

# Composites dentales fotocurados con diferentes diluyentes y rellenos inorgánicos

Natalia Davidenko, Roberto Sastre,\* Salvador de Aza,\*\* Yaymarily Veranes y Rubén Alvarez.

Centro de Biomateriales, Universidad de la Habana, Ciudad de La Habana, Código Postal 10600, Cuba. Correo electrónico: [natalia@biomat.uh.cu](mailto:natalia@biomat.uh.cu). \*Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC, 28006, Madrid, España. Correo electrónico: [rsastre@ictp.csic.es](mailto:rsastre@ictp.csic.es). \*\* Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, 28048, Madrid, España. Correo electrónico: [aza@icv.csic.es](mailto:aza@icv.csic.es).

Recibido: 14 de mayo de 2003. Aceptado: 24 de marzo de 2004.

Palabras clave: composite dental, fotopolimerización, características del relleno, dimetacrilato de tetraetilenglicol,  $\gamma$ -metacriloxipropil trimetoxisilano. Key words: dental composite, photopolymerization, filler characteristics, tetraethyleneglycol dimethacrylate,  $\gamma$ -methacryloxypropyl trimethoxysilane.

**RESUMEN.** Se realizó un estudio cinético de la fotopolimerización de composites preparados con óxidos de silicio de diferente tamaño de partícula y morfología (cuarzo y aerosil) utilizando como diluyentes  $\gamma$ -metacriloxipropil trimetoxisilano ( $\gamma$ -MPS) y dimetacrilato de tetraetilenglicol (DMTEEG). Como monomero base se empleó Bis-GMA y como sistema iniciador el par canforquinona-metacrilato de 2-*N,N*-dimetilaminoetilo en concentraciones de 0,5 % en peso con respecto a la matriz orgánica. Se pudo observar que la velocidad de polimerización ( $R_p$ ) de los composites de cuarzo con diferentes diluyentes crece con el aumento de la intensidad de luz incidente ( $I_0$ ) y que la dependencia de  $R_p$  con la raíz cuadrada de  $I_0$  tiene un carácter lineal. En presencia de DMTEEG los valores de  $R_p$  son aproximadamente dos veces mayores que en el caso del  $\gamma$ -MPS. A los composites híbridos (cuarzo y aerosil) con  $\gamma$ -MPS como diluyente se les realizaron estudios cinéticos tanto de las muestras recién preparadas como después de 3 semanas de almacenamiento con el objetivo de estimar la estabilidad de este sistema en el tiempo. Se pudo determinar que para ambos sistemas los valores de  $R_p$  y de las conversiones son muy próximos aunque un poco superiores para los composites que estuvieron 3 semanas almacenados lo que puede ser la consecuencia de una mayor compatibilidad entre el relleno y la matriz orgánica que se alcanza. Al comparar entre sí los composites con macro-relleno (cuarzo) y los híbridos se puede afirmar que las características del relleno prácticamente no influyen sobre los valores de  $R_p$ . Los resultados del ensayo de tracción mostraron valores del modulo de elasticidad muy similares para todas composiciones estudiadas, con una ligera tendencia a la disminución de sus promedios cuando se sustituye DMTEEG por  $\gamma$ -MPS y el cuarzo por el relleno híbrido. Por otra parte, mediante el estudio por microscopia de las superficies fraguadas de los composites se pudo determinar que la presencia del  $\gamma$ -MPS en la matriz orgánica contribuye favorablemente a su compatibilidad con el relleno.

**ABSTRACT.** A kinetic study was made of the photopolymerization of composites prepared using  $\gamma$ -methacryloxypropyl trimethoxysilane ( $\gamma$ -MPS) and tetraethyleneglycol dimethacrylate (DMTEEG) as diluents, and filled with silica of different particle size and morphology (quartz and silica gel). Bis-GMA was employed as a base monomer and the pair camphorquinone 2-*N,N*-dimethylaminoethyl methacrylate (0.5%wt with respect to the monomer matrix) was used as the photoinitiating system. It was observed that in the composites with  $\gamma$ -MPS and DMTEEG filled with quartz the initial rate of polymerization ( $R_p$ ) increased with the increase of incident light intensity, and that the dependence between  $R_p$  and the square root of  $I_0$  was linear. In the presence of DMTEEG the values of  $R_p$  were twice those of the case of  $\gamma$ -MPS. With the objective of estimating the stability of the hybrid composites (quartz and aerosil with  $\gamma$ -MPS as diluent) over a period of time, the kinetic studies of these systems were performed on samples both recently prepared and after 3 weeks of storage. It was shown that for both systems the values of  $R_p$  and conversions were very similar, although slightly higher for that stored for 3 weeks, which might result from the higher compatibility in this system between the filler and the organic matrix. When comparing composites with macro-filler (quartz) and the hybrid composites, it was possible to affirm that the characteristics of filler

showed practically no influence on the values of  $R_p$ . The results obtained in the tensile test showed very similar values for the elasticity module for all compositions studied. However there was a slight tendency for their averages to decrease when DMTEEG was substituted by  $\gamma$ -MPS and the quartz by the hybrid filler. On the other hand, by means of microscopy studies of the surfaces of the set composites it was determined that the presence of the  $\gamma$ -MPS in the organic matrix contributed favorably to compatibility of this matrix with the filler.

