

R. Solans Buxeda¹
C. Farran Minguella²
C. Canalda Sahli³

- 1 Odontología Integrada de Adultos.
Profesor Asociado.
- 2 Odontóloga. Práctica privada.
- 3 Patología y Terapéutica Dental.
Catedrático.

Correspondencia:

Dr. R. Solans Buxeda
Rbla. Poblenou nº46
08005 Barcelona
E-mail: 15803rsb@comb.es

Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de un Cermet y dos cementos de ionómero de vidrio híbridos

RESUMEN

Se ha estudiado la resistencia a la compresión y a la flexión de tres cementos de ionómero de vidrio; un cermet, Ketac-Silver y dos compómeros, Dyract y Compoglass. Los tres han sido sometidos a la percusión de una carga en una máquina Instron sobre 30 muestras iguales de los tres materiales, 10 de Ketac-Silver, 10 de Dyract y otras 10 de Compoglass. Para el análisis de los resultados hemos empleado las pruebas estadísticas pertinentes. Compoglass es el material que presenta mayor resistencia a la compresión y a la flexión. Ketac-Silver es el que presenta los valores más bajos de resistencia a la compresión y a la flexión.

PALABRAS CLAVE

Cermet; Compómero; Compresión; Flexión.

ABSTRACT

This study has compared the flexural strength and the compressive strength of one conventional silver alloy-reinforced glass-ionomer cement (Ketac-Silver) and two light activated glass-ionomer cements (Dyract and Compoglass). Both of them have been sommeted to the percussion weight of an Instron machine upon 30 identic cases of the three materials, 10 of Ketac-Silver, 10 of Dyract and 10 of Compoglass. For the result's analisis we have employed the pertinent statistics al tests. Compoglass is the most compressive and flexural strength resistance material. Ketac-Silver presents the lower resistance and compression values.

KEY WORDS

Cermet; Light activated glass ionomer cement; Compression; Flexural.

204 INTRODUCCIÓN

El ionómero de vidrio ha ganado gran aceptación como material de restauración debido a sus propiedades de adhesión, liberación de flúor y biocompatibilidad^(1,2) entre otras, las cuales lo convierten en el material de elección en diferentes situaciones clínicas^(3,4). Por otra parte, tiene una serie de desventajas como sus escasas propiedades estéticas, la dificultad de su pulido, su delicado equilibrio hídrico y, además, sus bajos valores de resistencia especialmente a la compresión y a la flexión^(5,6). Con el objetivo de paliar dichos inconvenientes surgió la idea de combinar los ionómeros de vidrio con resina, dando lugar a los ionómeros de vidrio modificados con resina. Con estas investigaciones, llevadas a cabo por Mathis y Ferracane en 1989, se obtuvieron los ionómeros híbridos⁽⁷⁾.

Las principales ventajas de los ionómeros de vidrio híbridos son la gran disminución del tiempo clínico de endurecimiento, la existencia de una menor sensibilidad a la desecación, una mayor resistencia a las fuerzas oclusales respecto de los ionómeros de vidrio convencionales y su mejor cualidad estética⁽⁸⁾. También se han utilizado estos ionómeros híbridos incluso como material de obturación en clases I de molares y en clases II de molares temporales, en lugar de los cermets o ionómeros reforzados con partículas de plata. Los buenos resultados obtenidos a corto plazo hacen pensar que estos materiales puedan erigirse, en su momento, como sustitutos de los cermets.

La formulación de estos materiales que en la bibliografía figuran bajo denominaciones tales como Compómeros, Resinas Compuestas Modificadas, Ionómeros Híbridos y Vitroionómeros de resina, consiste en un 80% de ionómero de vidrio combinado con un 20% de resina fotopolimerizable⁽⁹⁾.

Los ionómeros híbridos son más resistentes que los clásicos y los cermets. Las propiedades físicas más destacables son su mayor resistencia a la erosión y a la fractura⁽¹⁰⁾. El principal inconveniente que presentan es una contracción de polimerización superior a la de los ionómeros clásicos, aunque menor que la de los composites.

