alcanza por intercambio con otros, que provoca la circulación del mensaje que se explicita y comparte en el aula; c) el situacional, es el nivel final que interactúa con los anteriores, este nivel se encuentra fuertemente influido por las características de la institución en que ocurre y de los diseños curriculares que las rigen.

El diálogo de una clase de ciencias está regulado, por los tres tipos de contextos mencionados anteriormente: el situacional, el lingüístico y el mental. El primero lo sitúa en un lugar, una cultura y una institución. El segundo es el que se genera por el propio discurso y se relaciona con los códigos de habla, el lenguaje de la disciplina, su lógica y la generada por la interacción en la clase. El tercero corresponde a los niveles interindividual e intraindividual y a las posibilidades de aprendizaje del grupo.

La autora señala que, “a medida que el grupo clase comparte más tiempo y comunicaciones en un ámbito disciplinar específico, se van acordando dichos contextos lingüísticos y mentales y se produce un intercambio más fluido”. En estas condiciones se elaboran y transmiten significados, se comparten referentes y el docente actúa como regulador del diálogo.

La investigación es de carácter etnográfico y su metodología interpretativa con estudio de casos. Su propósito es elaborar un esquema de análisis que permita describir, interpretar y explicar las secuencias de diálogo que se generan en clases de ciencias, destinadas a enseñar determinado tema. A través de observación no participante, durante todas las clases de un año lectivo, se registran, en forma escrita y con audio, los diálogos entre los docentes y los alumnos.

Para el registro de dichos diálogos, desde el análisis teórico, se confeccionó una primera lista de categorías semiestructuradas, definidas operacionalmente a lo largo del estudio. En el Cuadro 2.4, se muestran las 23 categorías establecidas para los diferentes modos de intervención del docente y de los alumnos.

Docente		Alumno	
Preguntas	Categorías	Preguntas	Categorías
Control Indagar concepto propio Indagar comprensión de algo dado Sugerir respuestas Provocar diversidad de opinión	A B C D E	Solicitar extensión del tema Solicitar aclaración específica Confirmar una idea	N O P
Afirmaciones	Categorías	Afirmaciones	Categorías
Reubicar el aporte del alumno Síntesis Información nueva Nombre Meta análisis Aporte nuevo Consignar actividad Justificar tarea Regular participación Respuesta neutral	F Ga Gb Gc Gd H I J K L	Expresar conocimiento Dar opinión Repetir textualmente No contesta Solicitar pauta de trabajo Solicitar pauta de evaluación Llamar la atención	Q R S T U V X

Cuadro 2.4. Categorías establecidas para analizar las intervenciones del docente y de los alumnos durante la clase. De Longhi (2000).

En otro estudio revisado, Jiménez y Díaz (2003) discuten acerca de la argumentación en la clase de ciencias señalando aspectos tanto teóricos como metodológicos. El marco teórico del trabajo trata sobre el concepto de

argumentación y su relación con el conocimiento, particularmente en situaciones de construcción de nuevos conocimientos. Los autores se apoyan en los aportes de Courtney Cazden (1991) y Deanna Kuhn (1992,1993), entre otros. Carden, quien define al discurso en el aula como un sistema de comunicación, reconoce el papel del lenguaje hablado en la enseñanza y el aprendizaje, y señala que existen por lo menos tres tipos de lenguaje en el aula, que cumplen diferentes funciones lingüísticas: lenguaje del currículo, a través del cual se realiza la enseñanza y se demuestra lo aprendido, lenguaje de control, mantenido por el docente y lenguaje de identidad personal, diferencias entre cómo y cuándo se dice algo.

Los autores se interesan por analizar el sistema de comunicación para identificar procesos de aprendizaje y obstáculos que se les oponen. Asumen de Kuhn, el enfoque del aprendizaje de las ciencias como razonamiento argumentativo. Por argumentación se entiende “la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes”. En opinión de Kuhn, el diálogo argumentativo exterioriza el razonamiento argumentativo. Por lo tanto, una forma de conocer con aproximación los procesos que ocurren en la mente de los estudiantes es prestar atención cuando discuten entre ellos sobre cuestiones de ciencias.

Los autores también señalan que el análisis de la argumentación puede realizarse usando el modelo de Toulmin (1958), citado por los autores; que establece una serie de componentes y sus relaciones en la conversación natural. Estos componentes son: los datos, los enunciados, las justificaciones y el conocimiento básico, a los cuales se agregan los calificadores modales y la refutación.

La Figura 2.9 muestra de nuevo, el ejemplo de un argumento en formato Toulmin, formulado por dos estudiantes a las que se les planteó el problema de descubrir a que tipo de individuo correspondían las células mostradas en un microscopio.

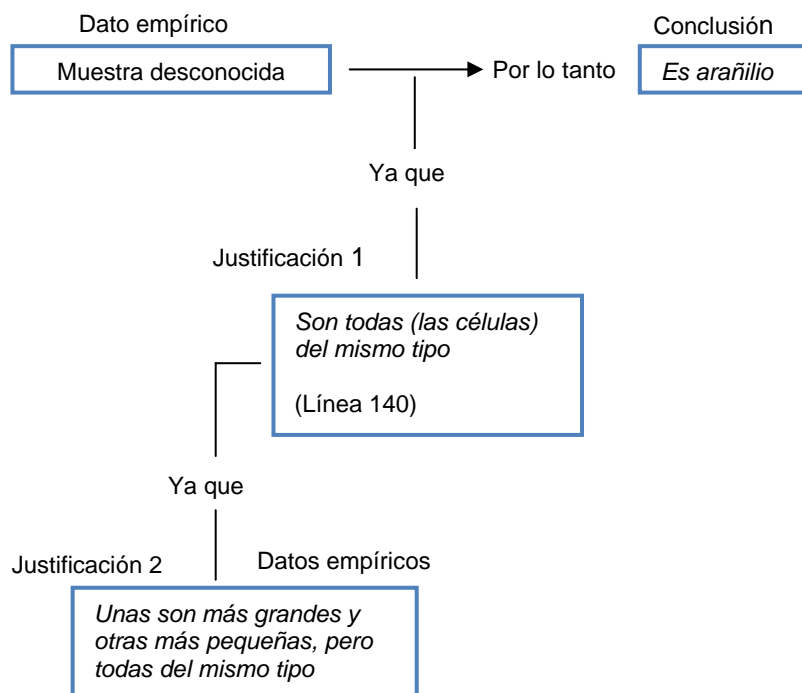


Figura 2.9. Argumento en formato Toulmin, grupo G (Jiménez y Díaz, 2001)

Nota: En la investigación el *Arañillo* es un individuo hipotético extraterrestre cuyas células son como las de los animales terrestres. Respira a través de la piel y no tiene sangre. Sus células de forma irregular, se encuentran distribuidas en capas y son todas del mismo tipo.

