

ESTUDIO DE MINERALES CUBANOS PARA LA PREPARACIÓN DE RESINAS COMPUESTAS

Study of cuban minerals for preparations of dental resins

Yaymarilis Veranes Pantoja¹

Mara Frómeta Rodríguez¹

Rosa Krael Revé²

Raúl García Carrodegua²

Rubén Álvarez Brito²

E-mail: yayma@biomateriales.uh.cu

¹Departamento de Química. Universidad de Oriente

²Centro de Biomateriales. Universidad de La Habana

RESUMEN

Las resinas compuestas o composites se ubican entre los materiales restauradores que se emplean en la reparación de tejido dental dañado. Las cargas inorgánicas que se le incorporan a las resinas compuestas le confieren mejores propiedades físico-mecánicas. Se prepararon resinas compuestas autocuradas a base de Bis-GMA y dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEEDGMA), utilizando como carga inorgánica minerales de cuarzo procedente de Santa Lucía y de El Cacahual, caolín de la Isla de la Juventud y sheridanita de Holguín. Los rellenos fueron tratados previamente con metacriloxipropiltrióxosilano y aminopropiltrióxosilano como agentes de acoplamiento. Se les determinó la distribución de tamaños de partículas antes y después del tratamiento, y se observó en todos los casos un aumento del tamaño de partícula luego del tratamiento. Además, se determinó el grado de blancura, correspondiendo el mayor valor al cuarzo de El Cacahual. Se realizaron análisis químicos para determinar cuantitativamente los óxidos de silicio, hierro, magnesio, calcio, aluminio y titanio, además plomo y cadmio. Las resinas preparadas con los rellenos fueron evaluadas mediante el ensayo de resistencia a la compresión y comparación de la coloración con resinas comerciales, y se encontró que las preparadas con cuarzo presentan mayor resistencia mecánica y mejor coloración.

PALABRAS CLAVES: resinas compuestas, cuarzo, caolín, sheridanita.

ABSTRACT

Among dental restorative materials there are the so-called composites or compound resins. The inorganic fillers incorporated to the compound resins in their preparation provide them with improved physical and mechanical properties. It was prepared self-curing compound resins composed of Bis-GMA and tetraethyleneglycol dimetacrylate and Cuban inorganic minerals like quartz (from El Cacahual and Santa Lucía ores), kaolin (Isla de la Juventud) and sheridanite, as inorganic fillers. Fillers were previously treated with metacryloxypropyltriethoxysilane and aminopropyltriethoxysilane as coupling agents. The increase of particle size was always observed as a consequence of silane treatment. Whiteness degree was determined for all studied fillers corresponding the highest degree to Cacahual quartz. Iron, silicon, magnesium, calcium, aluminium and titanium oxide contents were quantitatively determined. Self-curing compound resins were prepared with these fillers and characterized by mechanical strength and colours tests. The obtained results for the experimental resins were compared with those corresponding to brand resins. It was found greater mechanical strength and higher whiteness for quartz-filled experimental resins.

KEY WORDS: dental resins, composite, minerals, quartz, kaolin, sheridanite.

INTRODUCCIÓN

Durante decenas de años la amalgama de plata, debido a su gran resistencia, ha sido el material preferido por los dentistas para la restauración del tejido dental dañado; sin embargo, tiene como desventajas la falta de estética y la toxicidad del mercurio (Hg), elemento mayoritario de estos materiales. En la actualidad han surgido diversos cuestionamientos acerca de la toxicidad de la amalgama, sobre todo en los países del primer mundo, tal es el caso de Estados Unidos y países europeos, en los que se prohíbe su uso en embarazadas y niños. No obstante, instituciones como la American Dental Association (ADA), plantean que no existen evidencias documentadas para recomendar la no utilización de las amalgamas dentales (Saldaña, 1996; López-Amo, 2001; Garro, 2001).

Las resinas compuestas o composites dentales son algunos de los materiales de que se dispone para complacer las exigencias estéticas de las restauraciones. Con ellas se puede lograr la unión química al tejido dentario, lo cual permite buena retención con menos sacrificio del tejido sano del diente y que la cavidad dañada quede totalmente sellada a la invasión bacteriana (Lee, 1984; Bowen, 1985).

La mayoría de las resinas compuestas contiene una mezcla de monómeros acrílicos y un relleno inorgánico. La polimerización de los monómeros por vía radicalica, en el momento de su aplicación puede ser iniciada tanto por vía química como por la acción de la luz, por lo que los sistemas se clasifican en autocurados y fotocurados, respectivamente.

La incorporación de partículas inorgánicas a la matriz polimérica garantiza mayor dureza, resistencia al desgaste y estabilidad del color, proporciona radiopacidad y facilita la manipulación de la resina (O'Brien, 1999). También permite reducir la contracción de la polimerización, que se encuentra entre 1,35 – 7 %, y que resulta desfavorable por propiciar la formación de caries secundarias (Davidson & Feilzer, 1984; Feilzer & Davidson, 1987; Feilzer & Davidson, 1988; Choi & Carlton, 2000; Dietschi & Krejci, 2001).