## INTRODUCCION

Las formulaciones restaurativas que se emplean como empastes dentales o *composites* consisten en una carga inorgánica en forma de pequeñas partículas de sílice, óxido de aluminio, diferentes tipos de vidrio, etc., hasta 85 % en peso, que le confiere al material resultante todo un conjunto de características favorables, en comparación con las resinas sin relleno.<sup>1</sup> Las más importantes son: una baja contracción al fraguar; mejores propiedades estéticas y mecánicas, incluyendo una gran resistencia a la masticación; baja solubilidad y absorción de agua y una baja dilatación o expansión térmica. El contenido y las características del relleno, tales como tamaño, naturaleza, forma y su tratamiento superficial<sup>1,2</sup> influyen significativamente sobre las propiedades finales de los composites.

La primera generación de composites utilizaba como carga un relleno convencional (o macro-relleno) con dimensiones de partícula en el intervalo de 20 a 50  $\mu\text{m}$ . Estos ma-

teriales mostraban buenas propiedades físico mecánicas, pero presentaban dificultades en el proceso de pulido y perdían partículas superficiales en las interacciones con el medio bucal y durante la masticación. Por su parte, los composites con micro-relleno (generalmente sílice pirogénica o coloidal) suelen poseer excelentes propiedades de pulido, pero debido a la gran área superficial del relleno sólo se logra un 55 a 60 % de carga en masa, lo que incide desfavorablemente sobre sus propiedades físico mecánicas.<sup>1</sup> Por esta razón, hoy día las investigaciones en materia de composites se dirigen a la obtención de sistemas híbridos que contienen a la vez, micropartículas de sílice coloidal y macro-relleno o intermedio para poder lograr un mejor porcentaje de la carga y así, garantizar adecuadas propiedades tanto físico mecánicas como de pulido.

Por otra parte, la calidad de los composites depende de la unión que se puede lograr entre la matriz orgánica y el relleno inorgánico. Para compatibilizar ambos componentes se utiliza ampliamente el tratamiento del relleno con agentes de acople que pueden modificar la superficie de la carga con el objetivo de enlazarla químicamente con la matriz polimérica. Para este propósito se usan generalmente silanos, el más utilizado de los cuales es el  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano ( $\gamma$ -MPS) con el que se logra una efectiva modificación superficial de los rellenos basados en óxidos de silicio.<sup>2</sup> Para simplificar y aumentar la especificidad del proceso de silanización se podría pensar en incorporar el  $\gamma$ -MPS a la composición de la matriz orgánica como diluyente del Bis-GMA, ya que este silano posee un grupo metacrílico en su estructura y además, se conoce su excelente miscibilidad con el Bis-GMA.<sup>3</sup> En trabajos anteriores realizados por los autores,<sup>4</sup> se demostró que el uso de  $\gamma$ -MPS como diluyente permite obtener formulaciones con características de fotocurado adecuadas, comparables con otros materiales en los que se utiliza el dimetacrilato de tetraetilenglicol, diluyente "clásico" de las resinas dentales. Sin embargo, no se ha estudiado este proceso en presencia de la carga inorgánica, por lo que el objetivo del presente trabajo fue esclarecer este aspecto para los composites cargados con óxido de silicio de diferente tamaño de partícula y morfología (cuarzo y aerosil). Por otra parte, se pretendía verificar si la presencia del  $\gamma$ -MPS contribuye efectivamente a la compatibilización entre la matriz orgánica y el relleno mediante la determinación de algunas propiedades físicas de estos composites.

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales

El bisfenol-A-bis(glicidilmetacrilato), Bis-GMA (Nupol), dimetacrilato de tetraetilenglicol, DMTEEG (Merck),  $\gamma$ -metacriloxipropiltrimetoxisilano,  $\gamma$ -MPS (Aldrich) y canforquinona, CQ (Aldrich) se emplearon sin previa purificación. El metacrilato de 2-N,N-dimetilaminoetilo, DMAEMA (Aldrich) se destiló a presión reducida y se almacenó hasta su uso en atmósfera de nitrógeno, en ausencia de luz, a baja temperatura.

Al cuarzo (Laboratorio Central de Materiales "Isaac del Corral", La Habana, Cuba) y la sílice coloidal (Aerosil-200, Degussa, Alemania) se les realizó un tratamiento superficial con  $\gamma$ -MPS como agente silanizante según el método descrito por Gorski y col.<sup>5</sup>

### Caracterización de las partículas de las cargas

A todos los rellenos (cuarzo y aerosil silanizados y sin previo tratamiento) se les realizaron análisis de granulometría, de área superficial específica y de difracción de Rayos-X (DRX).