Tarabay y León (2004), entre las investigaciones venezolanas, estudian la argumentación en la clase magistral, una modalidad de enseñanza muy utilizada en el ámbito universitario. El basamento teórico del trabajo lo constituyen las teorías de la argumentación neoretóricas y los aportes de Cross (2003) sobre el discurso docente.

Los autores sostienen que todo lo que se dice o escribe con fines pedagógicos implica un mensaje persuasivo: exponer, fundamentar, motivar, defender, recomendar lecturas, supone una labor argumentativa. Ellos encuentran que entre los argumentos que utilizan los profesores, se destacan los de autoridad y poder, los cuales se fundamentan en el conocimiento que poseen los docentes y que reflejan en su discurso.

Destacan que son ampliamente usados y que su función es influir en las ideas, conocimientos y conductas de los estudiantes. Aunque en sus estudios, Cross sostiene que los argumentos de autoridad establecen una cierta distancia entre el docente y su auditorium, los autores consideran todo lo opuesto: se argumenta para traer al otro al propio campo, para compartir ideas y buscar acuerdos. Pero, al mismo tiempo, en sus conclusiones, y en conformidad con lo sostenido por Cross, explican que el discurso profesoral en la clase magistral tiene características del *epidíctico*: no suscita controversias, no persigue ni ataca, sino que ensalza valores que son objeto de un consenso social.

Aquí observamos que la no existencia de controversia está indicando que el uso de argumentos de autoridad por parte del profesor abre una separación entre éste y el alumno. El estudiante no replica, no hay polémica, hay una “aparente” conformidad, por lo cual no es posible conocer si verdaderamente el discurso del profesor esta mediando entre las ideas, conocimientos y conductas de los estudiantes.

Fagúndez (2006) analiza el discurso de tres profesoras de física en el contexto de una facultad de ingeniería venezolana considerando el proceso comunicativo, el aspecto retórico-argumentativo, el conocimiento de las profesoras y el conocimiento didáctico del contenido. La autora utiliza el modelo de Ogborn y otros (1996), para el análisis desde la perspectiva didáctico-comunicativa, este modelo entre otros aspectos estudia las diferentes formas de explicar en clases de ciencias y como la explicación se transforma en conocimiento. El análisis de los esquemas argumentativos utilizados por las docentes se basa en los trabajos de Perelman y Olberchts (1989).

Los datos para el estudio se obtienen de los videos de las clases de las profesoras. Las categorías definidas por la autora para el análisis desde la perspectiva didáctico-comunicativa y para el análisis desde la perspectiva retórica- argumentativa se muestran en las Figuras 2.10 y 2.11, respectivamente.