La propiedad fundamental del relleno que afecta a los composites es el tamaño de partícula; el tamaño determina el porcentaje en el composite. Inicialmente se usaron rellenos de 20 a 50 μm (composites convencionales), estos materiales mostraban buenas propiedades físico-mecánicas, pero presentaban di-

ficultades en el proceso de pulido. Luego se emplearon rellenos micro (0,05 μm) que le confieren excelentes propiedades de pulido al material, pero bajas propiedades mecánicas, debido a su alta relación superficie/área. El desarrollo actual en la preparación de composites combina ambos tipos de relleno, y se obtienen materiales híbridos, con lo que se mejoran las propiedades finales del composite (Bellezza, 1995; Linden, 1990; Davidenko y otros, 2001).

La obtención de buenas propiedades de las resinas también depende de la formación de una fuerte unión entre las partículas del relleno y la matriz polimérica. Para lograr esta unión el relleno es tratado con agentes de acoplamiento, que modifican su superficie y lo hacen más compatible con la matriz. Los silanos son los más usados y de ellos el metacriloxipropiltietoxisilano, el más efectivo (Recalde, 1997; Plueddeman, 1982; Martín, 2000).

Entre los compuestos que han sido ensayados como relleno de las resinas compuestas se encuentran: cuarzo, vidrios de bario y cinc, hidroxiapatita, fibras de vidrio, óxido de zirconio, sílice altamente dispersa, silicatos y aluminosilicatos (Phillips, 1992; Ray, 1992; Clands, 1995; Venhoven *et al.*, 1996).

Se conoce, además, el uso de minerales en la preparación de otros materiales dentales, como es el caso de las porcelanas dentales, que son materiales cerámicos constituidos por una combinación de minerales cristalinos en una matriz vítrea, formados fundamentalmente por caolín y otros aluminosilicatos (leucita), cuarzo y feldespatos (Ong *et al.*, 2000, Hooshmand *et al.*, 2000).

El objetivo del presente trabajo es la caracterización químico-física de algunos minerales cubanos (cuarzo, caolín y sheridanita) para ser usados como rellenos en la preparación de resinas compuestas, y la evaluación preliminar de las mismas mediante análisis del color y determinación de la resistencia a la compresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los minerales estudiados fueron: cuarzo del yacimiento El Cacahual y caolín de la Isla de la Juventud, molidos y suministrados por el Laboratorio Central de Minerales José Isaac del Corral; cuarzo de Santa Lucía, suministrado por el Departamento de Silicio del Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica (IMRE), de la Universidad de La Habana, y sheridanita de la provincia de Holguín, suministrada por el Laboratorio Elio Trincado de la Empresa Geólogo-Minera Oriental (EGMO).

Todos los minerales fueron molidos hasta obtener tamaños menores de 36 μm y tratados con agentes de acoplamiento. Para la silanización de los rellenos se utilizaron el metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPS, Fluka, 99 % de pureza), el 3-aminopropiltri-toxisilano (APTES, Fluka, pureza de 98 %) y acetona (Fluka 98 %). Se colocan 40 g de relleno en un reactor de 200 ml, 175 ml de acetona, 0,1 ml de APTES, 2 ml de MPS y 0,6 ml de agua. Se agita durante 2 h, posteriormente se filtra, se lava dos veces el producto con porciones de 50 ml de acetona y se seca a 60 °C, durante 4 horas. Se realizó análisis microgranulométrico antes y después del tratamiento, mediante el método de la probeta de Andreasen, según la norma cubana NC-11-07-02.

Las determinaciones de SiO_2 y PPI se realizaron por métodos gravimétricos. Los óxidos de aluminio, calcio, hierro y magnesio, así como el contenido de cadmio y plomo se determinaron tratando las muestras de cuarzo con los ácidos fluorhídrico, nítrico y perclórico. La disolución final se realiza en ácido clorhídrico, 0,5 mol/L⁻¹ para los óxidos y 2,5 mol/L para Cd y Pb, se midieron en el espectrómetro Pye Unicam modelo SP-9. Se determinó TiO_2 por el procedimiento espectrométrico con DAM. Los errores sistemáticos fueron controlados mediante el uso de una muestra de referencia CY-2 de cuarzo. Para las muestras de caolín y sheridanita, la descomposición se realizó mediante una fusión con una mezcla de carbonato y tetraborato de sodio con disolución final en ácido clorhídrico. Los errores sistemáticos fueron controlados con el uso de la muestra patrón caolín KK.

Los registros de difracción de Rayos X se realizaron en un difractoro Phillis PW 1710, con radiación αCu , filtro de níquel, intervalo angular de 6- 60° (2 θ) y velocidad de barrido de 1°/ min.

Para obtener los espectros infrarrojos se utilizó un equipo FTIR ATI Mattson equipado con soporte lógico Win Fix, se prepararon pastillas de bromuro de potasio, a los registros entre 400-4 000 cm^{-1} .