La granulometría se determinó mediante un analizador de pulso láser de la casa Malvern, modelo Mastersizer con un sistema óptico 300 RF que tiene la capacidad de medir partículas en el intervalo de 0,05 a 880  $\mu\text{m}$ . El método de cálculo empleado fue el polidisperso basado en la teoría de Mier. La medición se realizó en suspensiones muy diluidas en agua destilada y previa dispersión con ultrasonido.

La superficie específica se determinó utilizando el principio de adsorción-desorción de una monocapa de gas en la superficie del sólido con la variación de la temperatura, según la teoría de Brunauer, Emmet y Teller (B.E.T) en un Monosorb Surface Area Analyser MS-13 de Quantachrome Corporation (USA), utilizando nitrógeno como adsorbato. El error estimado para el método fue del orden del 17 %.

Para el análisis de DRX se empleó la técnica de polvo utilizando un difractor Siemens modelo D5000 con un generador Kristallofref 710 equipado con el programa Diffract/AT. Se trabajó con radiación

$K_{\alpha}$  de Cu con monocromador de grafito y un colimador del detector de 0,1 mm. Las condiciones de registro fueron: 50 kV y 30 mA, con un intervalo entre pasos de 0,05° y un tiempo de medida de 1,5 s entre los valores de  $2\theta$  de 2 a 65° y una rotación de la muestra de 30 r/min.

### Preparación de los composites

Se prepararon composites con diferentes partes orgánicas (PO) utilizando como monómero base el Bis-GMA (60 % en peso) y variando la naturaleza del diluyente (DMTEEG y  $\gamma$ -MPS), pero manteniendo su concentración al 40 % en peso en todas las formulaciones. Como sistema fotoiniciador se empleó el par CQ-DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso) con respecto a la matriz orgánica. Como rellenos se emplearon cuarzo y aerosil, ambos previamente silanizados con  $\gamma$ -MPS. Se prepararon las formulaciones (relaciones en por ciento en peso) de composites siguientes:

- Serie 1C: 23 % de PO (Bis-GMA/DMTEEG (60/40); CQ/DMAEMA (0,5/0,5); 77 % de cuarzo.
- Serie SC: 23 % de PO (Bis-GMA/ $\gamma$ -MPS (60/40); CQ/DMAEMA (0,5/0,5); 77 % de cuarzo.
- Serie CA: 37 % de PO (Bis-GMA/DMTEEG (60/40); CQ/DMAEMA (0,5/0,5); 55 % de cuarzo y 8 % de aerosil.
- Serie SA: 37 % de PO (Bis-GMA/ $\gamma$ -MPS (60/40); CQ/DMAEMA (0,5/0,5); 55 % de cuarzo y 8 % de aerosil.

### Estudio físico mecánico y microscópico de los composites fraguados

Para determinar el módulo de elasticidad en tracción se prepararon de 5 a 6 muestras de cada composite y se irradiaron ambas caras de la probeta con una lámpara de luz visible Visilux2 de 3M durante 1 min. La intensidad de luz incidente fue aproximadamente 3 mcal/s. Los ensayos se llevaron a cabo en una máquina universal de ensayos MTS Synergie 200, con una célula de 100 N y a razón de 0,5 mm/min. La distancia entre mordazas fue 2,5 cm.

En todas las muestras fraguadas se estudió la superficie por microscopía. Se seleccionaron diferentes probetas de cada muestra y se tomaron al menos tres fotos de cada muestra por reflexión y transmisión en un Microscopio Nikon Eclipse, modelo E400, con un aumento de 4x que se controla por el programa informático Matrox Inspector, V. 3.00. Al microscopio estaba acopla-

da una cámara CCD (Sony, modelo C370).

### Cinética de la fotopolimerización

El seguimiento del proceso de fotopolimerización se llevó a cabo por medidas en tiempo real del calor desprendido en la reacción de polimerización, para lo cual, se empleó un fotocalorímetro diferencial de barrido, modificado mediante la incorporación de un sistema de irradiación a un calorímetro comercial, (Perkins-Elmer DSC-7) provisto de fibras ópticas de elevada transmisión en el ultravioleta y visible. Las irradiaciones se hicieron con luz visible con longitud de onda de 470 nm. Una descripción detallada de este equipo, así como su calibración, procesamiento de datos, determinación de luz incidente y otros detalles complementarios, se han descrito en publicaciones anteriores.<sup>6,7</sup> Todas las reacciones se llevaron a cabo a 37 °C. Muestras de aproximadamente 60 mg se pesaron con precisión y se extendieron sobre la base de cápsulas de aluminio de 6,5 mm de diámetro. De las partes lineales de las curvas cinéticas se calculó  $R_p$  mediante el método de mínimos cuadrados. El rendimiento cuántico de polimerización ( $\phi_m$ ) fue calculado como cociente entre el grado de conversión (mole) y la cantidad de energía absorbida (einstein). Todos los valores reportados correspondieron al promedio de al menos tres mediciones, con un error relativo máximo del 3 %.