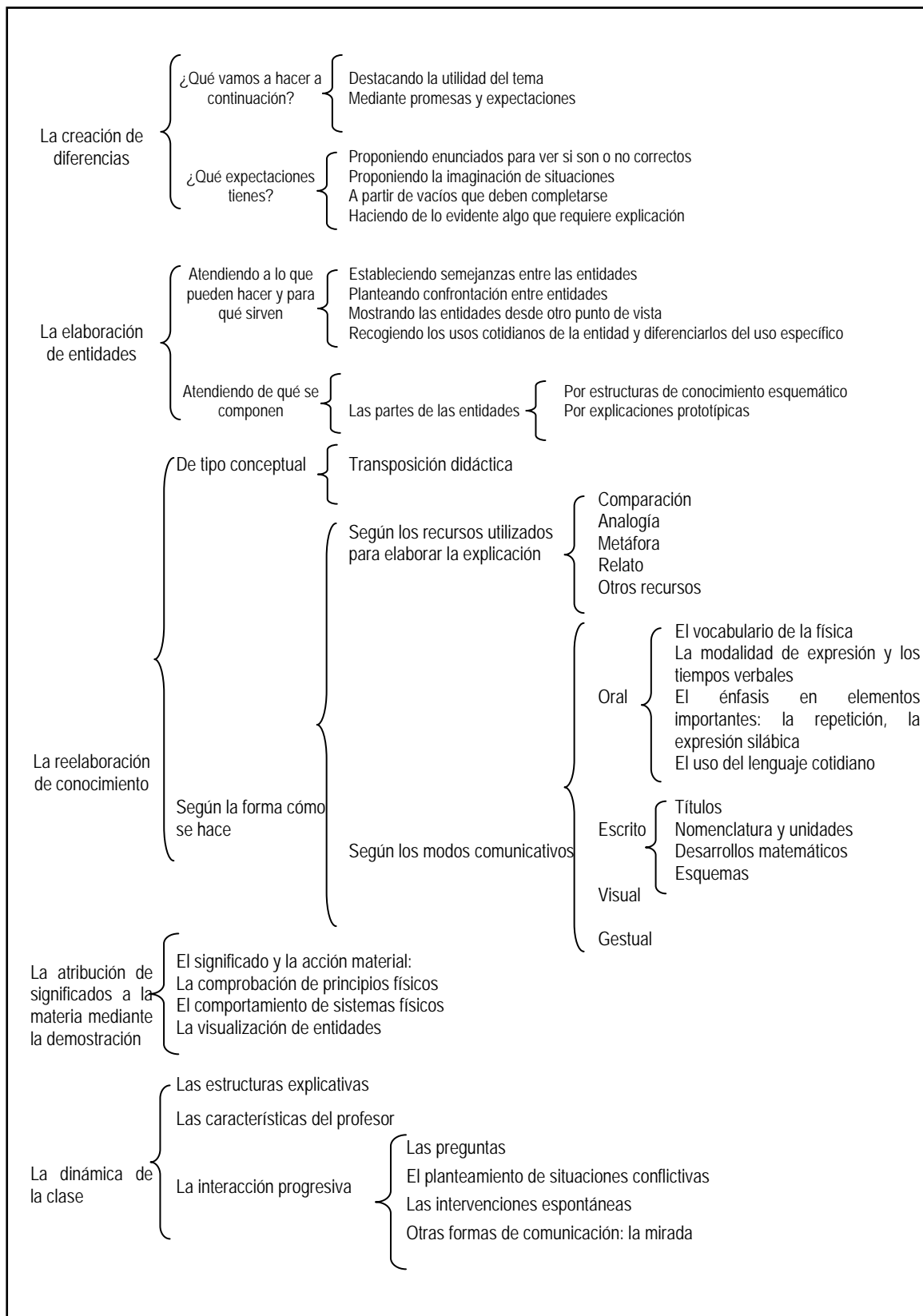


Figura 2.10. Categorías de análisis: Perspectiva didáctico comunicativa. Fagúndez (2006)

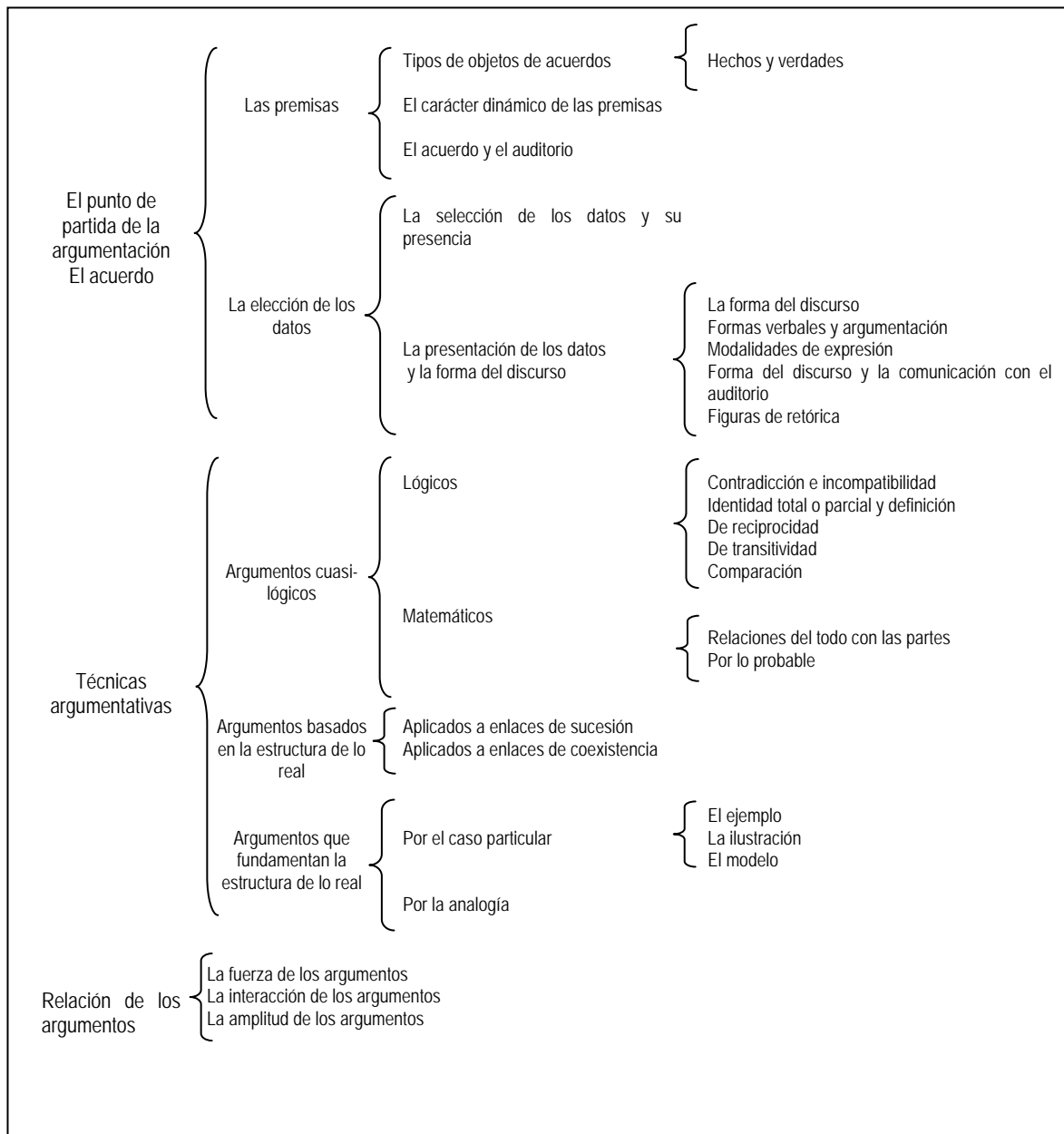


Figura 2.11. Categorías de análisis: Perspectiva retórica argumentativa. Fagúndez (2006)

2.7.2 Investigaciones sobre la enseñanza de la argumentación

Revisamos también, los trabajos sobre la enseñanza de la argumentación, para indagar sobre la importancia, que actualmente, los educadores conceden a la necesidad de mejorar la habilidad argumentativa de los estudiantes.

Encontramos varios trabajos que señalan, que la buena calidad de las argumentaciones de los estudiantes, es el resultado de la integración de habilidades retóricas y cognitivas.