Para la determinación del porcentaje de blancura se utilizó la espectroscopia de reflexión difusa (SPECO M40, de la firma Zeiss Jena, con aditamento de bola fotométrica). Se emplearon pastillas de sulfato de bario como referencia y se registró el espectro entre 400 y 700 nm cada 20 nm.

Se utilizó como monómero base en la preparación de las resinas el 2,2 bis- [p- (2-hidroxi-3 metacriloxipropoxi) fenil] propano (Bis-GMA) suministrado con el nombre de NUPOL, de la Freeman Chemical Cooperation, con 95 % de pureza y esta-

bilizado con 0,005 % éter monometílico de la hidroquinona (EMHQ, ALDRICH, pureza del 98 %). El dimetacrilato de tetraetilenglicol (DMATEEG) fue usado como diluyente del Bis-GMA (Fluka, con 98 % de pureza). El sistema iniciador fue el par peróxido de benzoilo (PBO, Reachim, 98 %)/ N,N-dimetil p-toluidina (DMpT, Merck, pureza del 98 %), en relación 0,1 % en peso.

Para la preparación de las pastas base y catalizadora se usó la mezcla monómerica que contiene 60 % de Bis-GMA y 40 % de DMATEEG (Recalde, 1997). La pasta catalizadora contiene además EMHQ, DMpT y el relleno. La pasta base EMHQ, PBO y el relleno. Cuando el relleno es cuarzo se utiliza 75 %, para caolín y sheridanita sólo se logra incorporar un 50 %. Las resinas compuestas se prepararon mezclando cantidades iguales de las pastas base y catalizadora.

Para la realización de las pruebas mecánicas, se prepararon 10 probetas de cada composite en moldes cilíndricos de 12 mm de altura por 6 mm de diámetro y se almacenaron a 37°C en baño termostático (MLW de fabricación alemana) durante siete días. Se ensayaron en la Máquina Universal de Ensayos ALWETTRON TCT 5 de la firma AB Lorentzen & Wetter de Suecia, utilizando fuerza máxima 2 500 N y velocidad de compresión de 1 mm/min (ISO 604, 1999).

La evaluación del color de las resinas preparadas se hizo por un método visual empírico, mediante la colaboración de siete especialistas del Centro de Investigaciones de la Industria Textil (CITEX) y con las guías de colores de las casas comerciales 3M y VIVADENT. Las observaciones se realizaron en condiciones adecuadas (a la luz natural, sin nublados).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución por tamaños de partículas

Los resultados del análisis microgranulométrico para las muestras de cuarzo, sheridanita y caolín, antes y después del tratamiento de silanización, se muestran en las Figuras 1-4, respectivamente. En todos los rellenos estudiados se observa que el tamaño de las partículas aumenta después de la silanización, lo cual se debe a la agregación de las partículas.

Antes de la silanización, las muestras de menor distribución de tamaños de partículas fueron: cuarzo de El Cacahual (54,2 %), caolín (48,0 %) y sheridanita (54,2 %) en la fracción entre 5 y 20 μm .

El cuarzo de Santa Lucía (Fig. 2) es el de mayor tamaño medio de partículas antes y después de la silanización, la mayor fracción se encuentra entre 20-50 μm .

La sheridanita es la que menor tamaño medio arroja después de la silanización, y presenta un 48,0 % en masa la fracción entre 5-20 μm .

Debido al tamaño de las partículas de cada uno de los rellenos, éstos pueden ser clasificados como convencionales (Combe, 1986) para los que el tamaño oscila entre 20-50 μm .

Algunos estudios refieren que los materiales con macro-rellenos, son propensos a la sedimentación de partículas y pobre acabado (Clands, 1995). Por esta razón se hace necesario continuar trabajando, para disminuir el tamaño de las partículas de estos minerales.

Difracción de Rayos X

Los resultados de la difracción de Rayos X fueron analizados usando la base de datos PDF-2. En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran las distancias interplanares de las diez líneas más intensas para cada una de las muestras.

Las dos muestras de cuarzo coinciden, tanto en intensidad de los picos (I/I_0), como en distancias interplanares $d(\text{Å})$ con el cuarzo reportado en la tarjeta 33-116 de la base de datos (Tabla 1). Se deduce además, que ambas muestras están bastante puras puesto que en el intervalo angular que recoge el espectro, ésta es la única fase presente.

El difractograma obtenido para la muestra de caolín, corresponde al compuesto reportado en la tarjeta 14-164, cuya fórmula general es: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (Tabla 2).

La sheridanita, según estudios por DRX (Tabla 3), es un silicato de aluminio, magnesio y hierro, cuya fórmula general es $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$. El difractograma, coincide con el reportado para el compuesto de la tarjeta 7-78.

Análisis químico

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis químico. Las dos muestras de cuarzo son bastante puras, siendo la de mayor pureza la del yacimiento El Cacahual (cuarzo 1), con un 99,86 %. Estos resultados corroboran los obtenidos por difracción de Rayos X, en los cuales se indicaba que las muestras estaban bastante puras. El contenido de hierro y el resto de los elementos, es mayor en el cuarzo de Santa Lucía (cuarzo 2). En todos los casos la concentración de plomo y cadmio es muy pequeña, lo que permite su uso como relleno.