## RESULTADOS Y DISCUSION

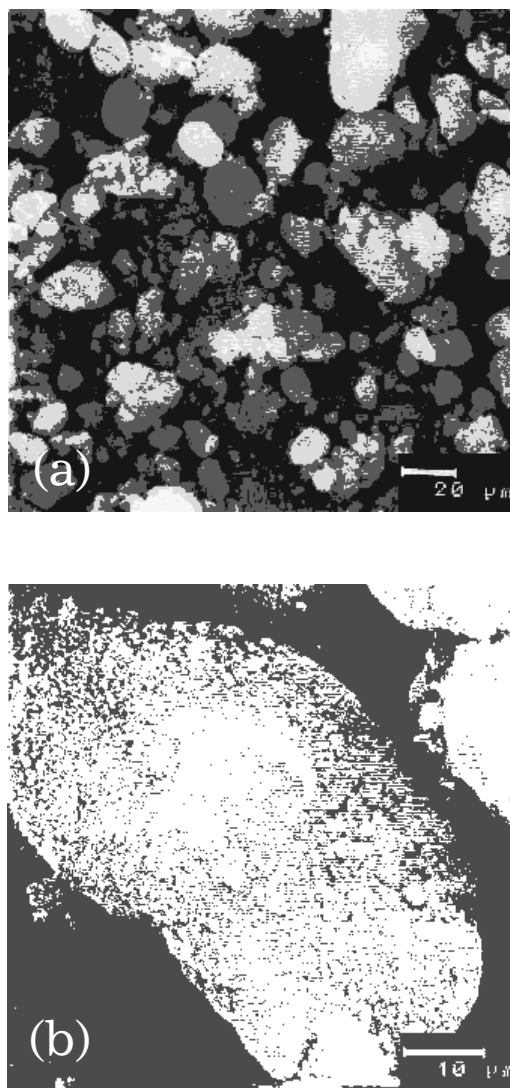
### Caracterización de las cargas

Se pudo observar que las partículas de aerosil forman aglomerados que no se dispersan ni con el uso de ultrasonido (Fig. 1, a y b) por lo que no fue posible estimar el diámetro real de las partículas sueltas y los valores registrados (Tabla 1) corresponden en este caso, al tamaño de esos

aglomerados. Para las muestras silanizadas se observó un aumento del área superficial de los agregados lo que significa que este tratamiento disminuye su tamaño.

En el caso del cuarzo, se obtuvieron valores muy parecidos de todos los parámetros para las muestras con

y sin tratamiento, lo que demuestra que la silanización no afecta ni el tamaño ni el área específica de las partículas. Las fotos de microscopía electrónica y la curva de distribución de tamaños (Figuras 2 y 3) demuestran que es un relleno muy polidisperso cuyas partículas poseen una