Entre los estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar, “entendida como habilidad cognitivo-lingüística compleja, de importancia central para la alfabetización científica”, hallamos los proyectos de Revel et al. (2005), que se inscriben en la perspectiva conocida como *naturaleza de la ciencia*, “que explora las ideas que tienen diversas poblaciones (estudiantes, profesores) sobre la ciencia, y luego utiliza aportaciones de las *metaciencias* (principalmente, de la epistemología y la historia de la ciencia) para que ellos construyan una imagen de ciencia más potente”. Se tiene como objetivo enseñar a argumentar científicamente.

La argumentación científica escolar para este grupo es “la producción de un texto en el cual se subsume un fenómeno natural bajo un modelo teórico por medio de un mecanismo de naturaleza analógica”. La argumentación científica (erudita y escolar) se entiende como un procedimiento, equiparable a las habilidades y destrezas prácticas y a las capacidades cognitivas y comunicativas necesarias para producir, evaluar y producir ciencia.

El marco teórico lo constituyen las diversas perspectivas teóricas de la argumentación. Consideran que “los estudiantes y profesores han de tomar conciencia, de que las ideas científicas no necesariamente se parecen a las del sentido común, ni resultan siempre evidentes (Osborne et al., 2004), sino que son más bien los productos laboriosos de una de las más importantes actividades cognitivas y sociales de la humanidad”. La habilidad cognitivo-lingüística de argumentar al vincular fenómenos, modelos, evidencias y explicaciones, debe tener un papel central en las clases de ciencias naturales.

Se reconocen cuatro componentes en la argumentación científica: a) la componente teórica (el modelo teórico que sirve de referencia al proceso explicativo), b) la componente lógica (los diversos tipos de razonamientos: deductivos, abductivos, causales, funcionales, transductivos presentes en la

estructura del texto), c) la componente retórica (la voluntad de persuadir al interlocutor) y d) la componente pragmática (la argumentación se produce en un contexto, al cual se adecua y mediante el cual toma su completo sentido).

Los aportes de esta investigación fueron, inicialmente, la elaboración de una unidad didáctica para enseñar a argumentar a futuros profesores de biología, con el propósito de hacer comprender a los profesores, de la dificultad para los estudiantes de argumentar con solvencia y lograr incluir la argumentación en un contenido explícito, a enseñar dentro del currículo de ciencias naturales.

La segunda aportación, se propuso indagar las representaciones de los estudiantes de tres cursos de secundaria postobligatoria (de edades comprendidas entre los 15 y los 18 años) acerca de la naturaleza y el alcance de la argumentación científica escolar, y consensuar luego con ellos, “una definición operacional de dicha habilidad, que estuviera más cercana a las que se sostienen actualmente desde la epistemología, la lingüística y la didáctica de las ciencias naturales”.

Para el análisis de los datos, se caracterizaron los textos elaborados por los estudiantes, a través de evaluar su complejidad estructural, relevar los conectores empleados, reconocer la presencia de las cuatro componentes (teórica, lógica, retórica y pragmática) y estimar cuán explícito y robusto era el modelo teórico utilizado. También, se recabaron las mayores dificultades encontradas por los estudiantes, a la hora de reconocer la tipología textual de la argumentación, distinguirla de otras y *descomponer* textos de función argumentativa (es decir, hacer una primera identificación de las citadas componentes).

Zamudio et al. (2002), en otra investigación, estudiaron los factores que mejoran la habilidad argumentativa de los estudiantes universitarios, considerando que, la buena calidad de las argumentaciones de los estudiantes universitarios, es el resultado de la integración de habilidades retóricas y cognitivas, adquiridas fundamentalmente por la mediación competente del docente.

El marco teórico de este trabajo, lo constituyen las teorías sobre la argumentación (Toulmin y Perelman, los enfoques pragmáticos y la perspectiva semiótico-discursiva) y los trabajos en el campo de la cognición y el pensamiento crítico. Este grupo de investigadores, entienden el aprendizaje como la transformación y reorganización de esquemas y teorías previas. Incluyen el concepto de metacognición y destacan la importancia de los procesos metacognitivos, para regular eficazmente los procesos del pensamiento. La investigación es cuali-cuantitativa, se analizan textos escritos y orales producidos por estudiantes universitarios del ciclo básico común que cursan Semiología.

En otro trabajo revisado, Campaner y De Longhi (2004), realizaron una investigación de carácter exploratorio, y a modo de estudio de caso, mediante un diseño cuasi experimental, pre-post con grupo control. Se indagaba la manera en que los alumnos, del último año de una escuela media, se expresan al argumentar una decisión tomada ante una problemática ambiental determinada, antes y después de una intervención didáctica guiada por la intención de asociar la enseñanza del contenido al procedimiento de la argumentación. Los resultados indicaron, que los textos del grupo experimental presentaban unidades o componentes textuales más concordantes, aceptables, relevantes y con empleo de un lenguaje más científico que los del grupo control.

Para el análisis estructural de los textos argumentativos de ciencias, coinciden con Ana Sarda y Neus Sanmartí (2000), quienes proponen una adaptación al modelo estructural de Toulmin (1993), con aportes de otros autores provenientes de la lingüística pragmática, como Adam (1995) y van Dijk (1997); estos últimos autores revalorizan la visión dinámica del contexto, a la hora de analizar el discurso del cual toman sentido las justificaciones, siendo la finalidad de la argumentación el convencer a otra persona, poniendo énfasis así en el carácter dialógico y persuasivo del discurso argumentativo.

Las autoras (Campaner y De Longhi, 2004) piensan “que es posible generar situaciones didácticas en clases cuando se abordan temáticas ambientales que

favorezcan el desarrollo de la capacidad de argumentar, no sólo para brindar justificaciones y argumentos convincentes y coherentes, sino también para saberlos aplicar cuando se toman decisiones”.