El caolín contiene 47,42 % de óxido de silicio, 37,92 % de óxido de aluminio y pierde 12,74 % por ignición; los resultados del análisis químico se corresponden con los datos estequiométricos reportados en

la literatura (Dana, 1985), que arrojan valores de 46,5 % de óxido de silicio, 39,5 % de óxido de aluminio y 14,0 % de agua, este último valor asociado a la pérdida por ignición. Presenta contenidos menores del 0,3 % de óxidos de hierro (III), calcio, magnesio y titanio.

En la sheridanita, tal y como se esperaba, atendiendo a los resultados obtenidos por Rayos X, los componentes mayoritarios son los óxidos de silicio, magnesio, aluminio y hierro. Aunque el contenido de hierro no es alto puede interferir en la coloración de la resina.

Espectroscopia infrarroja

Todas las materias primas corresponden al grupo de los silicatos, encontrando las vibraciones fundamentales del ión silicato, entre los 1 100-500 cm^{-1} (Nakamoto, 1970; Nyquist, 1970). En los 1 125 cm^{-1} aparece una banda correspondiente a las vibraciones de stretching de O de capas tetraédricas Si-O, 1 165 y 1 015-1 090 cm^{-1} Si-O, 1 038-1 026 cm^{-1} Si-O-Si.

Los espectros obtenidos para las muestras de cuarzo se corresponden con el 94 reportado en la literatura (Nyquist, 1970), cuya fórmula general es $(\text{SiO}_2)_x \cdot \text{XH}_2\text{O}$. Presenta una banda alrededor de los 3 500 cm^{-1} , que no es intensa y corresponde a la vibración νOH . El espectro IR del cuarzo del yacimiento de El Cacahual se muestra en la Figura 5.

El espectro IR obtenido para el caolín se corresponde con el del compuesto de fórmula $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, reportado con el número 95 en la literatura (Nyquist, 1970). Esto coincide con los resultados obtenidos por DRX y análisis químico.

La sheridanita presenta las vibraciones características de los silicatos y en 950 cm^{-1} correspondiente a la vibración Al-O.

Después de la silanización de las materias primas se obtuvieron nuevos espectros IR, y se trató de comprobar la ocurrencia de la silanización, debido a que los agentes acoplantes presentan un grupo carbonilo, y debía observarse en los 1 700 cm^{-1} la banda correspondiente a las vibraciones de dicho grupo. Del análisis de los espectros se observa que no existen diferencias antes y después de la silanización; sin embargo, no se puede concluir que no haya ocurrido silanización, quizá se trata de un porcentaje de silanización muy pequeño, imperceptible por este método.

Porcentaje de blancura

Los resultados de la determinación de porcentaje de blancura y resistencia a la compresión se muestran en la Tabla 5. El cuarzo de El Cacahual es el mineral de mayor blancura (95 %); esta propiedad junto al menor tamaño de partículas y mayor pureza, son las que lo diferencian del cuarzo de Santa Lucía, cuya blancura es de 86,05 %. El caolín, visualmente es tan blanco como las muestras de cuarzo, pero presenta blancura inferior a éstos (76,33 %). La sheridanita es la de menor blancura con un 45,53 %, lo cual se atribuye a que es un mineral que contiene hierro.

Atendiendo al porcentaje de blancura las mejores materias primas son las muestras de cuarzo y del caolín, aunque no se debe descartar del todo la posibilidad de usar la sheridanita, pues de cumplir con los requerimientos de otras propiedades, se podría valorar la adición de pigmentos a las pastas que mejoren la coloración de las resinas.

Evaluación de las resinas compuestas

Las resinas preparadas se presentan en dos pastas, que en todos los casos fraguan antes de los 5 min, por lo que tienen tiempo de fraguado clínico adecuado. Las resinas preparadas con cuarzo son bastante homogéneas, de consistencia similar a las resinas comerciales y se manipulan con facilidad. Las formulaciones que contienen caolín y sheridanita son más duras, de difícil manipulación.

Pruebas mecánicas

El éxito y rápida aceptación de los composites dentales radica en sus excelentes propiedades estéticas, pero la resistencia al desgaste es baja con respecto a la amalgama y a otras aleaciones, por lo cual se limita su uso en restauraciones de dientes posteriores, que son zonas sometidas a grandes esfuerzos cíclicos producidos por la masticación, que es aproximadamente de 200 MPa. La resistencia a la compresión es una propiedad importante de estos materiales que decide la zona más adecuada para la aplicación del material (Davidenko y otros, 2001).

De los valores reportados en la Tabla 5 se deriva que todas las resinas, excepto las que contienen caolín, presentan valores de resistencia a la compresión dentro del intervalo reportado para resinas convencionales (130-350 MPa).

No existen diferencias significativas entre la resistencia a la compresión de las resinas preparadas con cuarzo, a ellas corresponden los mayores valores y se encuentran sobre los 289 ± 19 MPa.