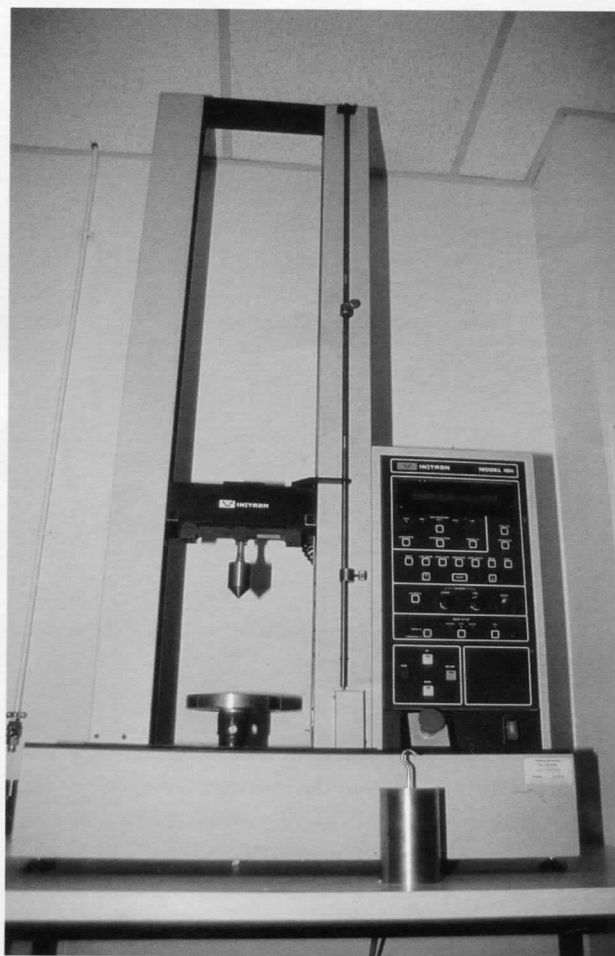


Figura 1. Máquina INSTRON modelo 1011, para calibrar resistencias.

El objetivo de nuestro experimento fue estudiar la resistencia a la compresión y a la flexión de un cermet y dos compómeros.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Material

1.1 Material de relleno y material de soporte de metacrilato

Se han empleado tres tipos diferentes de ionóme-



Figura 2. Ordenador, impresora de registros numéricos e impresora de registros gráficos.

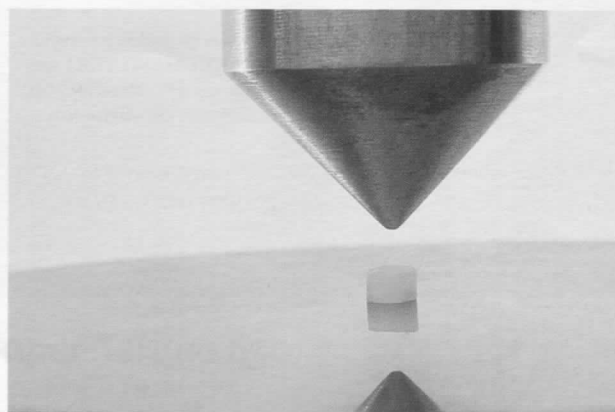


Figura 3. Ejemplo de la carga troncocónica de acero inoxidable dirigiéndose perpendicularmente hacia el centro de una de las muestras de Compoglass depositada sobre la platina horizontal de la INSTRON.

ros de vidrio: un cermet, Ketac-Silver (ESPE, Seefeld, Alemania) y dos compómeros Dyract (Dentsply-De-Trey, Konstanz, Alemania) y Compoglass (Vivadent, Schaan, Liechenstein), estableciéndose tres grupos: A (Ketac Silver), B (Dyract) y C (Compoglass); formados por 10 muestras cada uno, 30 en total.

Como material de soporte se han utilizado 30 anillas de metacrilato conseguidas mediante el corte regular de un tubo de metacrilato transparente.

Cada uno de los 30 especímenes, 10 de cada tipo de ionómero, se pulió sucesivamente con fresas de diamante fino, puntas de Arkansas FG 661 (Meissinger) compuestas de óxido de silicio y cuarzo, discos de óxido de aluminio Sof-Lex (3M) y discos Enhance (Caulk Dentsply).