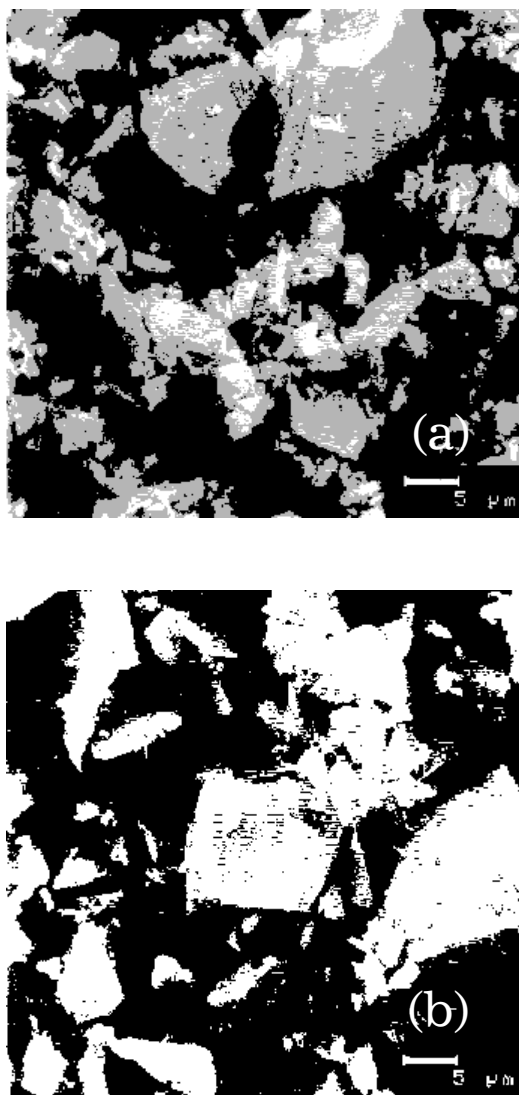


**Fig. 1.** Microfotografías del aerosil con diferentes aumentos: a) 500 veces, b) 1 484 veces.

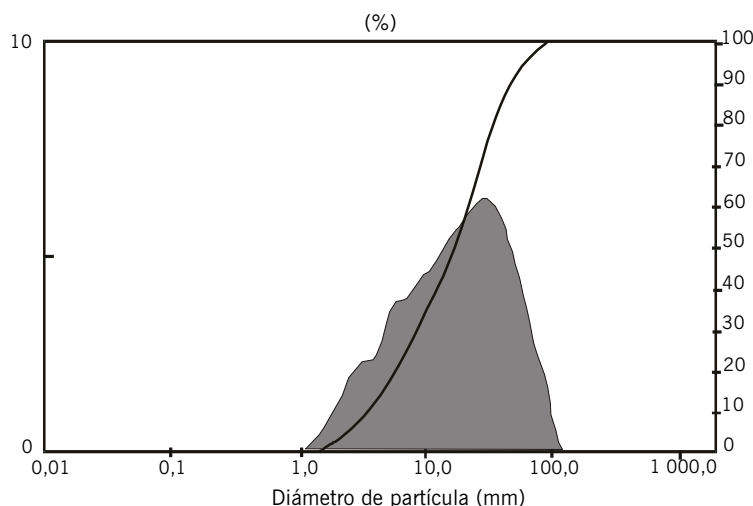
**Tabla 1.** Resultados de los análisis de los rellenos por granulometría, área superficial específica y Difracción de Rayos-X.

No.	Relleno	Diámetro del tamaño medio ( $\mu\text{m}$ )	Area superficial ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	DRX
1	Aerosil	44,14* 47,40	195 190	Estructura amorfa de $\text{SiO}_2$ .
2	Aerosil silanizado	30,26	220	Estructura amorfa de $\text{SiO}_2$ .
3	Cuarzo	16,62 17,63	1,01	Estructura cristalina de cuarzo de elevada pureza.
4	Cuarzo silanizado	14,52 13,28	0,91	Estructura cristalina de cuarzo de elevada pureza.

\* Más tiempo en el ultrasonido.



**Fig. 2.** Microfotografías del cuarzo (a) y cuarzo silanizado (b) con 2 000 veces de aumento.



**Fig. 3.** Distribución de tamaños de partículas del cuarzo.

forma irregular y están distribuidas en un amplio intervalo de valores de 1 hasta 100  $\mu\text{m}$ . Esto a su vez debe influir desfavorablemente en las

propiedades físico mecánicas del material fraguado. Por otra parte, se determinó por análisis de DRX que posee una elevada pureza, siendo el

cuarzo la única fase cristalina presente, mientras que los difractogramas del aerosil corresponden a una sílice amorfa.

### Estudio de las propiedades físico mecánicas

Se pudo observar que todas las muestras poseían valores muy similares del módulo de elasticidad y que mostraban una ligera tendencia a la disminución de sus promedios cuando se sustituye el diluyente "clásico" DMTEEG por el silano metacrílico ( $\gamma$ -MPS) y el cuarzo por el relleno híbrido (Tabla 2). El valor mínimo de este parámetro correspondió al composite SA, el cual se diferencia estadísticamente de todos los demás. Sin embargo, los promedios correspondientes a otros composites no tuvieron diferencias significativas entre sí, lo que indica que este parámetro no se afecta si solo se cambia el diluyente en el caso de macro-relleno (muestras 1C y SC) o se introducen partículas coloidales de aerosil manteniendo DMTEEG como diluyente (muestras CA en comparación con SC y 1C). Por otra parte, se pudo determinar que para la resistencia máxima sólo existen diferencias significativas entre las muestras CA y SA poniendo de manifiesto la importancia de la naturaleza del diluyente para los composites que poseen relleno híbrido.

El estudio de la superficie fraguada de todos los composites por microscopía óptica mostró una mayor homogeneidad de las muestras que contenían  $\gamma$ -MPS como diluyente y aerosil como parte del relleno (Fig. 4). Esto se puede explicar suponiendo que la presencia del silano metacrílico en la PO de estos composites influye favorablemente en su compatibilización con el relleno, lo que conduce a una mejor homogeneidad de la muestra. A continuación, se realizó un estudio cinético de este composite (serie SA) para comparar las características de su fotopolimerización con los composites que contenían cuarzo como relleno (series 1C y SC).

### Estudio cinético de la fotopolimerización de composites

#### Comparación de los composites de cuarzo (77 %) con diferentes diluyentes: DMTEEG y $\gamma$ -MPS (serie 1C y SC)

Los resultados revelaron (Tabla 3 y Figuras 5 y 6) que en ambos sistemas la velocidad de la fotopolimerización crece con el aumento de la intensidad de luz incidente y que la dependencia de  $R_p$  de la raíz cuadra-

da de  $I_0$  tiene un carácter lineal, lo que indica que el comportamiento fenomenológico corresponde a un mecanismo de polimerización radicalica "ideal".