La resina preparada con caolín presenta baja resistencia a la compresión, mientras que la preparada con sheridanita soporta 180 MPa, pero al no cumplir con otras propiedades también se descarta su uso.

Análisis del color

El color de los dientes varía de acuerdo con la raza, alimentación y hábitos alimentarios de los individuos. En el mercado existen resinas comerciales con amplia gama de colores, dispuestas a satisfacer las necesidades del paciente. Por esta razón, se comparó el color de las resinas obtenidas con la resina comercial HELIOMOLAR de la casa comercial VIVADENT, los resultados se muestran en la Tabla 6. También se utilizó para la comparación la guía de colores de la casa comercial 3M.

Las resinas compuestas tienden a decolorarse una vez colocadas en el medio bucal. Se han realizado diferentes estudios para el análisis del cambio de color en diversos materiales dentales, almacenados en agua, agua desmineralizada, saliva artificial a 37 °C por diferentes tiempos. Además se relaciona este aspecto con la intensidad de la irradiación y tiempo de irradiación en los materiales fotocurados (Hosoya y Goto, 1994; Hosoya, 1999).

En las dos guías analizadas sólo entraban las resinas preparadas con cuarzo y caolín como relleno, la preparada con sheridanita presentaba color muy oscuro, inadecuadas para el fin que se persigue.

Las resinas preparadas con cuarzo se encuentran entre la 20W y la 22LY. La que contiene cuarzo de Santa Lucía tiene tendencia a la 22LY, que es ligeramente más oscura; la preparada con el cuarzo del yacimiento El Cacahual se acerca más a la 20W, esto se corresponde con los resultados anteriores, ya que el cuarzo de El Cacahual es más blanco y algo más puro que el de Santa Lucía. La resina preparada con caolín se corresponde con la 24B.

La Escala 3-M no permitió una clasificación tan completa como en el caso anterior, debido a que posee brillo; no obstante, es posible ubicar a las que tienen cuarzo como relleno entre C3-DG y C4-GB, y la de caolín en XGB.

A pesar de obtener buena coloración de la resina cuando el relleno es caolín, se descarta su uso por presentar menor resistencia a la compresión que la reportada para este tipo de resinas.

CONCLUSIONES

Todas las muestras analizadas presentan tamaño de partículas inferiores a 50 µm, por lo que se clasifican como rellenos convencionales. Mediante el análisis químico y difracción de Rayos-X fue posible determinar la composición de las materias primas. Los rellenos de mayor grado de blancura son las dos muestras de cuarzo, y el caolín y las resinas preparadas con estos rellenos entran en la escala de colores de resinas comerciales. Los mejores valores de resistencia a la compresión se obtuvieron para las resinas cuyos rellenos son: cuarzo y sheridanita, aunque se descarta el uso de esta última, por presentar coloración inadecuada. Las dos muestras de cuarzo estudiadas son las que cumplen con los requerimientos para ser usadas como relleno, aunque se debe destacar que en el cuarzo de El Cacahual se observa una ligera mejoría de las propiedades estudiadas.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a los Laboratorios José Isaac del Corral y Elio Trincado, al Centro de Investigaciones de la Industria Minero Metalúrgica y al Dr. Julio César Llópiz del IMRE, por el suministro de los minerales usados como rellenos. Al Lic. Gorkis Pantoja y demás especialistas del CITEX, por la ayuda brindada en el análisis del color de las resinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLEZZA J. (1990): "Four-year in vivo evaluation of the composite bonding resin-tooth interface", *Dent. Mater.* (6): 1324-1328.

BOWEN, R.L. (1985): "Bonding of restorative materials to dentine", *J. Dent. Intern.* (35): 330-337.

BOWEN, R.L., C. NEOMOTO, R. RAPSON (1983): "Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues", *Journal of American Dental Association* 106 (4): 475 - 477.

CHOI & CARLTON (2000): "Properties of packable dental composites", *Journal Esthetic Dentistry*. 12 (4): 216 - 226.

CLANDS, G. (1995): "Procesos recientes de materiales odontológicos", *Acta Odontológica Venezolana*, 33 (2): 72-77.

DANA, M. (1985): *Manual de mineralogía*, pp. 443-445, Editora Revolucionaria.

COMBE, E.C. (1986): *Notes on Dental Materials*, Churchill Livingstone, Edinburgh, UK.

DAVIDENKO, N., R. GARCÍA, R. SASTRE (2001): "Composites dentales: efecto de la interfase y otros factores sobre su durabilidad", *Revista de Plásticos Modernos* 81 (535): 55-63.

DAVIDSON & FEILZER (1984): "Competition between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress", *J. Dent. Res.* 63 (12): 1396-1399.

DIETSCHI & KREJCI (2001): "Adhesive restoration in posterior teeth", *Operative Dentistry*, Supplement 6: 191-197.

FEILZER & DAVIDSON (1987): "Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration", *J. Dent. Res.* 66 (11): 1636-1639.

----- (1988): "Curing contraction of composites and glass ionome cements", *Journal of Prosthetic Dentistry*, 59(3): 297-300.