1.2 Material de evaluación

La evaluación se realizó con la máquina INSTRON modelo 1011 (Fig. 1) conectada a un ordenador para introducir los datos específicos de cada investigación y archivar los resultados, y una impresora que proporciona el registro gráfico de éstos (Fig. 2).

2. Método

A partir de un tubo cilíndrico de metacrilato de 6 mm de diámetro interno y 8.5 mm de diámetro exter-

no, hemos fabricado 30 preformas haciendo repetidos cortes del tubo a una distancia de 4 mm. De esta manera hemos conseguido unas anillas de 6 mm de diámetro interno por 8,5 mm de diámetro externo y 4 mm de longitud. Estas medidas nos han permitido conseguir muestras cilíndricas de 6 mm de diámetro por 4 mm de longitud. Una vez confeccionadas las preformas hemos procedido a rellenarlas con los ionómeros objeto de nuestra investigación: Ketac-Silver, Dyract y Compoglass, elaborando así las muestras de estudio, las cuales han sido conveniente y cuidadosamente pulidas, ya que cualquier imperfección, poro o relieve de la superficie puede influir negativamente en los resultados finales de nuestro estudio. Esto requiere que las caras planas de cada ejemplar sean perfectamente lisas y rectas para apoyarse correctamente en la platina horizontal de la INSTRON y para que todas las muestras reciban la carga del cilindro macizo de acero inoxidable en iguales condiciones. Para el almacenado de las muestras (1 semana) se han seguido las instrucciones del fabricante.

Para realizar la investigación se depositó cada muestra verticalmente sobre una platina horizontal específica de la INSTRON, de manera que la carga unida a la máquina descendiera perpendicularmente en dirección al centro de la muestra (Fig. 3).

Tabla 1 Resistencia a la compresión de todos los especímenes del grupo A (KETAC-SILVER) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la compresión (MPa)
A.1	159,63
A.2	66,93
A.3	102,30
A.4	122,01
A.5	129,76
A.6	144,88
A.7	88,42
A.8	94,01
A.9	101,45
A.10	83,50
Media	109,27
Desviación estándar	1,287
Rango	159 - 66
Coefic. de variación	44,06

La Instron lleva incorporado un receptor de fuerza que registra la carga progresiva a la que es sometida cada muestra y el momento en que ésta se fractura. Se utilizó inicialmente una célula de 50 Kg que fue suficiente para el grupo A (Ketac-Silver) pero insuficiente con los grupos B y C (Dyract y Compoglass, respectivamente), para los cuales se utilizó una célula de 500 Kg que nos permitió percutir una carga de hasta 500 KN.

Introdujimos los parámetros específicos de nuestro estudio en el ordenador conectado a la INSTRON. Estos son:

- las medidas de la muestra, es decir, 4 mm de longitud por 6 mm de diámetro.
- y la velocidad de carga de 1 mm/minuto que corresponde a la publicada en la bibliografía⁽¹¹⁾. Mediante la elaboración de los correspondientes cálculos matemáticos con los registros de la INSTRON, hemos calculado la resistencia a la compresión en MPa y el estrés de máxima carga que corresponde a la resistencia a la flexión en MPa.

Para el análisis estadístico de los resultados, comprobada la falta de homogeneidad de la varianza

Tabla 2 Resistencia a la compresión de todos los especímenes del grupo B (DYRACT) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la compresión (MPa)
B.1	164,53
B.2	228,81
B.3	84,81
B.4	185,06
B.5	227,96
B.6	159,71
B.7	144,28
B.8	130,97
B.9	186,61
B.10	110,15
Media	162,26
Desviación estándar	0,3317
Rango	228 - 84
Coefic. de variación	28,94

mediante la prueba de Barlett, se aplicó la prueba de Kruskall-Wallis para comparar los 3 grupos entre sí. Para comparar los grupos dos a dos se aplicó la prueba de la U de Mann-Whitney. El valor de significación aceptado fue de $p < 0,05$. Se utilizó el programa estadístico SPSS.