Al comparar los valores de  $R_p$  se pudo observar que en presencia de DMTEEG estos eran aproximada-

mente dos veces más grandes que en el caso del  $\gamma$ -MPS. La misma tendencia fue observada en el estudio de las partes orgánicas de estos composites,<sup>4</sup> pero estas diferencias eran menos significativas. Este resultado era lógico de esperar si se tiene en cuenta que en los composites en los

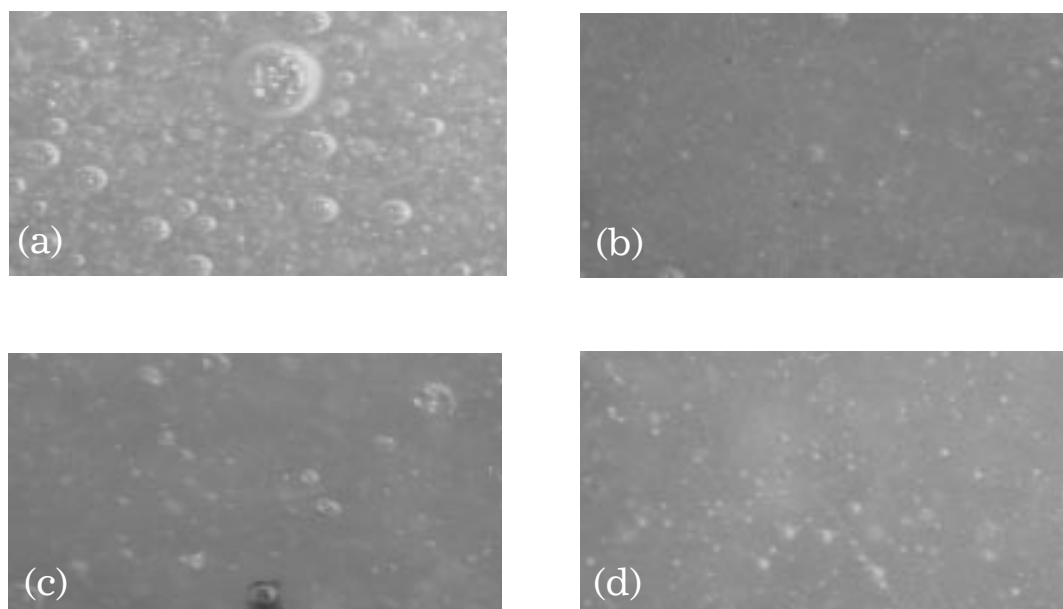
que se utiliza  $\gamma$ -MPS como diluyente, una parte de este monómero debe consumirse en el proceso de silanización del relleno por lo que su concentración en la PO estaría disminuida.

**Composites con relleno "híbrido": cuarzo (55 %) y aerocil (8 %). PO: Bis-GMA/ $\gamma$ -MPS (60/40, por ciento en peso) (serie SA)**

A estos composites se les realizaron dos estudios cinéticos de su fotopolimerización: a las muestras recién preparadas y después de 3 semanas de preparación, con el objetivo de estimar la estabilidad de este sistema en el tiempo, teniendo en cuenta que durante su almacenamiento podía continuar la silanización del relleno, lo que podría influir

**Tabla 2.** Resultados de los ensayos de tracción para los composites.

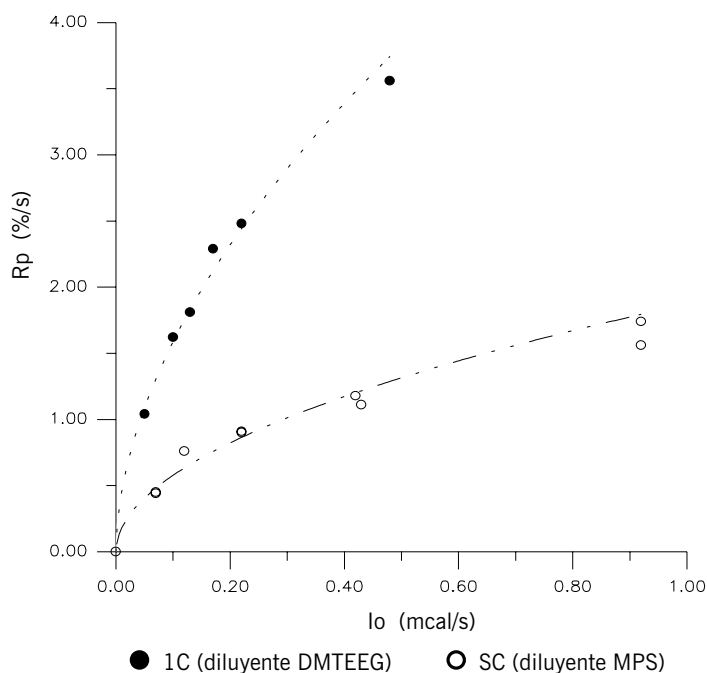
Muestra	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad en tracción (GPa)
1C	91,5 ± 16,0	20,3 ± 1,9
SC	82,0 ± 17,8	18,0 ± 0,9
CA	77,5 ± 2,2	18,3 ± 1,0
SA	101,7 ± 7,5	16,6 ± 0,4