GARRO, J. (2001): "Defensa del uso de las amalgamas de plata", *Odonto Red.* 5 (2).

HOOSHMAND, T., R. DAW, R. VAN NOORT, R.D. SHORT (2000): "XPS analysis of the surface of leucite-reinforced feldspathic ceramics", *Dent. Mater.* (17): 1-6.

HOSOYA, Y. (1999): "Five-year color of light-cured resin composites: influence of light-curing times", *Dent. Mater.* (17): 268-274.

HOSOYA, Y., G. GOTO (1994): "Color changes of light cured composite resins, report 5", *J. Pediatric Dent.* (32): 1003-1014.

ISO 604 (1996): *Plásticos. Determinación de las propiedades de compresión*, Editada por AENOR, 1997.

LEE, H. (1984): "Advances in Biomedical Adhesives and Sealants", Lee Pharmaceuticals South, El Monte, California.

LINDEN, L.A. (1990): *Radiation Curing in Polymer Science and Technology*, Cap. 4, "Practical Aspects and Applications", pp. 415-630, Ediciones Madrid.

LÓPEZ-AMO, F. (2001): "Odontología no agresiva", *DENTUM* 2 (3).

MARTÍN, J.M. (2000): *Adhesivos y uniones adhesivas*, Editado por el proyecto CITEX.

NAKAMOTO, KASNO (1970): "Infrared Spectra of Inorganic and Coordination Compounds", Interscience, a Division of John Wiley & Sons New York-London-Sidney-Toronto.

NC-11-07-02 (1997): Análisis microgranulométrico.

NYQUIST, A. (1970): "Infrared Spectra of Inorganic Compounds (3800-45cm⁻¹)". Academic Press New York and London.

O'BRIEN, W. J. (1999): *Dental Materials: Properties and Selection*, Quintessence, Chicago, IL, USA.

ONG, J. L., D.W. FARLEY, B.K. NORLING (2000): "Quantification of leucite concentration using X-ray diffraction", *Dent. Mater.* (16): 20-25.

OYSAED, H. (1986): "Water Sorption and Ficher Characteristics of Composite for use in Posterior Teeth", *J. Dent. Rest.* 65 (11): 1321-1328.

PDF2 (1995): Powder Diffraction File, International Center Diffraction.

PHILLIPS, R.W. (1992): *Science of Dental Materials*, Cap. 14, Ed. 8, WB Saunders Company. USA.

PLUEDDEMAN, E. (1982): "Silane coupling agents", Press New York, USA.

RAY, N.J. (1992): "Updates in Dental Materials-Part 1: Dental Composites", *J. Irish Dent Assoc* 39 (1): 5-11.

RECALDE, I. (1997): "Formulación de una resina compuesta para obturante dental", Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Química y Física de los Polímeros, Ciudad de La Habana.

SALDAÑA, F. (1996): "Toxicidad de la amalgama dental. Revisión bibliográfica", *Revista ADM* LIII (6): 277-281.

VENHOVEN, B.A.M., A.J. GEE, A.WERNER, C.L. DAVIDSON (1996): "Influence of filler parameters on the mechanical coherence of dental restorative resin composites", *Biomaterials* 17 (7): 735-740.

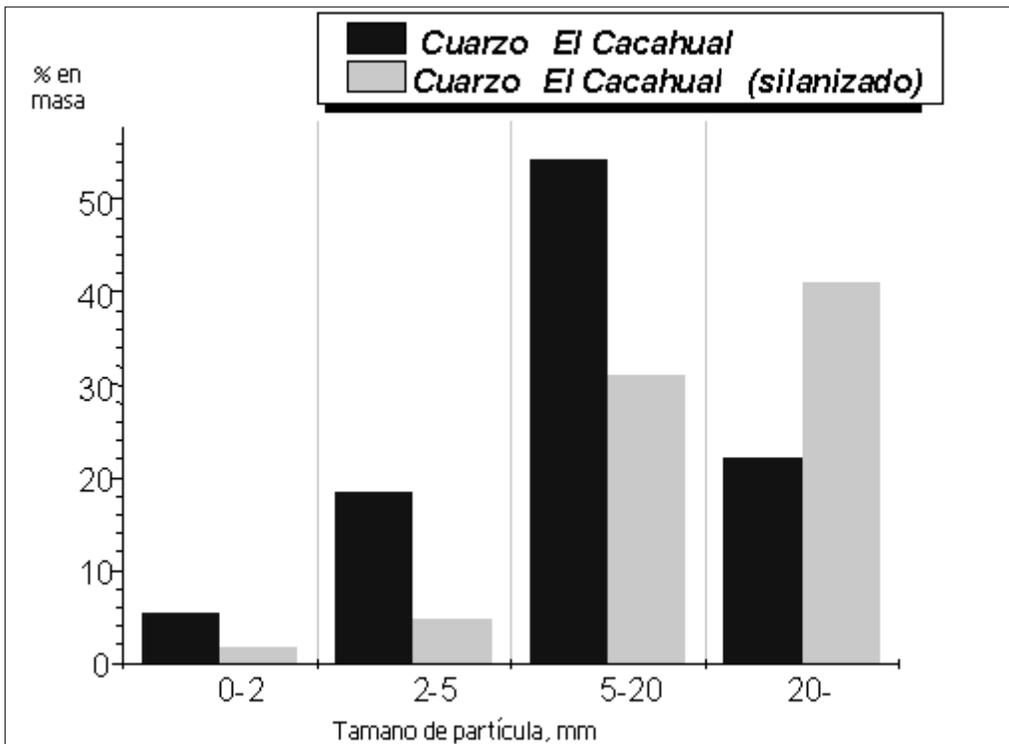


Figura 1. Distribución de tamaño de partículas para la muestra de cuarzo de El Cacahual.