RESULTADOS

Según puede observarse en las tablas 1, 2 y 3 la mayor resistencia a la compresión se consiguió con Compoglass seguido de Dyract y Ketac-Silver en este orden. Mediante el test de Kruskall-Wallis se observaron diferencias significativas entre los tres materiales para un nivel de significación $p < 0,05$. Se continuó el estudio más exhaustivamente mediante el test de la U de Mann-Whitney para comparar los materiales dos a dos. Al comparar la resistencia a la compresión entre Ketac silver y Dyract para un nivel de significación $p < 0,05$, la prueba de la U de Mann-Whitney nos mostró que existen diferencias significativas. Lo mismo sucede para Ketac-Silver/Compoglass y Dyract/Compoglass

Tabla 3 Resistencia a la compresión de todos los especímenes del grupo C (COMPOGLASS) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la compresión (MPa)
C.1	216,71
C.2	289,55
C.3	304,56
C.4	278,08
C.5	268,31
C.6	130,97
C.7	306,83
C.8	294,37
C.9	244,53
C.10	254,08
Media	258,83
Desviación estándar	0,4011
Rango	306 - 130
Coefic. de variación	21,95

Tabla 4 Resistencia a la flexión de todos los especímenes del grupo A (KETAC-SILVER) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la flexión (MPa)
A.1	16,73
A.2	20,84
A.3	22,73
A.4	21,50
A.5	27,16
A.6	21,85
A.7	19,42
A.8	29,50
A.9	25,95
A.10	27,77
Media	23,35
Desviación estándar	45,52
Rango	29 - 16
Coefic. de variación	44,06

también para un nivel de significación de $p < 0,05$. La mayor resistencia a la flexión (Tablas 4, 5 y 6) se consiguió con Compoglass, seguido por Dyract y Ketac-Silver, también en este orden. La prueba de Kruskal-Wallis dio también diferencias significativas al comparar los tres materiales entre sí, y la de Mann-Whitney dio asimismo diferencias significativas al compararlos dos a dos.

DISCUSIÓN

En nuestro experimento hemos estudiado la resistencia a la flexión y a la compresión de un ionómero de vidrio reforzado, es decir un cermet, Ketac-Silver, y dos compómeros, Dyract y Compoglass. Hemos decidido estudiar la resistencia a la compresión y a la flexión porque, por un lado la resistencia a la compresión muestra ser la medida idónea cuando se trata de materiales frágiles como los ionómeros de vidrio, de acuerdo con el parecer de Craig y cols.⁽¹²⁾; y por otro, la resistencia a la flexión representa el test más discriminativo para los ionómeros de vidrio^(1,5,12).

Las medidas longitudinales y diametrales de las muestras es uno de los parámetros que introducimos en la maquina INSTRON de manera que permita homologar los valores numéricos de resistencia. La calibración de la INSTRON con diferentes células nos garantiza también la homologación de los valores. La célula con la que hemos calibrado Ketac-Silver, de carga 10 veces inferior a la utilizada para medir los compómeros, nos ha mostrado desde el principio la gran diferencia de resistencia entre cermets y compómeros.

A. Resistencia a la compresión

Los factores que intervienen en la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio son: la composición química y la microestructura del vidrio; la naturaleza, concentración y peso molecular del ácido policarboxílico y la proporción polvo/líquido; además, todos estos factores se ven modificados por la variación en el tiempo⁽¹²⁾.

Compoglass presenta un tamaño de partículas muy finas de 1,7 micras, mientras que en Dyract son de 2,5

Tabla 5 Resistencia a la flexión de todos los especímenes del grupo B (DYRACT) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la flexión (MPa)
B.1	41,11
B.2	57,16
B.3	21,20
B.4	46,23
B.5	56,94
B.6	39,90
B.7	36,04
B.8	32,74
B.9	46,62
B.10	27,54
Media	40,55
Desviación estándar	11,73
Rango	57 - 21
Coefic. de variación	28,94

Tabla 6 Resistencia a la flexión de todos los especímenes del grupo C (COMPOGLASS) así como los valores de la media, desviación estándar, rango y coeficiente de variación

Número de muestra	Resistencia a la flexión (MPa)
C.1	55,29
C.2	72,34
C.3	76,11
C.4	69,47
C.5	67,05
C.6	32,74
C.7	76,67
C.8	73,55
C.9	61,10
C.10	62,32
Media	64,66
Desviación estándar	14,19
Rango	76 - 32
Coefic. de variación	21,95

micras. Esto puede explicar que Compoglass tenga más resistencia que Dyract⁽¹³⁾.