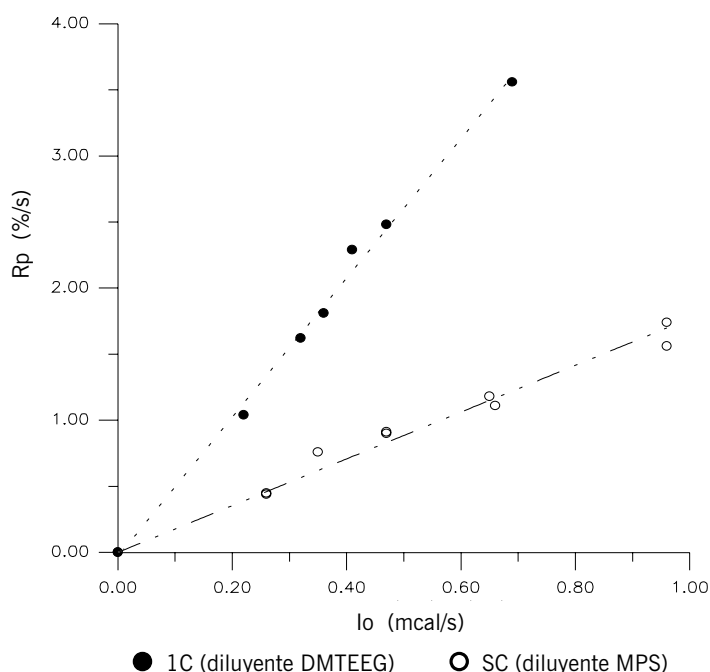
**Fig. 4.** Microfotografías de las superficies fraguadas de los composites: a) serie 1C; b) serie SC, c) serie CA; d) serie SC.

**Tabla 3.** Fotopolimerización de composites con cuarzo (series 1C y SC). Sistema iniciador: CQ/DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso).

Serie	$I_0$ (mcal/s)	$R_p$ (%/s)	$R_p \cdot 10^2$ [mol/(L · s)]	r Correlación	Conversión 30 s (%)	$\phi_m \cdot 10^{-2}$
1C	0,05	1,04	2,37	0,997 3	34,41	28,0
1C	0,10	1,62	3,69	0,997 3	36,64	26,2
1C	0,13	1,81	4,13	0,997 5	37,82	19,3
1C	0,17	2,29	5,20	0,995 6	43,26	18,5
1C	0,22	2,74	6,24	0,997 5	44,70	15,3
1C	0,48	3,56	8,11	0,998 9	43,31	4,70
SC	0,07	0,44	1,11	0,999 3	9,32	21,5
SC	0,12	0,76	1,86	0,999 8	18,15	15,4
SC	0,22	0,91	2,23	0,999 8	21,71	13,6
SC	0,42	1,14	2,81	0,998 8	27,51	9,5
SC	0,92	1,65	4,06	0,996 0	36,78	5,6



**Fig. 5.** Dependencia de Rp con la intensidad de luz incidente ( $I_o$ ) para los composites con cuarzo (1C y SC). Sistema iniciador CQ/DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso).



**Fig. 6.** Dependencia de Rp con la raíz cuadrada de  $I_o$  para los composites con cuarzo (1C y SC). Sistema iniciador: CQ/DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso).

sobre las características de este proceso. Por otra parte, durante la silanización se forma metanol<sup>2,3</sup> cuya presencia también podría tener influencia sobre los parámetros cinéticos de la fotopolimerización de este sistema. Se pudo observar que los valores de Rp y de la conversión prácticamente no varían con el tiempo de reacción (Tabla 4 y Fig. 7). A la vez, estos parámetros resultaron algo mayores para las muestras al-

macenadas durante 3 semanas, lo que puede ser la consecuencia de un mayor grado de compatibilidad que se alcanza entre el relleno y la matriz orgánica al aumentar el tiempo de contacto entre ambas. Esta suposición la confirma el aspecto más homogéneo de estas muestras que además, pueden admitir más carga.

Al comparar los composites de macro-relleno (cuarzo) con los híbridos se puede afirmar que las ca-

racterísticas del relleno no influyen sobre los valores de Rp, ya que estos prácticamente coinciden entre sí para los composites recién preparados