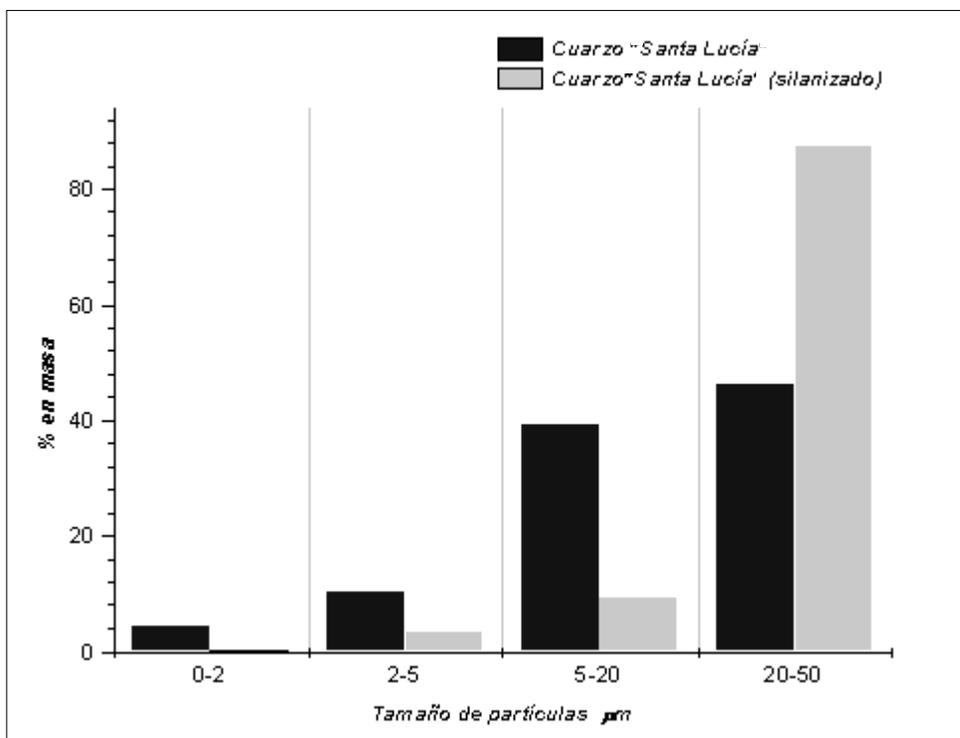


Figura 2. Distribución de tamaño de partículas para la muestra de cuarzo de Santa Lucía.

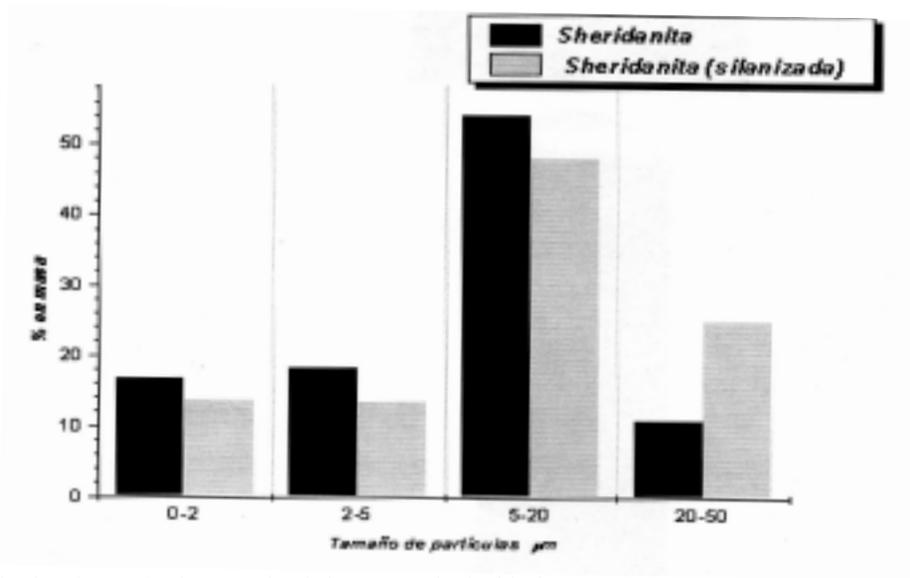


Figura 3. Distribución de tamaño de partículas de la muestra de sheridanita.