Las muestras de Ketac-Silver han presentado al fracturarse poros y otros defectos internos. Este hecho puede ser una de las causas de la menor resistencia tanto a la compresión como a la flexión que han mostrado los ejemplares que hemos analizado. Nuestras deducciones coinciden con las de Pearson y cols. y las de Lloyd y cols.^(14,15). El alto valor de resistencia a la compresión y a la flexión que hemos obtenido con los dos compómeros, especialmente con Compoglass, se aleja significativamente del valor del Cermet para acercarse a los composites. La parte de composite que conforma la estructura interna de los compómeros les otorga un comportamiento respecto a la resistencia a la compresión y a la flexión comparable con las propiedades de resistencia de los composites⁽¹⁵⁾.

Según Wilson y cols.⁽¹⁶⁾, la resistencia a la compresión de los polímeros de composite refleja las propiedades de la matriz del polímero, de manera que la resistencia a la compresión parecía no ser notablemente dependiente del peso molecular. Pero, el ionómero y cermets fabricados con alto peso molecular del

poliácido exhiben claramente una deformación plástica, que provoca un debilitamiento y, consecuentemente, una inferior resistencia a la compresión, conjuntamente con un mayor riesgo de fractura quebradiza. Por otro lado, una disminución en el peso molecular del poliácido disminuye la capacidad del material de resistencia a la compresión. Los resultados de nuestras muestras de Ketac-Silver confirman este planteamiento⁽¹⁶⁾.

La absorción de agua que presentan Dyract y Compoglass es de 0,47% y 0,33%, respectivamente, según los datos técnicos del fabricante. El valor inferior de Compoglass es un parámetro que puede influenciar aumentando la resistencia de este material, mostrando Compoglass un aumento del 37,3% aproximadamente en resistencia a la compresión y a la flexión respecto a Dyract.

Ketac-Silver presenta un incremento de la resistencia a la compresión durante los primeros seis meses y después decrece, pero manteniéndose similar a la resistencia de las 24 horas^(11,12). El valor máximo de las muestras de nuestro estudio con Ketac-Silver, examinadas tras una semana, (159,6 MPa) es similar a los

valores obtenidos por Cattani-Lorente⁽¹⁷⁾ a los dos meses.

Respecto a los compómeros existen pocos estudios que hayan evaluado el comportamiento de su resistencia a la compresión a lo largo del tiempo. En el caso de Dyract se han obtenido resultados siempre superiores respecto a los ionómeros clásicos⁽¹⁸⁾. Por la novedad de Compoglass aún no existen estudios publicados sobre la evolución de sus propiedades en el tiempo. Pero, observando nuestros resultados, todo apunta a un buen mantenimiento de sus condiciones intrínsecas, pudiendo superar a otros compómeros que hoy en día son de frecuente uso clínico como el Dyract.

B. Resistencia a la flexión

El valor de la resistencia a la flexión obtenido por Wilson y McLean⁽¹⁾ para Ketac-Silver es de 32 MPa, mientras que el resultado de nuestro estudio es inferior: 23,3 MPa, con un valor de resistencia máximo de 29,5 Mpa.

En la variación de la resistencia a la flexión intervienen factores relacionados directamente como son la masa molar del poliácido, el tipo de cristal y otros, y no por el contrario el tamaño de las partículas que hace aumentar considerablemente la resistencia a la compresión (comparado con los ionómeros clásicos) pero no a la flexión, que se mantiene similar a los ionómeros de vidrio convencionales^(12,19). El resultado de la mediana de la resistencia a la flexión que otorgan diferentes autores para los compómeros es de 39,2 MPa. Nuestro estudio nos da un valor de 52,6 MPa, el cual es el resultante de promediar el valor de resistencia flexural de Dyract, 40,5 MPa y del Compoglass, 64,6 MPa. Como podemos observar, nuestra media-

na para Dyract es casi igual al valor de referencia de los compómeros, mientras que Compoglass se perfila como el compómero con mayor resistencia a la flexión.