## CONCLUSIONES

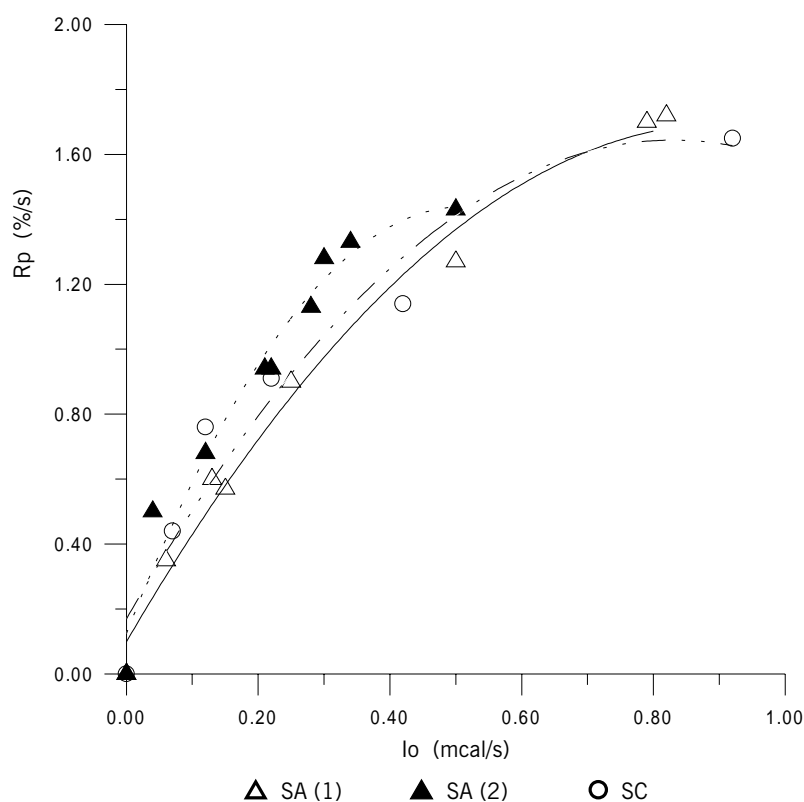
La introducción del  $\gamma$ -MPS como diluyente de las resinas compuestas influye favorablemente sobre la compatibilidad entre la matriz orgánica y el relleno, lo que se manifiesta por el aumento de su homogeneidad con la admisión de más carga transcurrido un tiempo de contacto de aproximadamente 3 semanas después de preparadas. Esto a su vez podría mejorar las propiedades físico mecánicas del composite resultante. Por otra parte, aunque la presencia de  $\gamma$ -MPS disminuye la velocidad inicial de la fotopolimerización, el comportamiento de este sistema bajo irradiación garantiza su fraguado en tiempo clínico llegando a conversiones comparables a las de sistemas donde se emplean diluyentes "clásicos". En cuanto a las propiedades físico mecánicas se puede afirmar que la presencia del  $\gamma$ -MPS no influye significativamente sobre el módulo de elasticidad en tracción cuando se emplea el macro-relleno. Al introducir aerosil se nota una disminución de este parámetro que puede ser debida tanto a la presencia de este diluyente como a los agregados de este relleno lo que puede influir desfavorablemente sobre las características del material fraguado. Los resultados permiten recomendar el uso del  $\gamma$ -MPS como diluyente del Bis-GMA en las resinas dentales compuestas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Lindén L.A. Radiation Curing in Polymer Science and Technology, Vol. 4, Practical Aspect and Applications, Foussier, J.P. and Rabek J.F. Ed., 1990.
2. Davidenko N., García R. y Sastre R. **Rev. Plast. Mod.**, **81**, 54, 2001.
3. Venhoven B.A.M., De Gee A.J., Werner A. and Davidson C.L., **Biomaterials**, **17**, 735, 1996.
4. Davidenko N. y Sastre R. **Revista CENIC Ciencias Químicas**, **37**, 69-74, 2006.
5. Gorski D., Klemm E., Fink P. and Hörhold H.H., **J. Colloid Interface Sci.**, **126**, 445, 1986.
6. Sastre R., Conde M. and Mateo J.L., **J. Photochem. Photobiol.**, **A: 44**, 111, 1988.
7. Sastre R., Conde M, Catalina F y Mateo J.L., **Rev. Plast. Mod.**, **393**, 375, 1989.

**Tabla 4.** Fotopolimerización de los composites con relleno híbrido y  $\gamma$ -MPS como diluyente. Serie SA(1) corresponde a las muestras recién preparadas y SA(2) después de 3 semanas de almacenamiento. Sistema iniciador: CQ/DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso).

Serie	$I_0$ (mcal/s)	$R_p$ (%/s)	$R_p \cdot 10^2$ [mol/(L · s)]	r Correlación	Conversión (%)		$\phi_m \cdot 10^{-2}$
					30 s	120 s	
SA(1)	0,06	0,35	0,88	0,999 5	7,06	29,79	20,15
	0,13	0,60	1,47	0,999 3	14,47	38,76	16,8
	0,15	0,57	1,41	0,999 5	13,52	38,11	14,1
	0,25	0,90	2,23	0,999 2	21,80	44,70	13,3
	0,50	1,27	3,11	0,998 8	29,50	51,87	9,0
	0,79	1,70	4,19	0,998 2	33,72	55,01	10,8
	0,82	1,72	4,22	0,996 4	36,41	57,43	10,6
SA(2)	0,04	0,5	1,24	0,999 7	12,46	32,73	38,5
	0,12	0,68	1,66	0,999 9	16,63	37,27	18,2
	0,21	0,94	2,31	0,999 3	22,61	42,44	21,2
	0,22	0,94	2,31	0,999 5	22,6	42,72	13,6
	0,28	1,13	2,79	0,997 7	26,07	44,3	16,5
	0,30	1,28	3,15	0,998 6	27,38	44,36	12,9
	0,34	1,33	3,27	0,998 7	29,12	44,78	12,2



**Fig. 7.** Dependencia de  $R_p$  con la intensidad de luz incidente para los composites con cuarzo (SC) y aerosil recién preparados (SA1) y después de 3 semanas de preparación (SA2). Diluyente  $\gamma$ -MPS. Sistema iniciador CQ/DMAEMA (0,5/0,5; por ciento en peso).