2.7.3 Investigaciones en relación con la producción de significado y con el uso de la metáfora en el discurso del aula

Revisamos trabajos sobre la producción de significado matemático y el uso de metáforas, la mayoría de los cuales se centran en el análisis de cómo argumentan y las metáforas que utilizan los profesores y/o estudiantes en el proceso dinámico de enseñanza de tópicos de matemática. Estos objetivos son afines con los nuestros, con la diferencia que investigamos la producción de significados matemáticos en la resolución de tareas de física.

Da Silva y Lins (2002) investigan la producción de significado para la noción de base en Álgebra Lineal, basándose en la teoría de los campos semánticos de Lins (2001). El estudio se realizó con estudiantes de pregrado de matemática, que tomaban su primer curso de álgebra lineal. Se identificaron distintos significados producidos para la noción de base, desde los encontrados en los textos o en los trabajos de antiguos matemáticos, hasta los encontrados en el pensamiento de estudiantes. Los autores sostienen que lo importante no es producir un catálogo de los posibles significados, presentar definiciones o caracterizaciones como la esencia de algo, sino que la complejidad de la producción de significado, debe abordarse teniendo como objetivo central el estudio de los procesos involucrados.

El Modelo Teórico de los Campos Semánticos (MTCS) propuesto por Lins, también es usado por Rejane y Lins (2006) en la investigación sobre la producción de significados matemáticos y no-matemáticos para la “dimensión”. Los autores afirman que el Modelo de los Campos Semánticos, es un modelo epistemológico que permite comprender algunos aspectos del proceso de producción de significados en diversas áreas del conocimiento.

Según Lins, por significado se entiende, todo lo que se puede efectivamente decir de un objeto en una cierta situación, y un objeto es “algo al respecto de qué, se sabe o se expresa algo”. Entonces, producir significados es “hablar sobre un objeto”. Intentan responder lo que cambia, cuando se habla de “dimensión” en un determinado espacio.

El estudio se centra en dos aspectos: investigar la producción de significados matemáticos para la “dimensión”, a partir del análisis en libros-texto de matemática (álgebra lineal, topología y geometría) de lo que hablan sus autores sobre “dimensión” y como ellos la definen, y estudiar lo que denominan significados no-matemáticos para la “dimensión”, analizando frases usadas cotidianamente, en el día-a-día, que usan “dimensión” en sus construcciones.

Estas frases son tomadas en Internet, en textos leídos, expresiones oídas en los medios de comunicación o en otros locales. El análisis de esas frases lo hacen basándose en los estudios del lingüista Lakoff (1987) relacionados con categorizaciones e investigación sistemática de expresiones entendidas metafóricamente.

En relación con el uso de la metáfora en la enseñanza, Font y Acevedo (2003) estudian el uso de la metáfora en el discurso del profesor, en el caso de las gráficas de funciones. Los datos de la investigación provienen básicamente de las grabaciones en video de las clases de un profesor, una entrevista con este profesor y de un cuestionario para nueve de sus estudiantes.

El marco teórico del estudio lo constituye la propuesta de Lakoff y Nuñez (2000), sobre de dónde vienen y qué son las matemáticas. Esta teoría se fundamenta, en la importancia que tiene el cuerpo sobre la mente y afirma que el origen de las estructuras matemáticas, hay que buscarlo en los procesos cognoscitivos cotidianos, como son los esquemas de las imágenes y el pensamiento metafórico.

Los autores de la investigación, Font y Acevedo, señalan que en la enseñanza de la representación gráfica de funciones en el bachillerato, ocurre con una

cierta generalidad, que el profesor usa de manera poco consciente expresiones, entre otras, que sugieren metáforas del tipo «la gráfica de una función se puede considerar como la traza que deja un punto que se mueve sujeto a determinadas condiciones», o bien, una variación de esta metáfora: «la gráfica de una función se puede considerar como la traza que deja un punto que se mueve sobre la gráfica». Estas metáforas no son inocuas y producen efectos significativos en la comprensión de los alumnos.

En un trabajo más reciente de Bolite Frant et al. (2005b), continúan el análisis del proceso dinámico de enseñanza y aprendizaje de las gráficas de funciones en bachillerato. En este nuevo trabajo, se aplican herramientas provenientes de la teoría de Lakoff y Núñez (2000) y de la teoría de las funciones semióticas (Godino, Contreras y Font, 2004).

La información se obtiene de las grabaciones de las sesiones de clase de un profesor. La transcripción de los textos se organizó en configuraciones didácticas (constituidas por las interacciones profesor-alumno a propósito de una tarea matemática y usando unos recursos materiales específicos), y dentro de cada configuración didáctica, se analizaron los fenómenos relacionados con el uso de metáforas en el discurso del profesor y en el de los alumnos. Los autores encontraron, que en el discurso del profesor y del alumno, están presentes expresiones metafóricas (metáforas ontológicas, metáforas orientacionales, movimiento ficticio, mezcla conceptual o *blending*).

Otro estudio sobre el uso de metáforas, fue el realizado por Dall'anese (2006), el cual investiga la dinámica de producción de significado para la tasa de variación. El estudio analiza como argumentan y las metáforas que utilizan estudiantes de postgrado en un curso de cálculo cuando aprenden este tópico. El marco teórico se compone de la propuesta sobre metáfora conceptual de Lakoff y Núñez (2000) y el Modelo de Estrategias Argumentativas de Castro y Bolite Frant (2002).

Se ofrecieron tareas a los estudiantes en un ambiente donde se produjo diálogo entre profesor, alumnos y tecnología. El desarrollo de las tareas fue

grabado en videos. El autor concluye que el proceso de comprender la tasa de variación media e instantánea, no es simplemente pasar de una ecuación a otra o de una gráfica a una ecuación, sino que existen diferencias entre los mecanismos cognitivos para comprender el gráfico o la ecuación.

Esto contribuye a la dificultad que ofrece el tópico para los estudiantes. No es la definición formal la responsable de tal dificultad. También encontré, que con la ayuda de un computador, es posible crear un ambiente donde el movimiento ficticio, intrínseco del lenguaje puede convertirse en un movimiento fáctico.