Con estos valores podemos afirmar que los compómeros presentan valores de resistencia a la flexión y a la compresión comparables a las resinas compuestas de microrrelleno, especialmente por lo que se refiere a la resistencia a la flexión con valores mucho más discriminatorios.

Compoglass, con valores superiores de resistencia compresiva y excelentes resultados en cuanto a la resistencia a la flexión, se perfila como el mejor ionómero híbrido de los estudiados, con propiedades más cercanas a las de los composites y alejándose a su vez, en cuestión de resistencia, de los ionómeros.

CONCLUSIONES

1. En conjunto, los compómeros presentan mejores resultados de resistencia a la compresión que los cermets.
2. Entre los tres materiales estudiados, Compoglass es el que presenta más resistencia a la compresión, seguido de Dyract. Ketac Silver es el que presenta, con diferencia, los valores más bajos de resistencia a la compresión.
3. Respecto a la resistencia a la flexión, los compómeros también presentan valores superiores comparado con los cermets.
4. De los tres materiales estudiados, Compoglass se perfila como el compómero con más alta resistencia a la flexión. En segundo lugar, Dyract. Ketac Silver aparece como el material con resultados de resistencia a la flexión mas bajos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wilson AD, McLean JW. *Glass-ionomer cement*. Chicago: Quintessence Books, 1988.
2. Kawahara H, Imanishi Y, Oshima H. Biological evaluation of glass ionomer cement. *J Dent Res* 1979;**65**:146-148.
3. Knibbs PJ. Glass ionomer cement: 10 years of clinical use. *J Oral Rehab* 1988;**15**:103-115.
4. Phillips RW. *La ciencia de los materiales dentales*. México: Interamericana McGraw-Hill, 1993: 472-484.

5. Van de Voorde A, Gerdts GJ, Murchison DF. Clinical use of glass ionomer cement: a literature review. *Quint Int* 1988;**19**:53-61.
6. Levartovsky S, Kuyinu E, Georgescu M, Goldstein GR. A comparison of the diametral tensile strength, the flexural strength, and the compressive strength of two new core materials to a silver alloy-reinforced glass ionomer material. *J Prosthet Dent* 1994;**72**:481-485.
7. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass ionomer/resin composite hybrid material. *Dent Mater* 1989;**5**:335-358.
8. Mount GJ. Clinical placement of modern glass ionomer cements. *Quint Int* 1993;**24**:99-107.
9. Croll T. Visible light-hardened glass-ionomer-resin cement base/liner as an interim restorative material. *Quint Int* 1991;**22**:137-141.
10. Christensen G. Glass-ionomer resin. A maturing concept. *JADA* 1993;**124**:248-249.
11. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Early strength of glass ionomer cements. *Dent Mater* 1993;**9**:57-62.
12. Craig RG, O'Brien WJ, Powers JM. *Materiales dentales*. México: Interamericana, 1986.
13. Kerby RE, Bleiholder. Physical properties of stainless-steel and silver-reinforced Glass-ionomer Cements. *J Dent Res* 1991;**10**:1358-1361.
14. Pearson G, Bowen G, Jacobsen P, Atkinson AS. The flexural strength of repaired glass-ionomer cements. *Dent Mater* 1989;**5**:10-12.
15. Lloyd H, Butchart GM. The retention of core composites, glass ionomers, and cements by a self-threading dentin pin: the influence of fracture toughness upon failure. *Dent Mater* 1990;**6**:185-188.
16. Wilson AD, Hill RG, Warrens CP, Lewis BG. The influence of polyacid molecular weight on some properties of glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1989;**68**:89-94.
17. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Mechanical behavior of glass ionomer cements affected by long-term storage in water. *Dent Mater* 1994;**10**:37-44.
18. Cortés O, García-Godoy F, Boj JR. Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *AMJ Dent* 1993;**6**:299-301.
19. Solans Buxeda R. *Estudio de la superficie de ionómeros de vidrio, pulida con distintas técnicas, mediante perfilometría*. Tesis doctoral 1993, Barcelona.