2.7.4 Investigaciones en relación con el aprendizaje de las matemáticas

En cuanto a los trabajos sobre el aprendizaje de la matemática, encontramos trabajos tanto a nivel escolar como universitario, que señalan que las tendencias actuales de la enseñanza pueden resumirse en considerar la enseñanza contextualizada, la enseñanza mediante modelización y métodos problémicos y el uso marcado de la tecnología en los procesos de enseñanza.

Desde hace varias décadas, diversos grupos de investigadores y profesores se han interesado por estudiar y diseñar experiencias para enseñar las matemáticas como instrumento de trabajo y de análisis, haciendo énfasis sobre los procesos de matematización de situaciones reales, (Grupo Zero de Barcelona, Cataluña, 1978; Shell Center for Mathematical Education asociado a la School of Education de la Universidad de Nottingham, 1985) trabajando en experiencias interdisciplinarias. Las tendencias curriculares en educación matemática piden usar fenómenos y situaciones del mundo real para ayudar a aprender matemáticas (Kaput, 1996a).

El reto es promover el uso creativo y flexible de las ideas matemáticas dentro de un contexto interdisciplinario, donde los estudiantes resuelvan problemas reales que contengan múltiples conocimientos (Lesh & Sriraman, 2005). Desde esta perspectiva, el llamado “modelaje” utiliza situaciones reales y complejas, donde la solución de problemas involucra el pensamiento matemático, más allá

de la experiencia usual escolar y donde los resultados a menudo incluyen herramientas conceptuales que son necesarias para algún propósito o para alcanzar una meta (Lesh & Zawojewski, 2007)

Bajo esta perspectiva, English (2007), investiga el uso del modelaje a nivel de escuela primaria, definiendo el modelaje como “sistemas de elementos, operaciones, relaciones y reglas que pueden ser usadas para describir, explicar o predecir el comportamiento de cualquier otro sistema conocido” (Doerr y English, 2003).

En relación a los conceptos matemáticos, Núñez y Font (1995), han considerado que han de presentarse a los alumnos en contextos concretos que les den sentido y funcionalidad (*alternativa semántica*). Ramos y Font (2006), se refieren al gran interés que despierta la competencia de los alumnos para aplicar las matemáticas escolares a los contextos extra-matemáticos de la vida diaria, y utilizan herramientas teóricas del enfoque ontosemiótico de la cognición matemática (Godino et al., 2004; Godino, 2002; Font, 2005), para reflexionar sobre el constructo “*contexto*”.

Estos autores señalan que, en situaciones de la vida real, en las que las personas se sienten implicadas, se ha observado que éstas utilizan matemáticas “*propias*” que pueden ser muy diferentes a las que estudiaron en la escuela. En estas situaciones, el problema y la solución se generan simultáneamente, y la persona se implica cognitivamente, emocional y socialmente. Por lo que, los conocimientos se construyen usándolos en contextos reales.

En lo que se refiere a la educación matemática a nivel superior, se ha venido exigiendo una matemática más realista, presentada en contextos concretos, integrada dentro de proyectos de investigación (Gravemeijer y Doormán, 1999; Gómez, 2000), haciendo uso de conceptos y experiencias de la física en cursos interdisciplinarios a nivel superior de ambas ciencias (García-Raffi, 2002; Marrongelle, 2002).

Específicamente, en lo que se refiere a la enseñanza y el aprendizaje a nivel superior, García-Raffi et al. (1999), afirman que, en la enseñanza de las ciencias básicas en ingeniería, se dedica poca atención a la contextualización de los conocimientos avanzados, ya que generalmente, se atribuye a los estudiantes universitarios madurez intelectual y metodológica para comprender e integrar los nuevos conceptos. Considera que debe producirse un acercamiento global y práctico a los conceptos básicos con el fin de minimizar los *misconceptions* debidos a la división artificial de los contenidos.

El tipo de enfoque utilizado por el profesor de matemática, también ha sido considerado determinante al enseñar los conceptos preliminares del cálculo diferencial a partir de la interpretación física de la derivada (Azcárate et al., 1996). Ellos realizaron estudios sobre el proceso de aprendizaje del concepto de derivada, a partir del concepto de pendiente de una recta, analizando los esquemas conceptuales asociados, elaborando perfiles cognitivos de los estudiantes y analizando su evolución a lo largo del proceso de aprender, en el cual los conceptos de velocidad media e instantánea desempeñaban un papel importante. Esto con el fin, de establecer pautas para realizar diseños curriculares, en función de los perfiles encontrados (geométrico, operacional y funcional).

Más recientemente, Azcarate y Camacho (2003), registraron varias investigaciones en universidades del estado español, relacionadas con el aprendizaje de los estudiantes sobre ciertos aspectos del desarrollo cognitivo, tales como esquemas conceptuales, obstáculos cognitivos y la modelización de situaciones de carácter científico-técnicas, son estudios en los que se ha obtenido información acerca de los procesos característicos del pensamiento matemático avanzado (abstracción, formalización, representación, definición, demostración), involucrados en los conceptos del calculo diferencial.

Otras investigaciones además, han considerado esencial, para una rigurosa comprensión del cálculo y de los problemas que requieren cálculo, el hecho de que el estudiante logre representaciones múltiples de los conceptos y procesos del cálculo -simbólico, gráfico, numérico, verbal- (Norman y Prichard, 1994).

Una importante observación, es dada por Ferrini-Mundy & Graham (1994), en su trabajo, donde expresan que los contextos gráficos y los contextos algebraicos pueden funcionar como mundos separados para los estudiantes, donde algoritmos no relacionados son aplicados para resolver problemas, y donde se pueden adquirir significados incompatibles.

Ferrara y Robutti (2001), al estudiar enfoques y procesos cognitivos de estudiantes en la construcción del significado de objetos matemáticos, utilizaron detectores de movimiento o detectores sónicos que se les conoce como: Microcomputer-Based Laboratory (MBL), Calculator-Based Laboratory (CBL), y Calculator-Based Ranger (CBR), herramientas de medida on-line. Estos son dispositivos conectados a computadoras o graficadoras, que por medio de sondas recogen los datos y los almacenan en la computadora (dispositivos para recolectar datos). Los datos pueden ser analizados y expuestos en diferentes formatos, y los estudiantes pueden graficar en el momento en que los datos son recolectados o más tarde. Se interesaron, particularmente, en el enfoque funcional del álgebra, en relación a la modelización de situaciones reales y fenómenos.

Estas investigadoras, encontraron que: (1) al parecer, un buen uso de la tecnología (conjuntamente con ingeniería didáctica) puede ayudar a los estudiantes en la producción matemática; (2) la misma actividad propuesta a estudiantes con o sin tecnología da diferentes resultados en términos de producción de significados; (3) hacer una experiencia física puede ayudar a los estudiantes a pasar a un concepto abstracto, como el de función, más que una lección-clase teórica.

En un trabajo más reciente Ferrara, Pratt y Robutti (2006) discuten el rol y los diferentes usos de la tecnología en la enseñanza del álgebra y el cálculo.

Otro tipo de investigaciones, señalan la importancia cognitiva de los gestos. Se ha desarrollado una clasificación de los gestos a partir del trabajo de McNeill (1992): gestos “deictic” (apuntan a un objeto), gestos metafóricos (se

representa una idea abstracta que no tiene forma física), y los gestos icónicos (tienen una relación de semejanza con el contenido semántico).

Más recientemente, los gestos icónicos han sido analizados en detalle por Edwards (2003). En una perspectiva semiótica-cultural, Radford considera los gestos como un tipo de signos, y examina la producción de significado en los estudiantes, en términos de diversas fuentes semióticas tales como gestos, gráficas, palabras y acciones, (Radford et al., 2003).

El estudio de los gestos, se utiliza como herramienta para la investigación sobre las bases metafóricas de las matemáticas. Nuñez (2008), analiza los gestos de los profesores de matemáticas durante sus clases, y señala que los profesores no sólo usan expresiones metafóricas, sino que ellos, en tiempo real, están pensando dinámicamente. Indica que es importante comprender, que esos gestos no son únicamente ayudas para la enseñanza o intentos para hacer cosas abstractas más concretas.

2.7.5 Investigaciones en relación con el aprendizaje de las matemáticas a través de experiencias de la física

La matematización del movimiento, es un punto de interés en el contexto de un fenómeno modelable, por medio de sistemas tecnológicos dinámicos. Actualmente, existen una variedad de investigaciones que consideran la matematización del movimiento, por parte de los estudiantes, la mayoría focalizada en alumnos de educación media o preuniversitario (Kaput, 1996a; Hegedus y Kaput, 2001, 2004).

Los estudios centrados en el incremento, de la comprensión de los estudiantes, de la herramienta -detector de movimiento-, que los capacita para planear sus movimientos, con el fin de crear gráficos e interpretarlos en términos de acciones cinestésicas, han contribuido en gran medida a la reconceptualización de la naturaleza de la simbolización, al aprendizaje de graficar, y a vincular la

graficación de niños y adolescentes, con la graficación científica (Nemirovsky et al., 1998; 2004; Noble et al., 1999).

Se han venido implementando, a través del TERC's Education Research Collaborative in Science and Mathematics, diversos proyectos para hacer un rastreo de las ideas de los estudiantes, sobre la tasa de variación y de acumulación, y como ellas se develan como un hilo de semejanzas y diferencias a través de representaciones múltiples.

El grupo SimCalc (Hegedus y Kaput, 2001, 2004), ha desarrollado una serie de casos de estudios sobre la enseñanza y el aprendizaje de la "matemática del cambio" en aulas de clase de primaria, secundaria y pre-universitario:

- Movimiento corporal y gráficas ("Body Motion and Graphing"), que analiza los esfuerzos estudiantes de educación primaria para darle sentido a gráficos, mediante el uso de un computador con un detector de movimiento. El análisis en el desarrollo de la comprensión de la herramienta (el detector de movimiento) que los posibilita para planificar sus movimientos con el fin de crear gráficos e interpretarlos en términos de acciones cinestésicas.
- El uso de dispositivos para aprender matemáticas y ciencia. Han elaborado un sistema para programar computadoras que ejercen fuerzas que podrán ser experimentadas por los estudiantes cuando se mueven linealmente.

Consideran que en educación matemática y en ciencia, los roles de las actividades corporales y cinestésicas han aumentado su importancia, y que la interacción con fuerzas tangibles, es una forma significativa de ocupar a los estudiantes con símbolos matemáticos e ideas científicas.

Se observaron además, en relación con el aprendizaje del cálculo y el movimiento, los experimentos en aprendizaje de Speiser et al. (2003), basados en la representación del movimiento y en el estudio del cómo los estudiantes le

dan sentido al movimiento. Específicamente se consideró la experiencia de un grupo de estudiantes, con una tarea basada en un conjunto de 24 fotografías de lapso-tiempo, del movimiento de un gato, ellos debían determinar cómo estaba moviéndose. El análisis se centró en un ancho rango de “presentaciones” gráficas construidas por los estudiantes, y en cómo los razonamientos de los estudiantes se basan en estas representaciones, para darle sentido al movimiento del gato. Ellos también llevaron a cabo movimientos que pensaban eran como el del gato, y este segundo enfoque podría llevarlos a un conjunto bastante diferente de presentaciones.

Otras investigaciones con estudiantes (en su mayoría realizadas con alumnos de educación media o pre-universitario) utilizando -detector de movimiento-computador- han contribuido a reconceptualizar la naturaleza de la simbolización y del aprendizaje de graficar. En estos trabajos se presentan y ejecutan actividades que implican el uso de detectores de movimiento y dispositivos, para recolectar datos para explorar la participación activa (interacciones orales, y actividades gestuales y cinestésicas) de los alumnos.

En estas investigaciones, han encontrado mejoras en el desempeño de los estudiantes para conseguir: múltiples formas de mediación o representación, formas de conectar conceptos de otras disciplinas con las matemáticas, la comprensión de conceptos de la física, etc., (Beichner, 1990; Kaput, 1996b; Lindwall y Lindström, 1999; Lapp y Moenk, 1999; Lapp y Cyrus, 2000; Hale, 2000; Bernhard, 2000a, 2000b, 2000c, 2001). En particular, estos dispositivos ayudan a aumentar la comprensión de los gráficos a través de interacciones entre los estudiantes, el evento físico y la intervención de los entrevistadores.

Ferrara y Robutti (2002), centraron su investigación en el uso un detector sónico de movimiento, ellas llegaron a la hipótesis de que esta tecnología constituye un buen mediador en la construcción de significados de nuevos objetos matemáticos, tales como, la función lineal (o diferentes clases de funciones).

Entre las investigaciones relacionadas con el lenguaje y sus implicaciones para la cognición matemática, Bolite Frant (2002, 2004) ha realizado, un estudio de casos con un grupo de profesores y licenciados de matemática y física, de diferentes niveles de enseñanza en Brasil, para analizar y discutir el papel del cuerpo y la tecnología en la producción de conocimiento matemático. Los profesores participaron en actividades de lectura y elaboración de gráficos que expresan situaciones de movimiento, utilizando un sensor de ultrasonido, CBR y calculadora-gráfica.

De acuerdo con la perspectiva de Frant, la utilización de tecnología (computador, multimedia, internet) es vista como un *nuevo texto* para el cual el aprendiz producirá significados, ella defiende el uso de la tecnología como medio de expresión del aprendizaje. Es importante señalar que en su trabajo se discute la introducción, en la enseñanza de la matemática, de estas nuevas tecnologías como "*prótesis*" que permiten actuar y hablar sobre objetos matemáticos y no sólo como herramientas que facilitan y hacen más eficiente la enseñanza-aprendizaje de la matemática.

Considera necesario crear nuevos espacios para la producción de significados, así que asume que el uso de sensor-CBR-calculadora-sujeto-al-cuerpo como *prótesis*, pueden procurar una nueva perspectiva para observar en el mismo escenario, un nuevo texto, o gráfico de movimiento, provocando una producción de significados en el aula de clases desde un ámbito diferente del habitual. Su interés está dirigido a levantar los argumentos que se generan al expresar creencias y justificaciones en actividades que utilizan estas tecnologías.

Finalmente, como síntesis de los contenidos presentados en este apartado, presentamos en los Cuadros 2.5 y 2.6, un resumen de las investigaciones y proyectos que hemos consultado y analizado en este apartado, como antecedentes y referentes para situar nuestro estudio.

Objeto de la Investigación	Autor y año	Aspectos investigados
Discurso en el aula	De Longhi (2000)	Análisis de las intervenciones del docente y de los alumnos durante la clase.
	Jiménez y Díaz(2003)	Análisis de la argumentación del alumno en la clase de ciencias
	Tarabay y León (2004)	La argumentación en la clase magistral
	Fagúndez (2006)	Análisis del Discurso del profesor en clases de Física Universitaria.
Enseñanza de la argumentación	Revel y otros (2005)	Enseñanza de la argumentación científica escolar
	Zamudio y otros (2002)	Habilidades retóricas y pensamiento crítico en la enseñanza de la argumentación
	Campaner y De Longhi (2005)	Análisis de la argumentación del alumno luego de una intervención didáctica
Metáforas y producción de significado	Da Silva y Lins (2002)	Producción de significado para la noción de base en Álgebra Lineal
	Rejane y Lins (2006)	Producción de significados matemáticos y no-matemáticos para el concepto de "dimensión".
	Font y Acevedo (2003)	Metáforas en el discurso del profesor (clase de gráfica de funciones)
	Frant, Acevedo y Font (2005a)	Metáforas en el discurso del profesor y del alumno (clase de gráfica de funciones)
	Dall'anese (2006)	Argumentación y uso de metáforas de estudiantes de postgrado

Cuadro 2.5. Resumen de investigaciones y proyectos revisados. N° 1.

Objeto de la Investigación	Autor y año	Aspectos investigados
Aprendizaje de las matemáticas	Lesh & Zawojewski (2007) English (2007) Doerr y English (2003)	Uso del modelaje en la enseñanza de las matemáticas
	Núñez y Font (1995) Ramos y Font (2006) Gravemeijer y Dormán (1999) Gómez, (2000) García-Raffi (2002) Marrongelle (2001)	Contextualización en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas
	Norman y Prichard (1994) Ferrini-Mundy & Graham (1994) Azcárate et al. (1996)	Los sistemas de representación y la comprensión del concepto de derivada. Esquemas conceptuales y perfiles cognitivos asociados,
	Ferrara y Robutti (2002) Ferrara, Pratt y Robutti (2006)	Uso de la tecnología en la enseñanza de la matemáticas
	McNeill (1992) Edwards (2003). Radford et al. (2003) Nuñez (2008)	Relevancia cognitiva de los gestos, producción de significado desde diversas fuentes semióticas Estudio de los gestos en estudios sobre bases metafóricas de las matemáticas en su aprendizaje.
Aprendizaje de las matemáticas a través de experiencias de física	Kaput (1996a) Hegedus y Kaput (2001, 2004) Nemirovsky et al. (1998; 2004) Noble (1999) Speiser et al. (2003) Beichner (1990) Lapp y Moenk (1999) Bernhard (2000a; 2000b, 2000c, 2001) Hale (2000) Kaput (1996b) Lindwall y Lindström (1999) Lapp y Cyrus (2000)	Aprendizaje de graficación mediante uso de sensor de movimiento Formas de conectar conceptos de otras disciplinas con las matemáticas
	Ferrara y Ornella, (2001)	Aprendizaje de funciones mediante uso de sensor de movimiento
	Frant (2002)	Análisis del papel del cuerpo y la tecnología en la producción de conocimiento matemático

Cuadro 2.6. Resumen de investigaciones y proyectos revisados. N° 2.