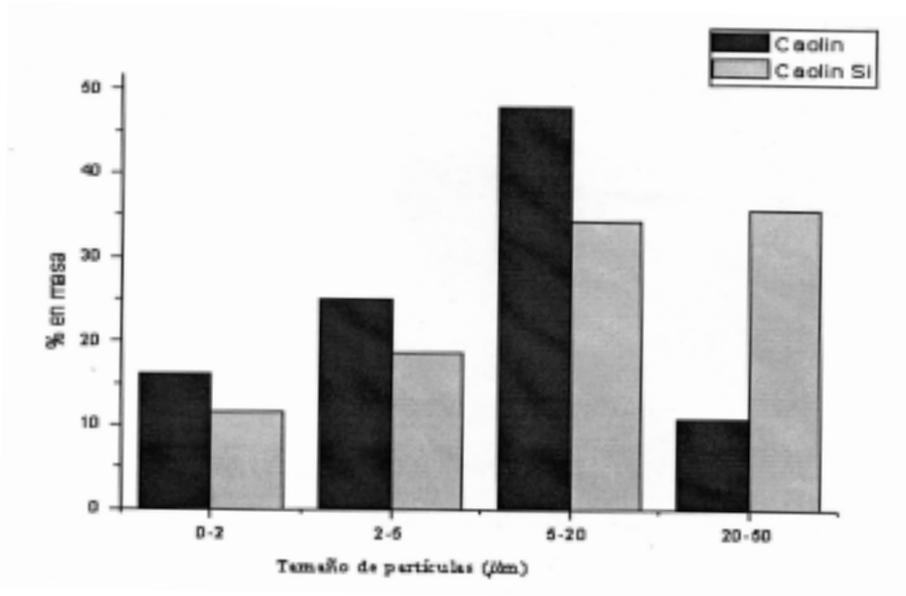


Figura 4. Distribución de tamaño de partículas de la muestra de caolín.

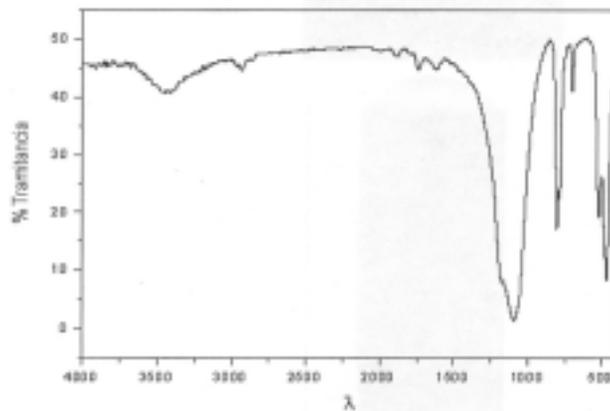


Figura 5. Espectro IR del cuarzo del yacimiento El Cacahual.

TABLA 1. DATOS DEL DIFRACTOGRAMA OBTENIDO PARA LAS MUESTRAS DE CUARZO Y LA REFERENCIA					
Cuarzo El Cacahual		Cuarzo Santa Lucía		Tarjeta 33-116	
d(Å)	I/Io	d(Å)	I/Io	d(Å)	I/Io
4,24	18,55	4,24	19,73	4,25	22
3,33	100	3,33	100	3,34	100
2,45	6	2,45	6,84	2,45	8
2,28	5,30	2,28	5,78	2,28	8
2,23	2,91	2,23	3,17	2,23	4
2,12	4,44	2,12	4,65	2,12	6
1,98	2,54	1,98	3,12	1,97	4
1,81	10	1,81	11,5	1,81	10
1,67	3,10	1,67	3,68	1,67	4
1,65	1,54	1,65	1,52	1,66	2

TABLA 2. DATOS DEL DIFRACTOGRAMA OBTENIDO PARA EL CAOLÍN Y LAS REFERENCIAS			
Caolín		Tarjeta 14-164	
d(Å)	I/Io	d(Å)	I/Io
7,17	100	7,17	100
4,47	42	4,48	35
4,36	58	4,36	60
4,16	38	4,19	45
3,58	94	3,58	80
2,56	50	2,58	80
2,50	36	2,38	25
2,34	47	2,34	40
2,28	35	2,29	35
2,12	36	2,13	20

TABLA 3. DATOS DEL DIFRACTOGRAMA OBTENIDO PARA LA SHERIDANITA Y LAS REFERENCIAS			
Sheridanita		Tarjeta 7-78	
d(Å)	I/Io	d(Å)	I/Io
13,90	45,19	14,1	90
7,01	100	7,07	100
4,56	11,47	4,57	20
3,53	70	3,54	60
2,83	27,57	2,84	30
2,64	5,71	2,64	10
2,57	11,74	2,57	30
2,53	17,51	2,52	30
2,43	23,95	2,43	30
2,37	9,99	2,37	20

MP	Cuarzo 1	Cuarzo 2	Caolín	Sheridanita
S _i O ₂ (%)	99,86	99,56	47,42	33,12
PPI(%)	<0,01	0,08	12,74	12,28
Fe ₂ O ₃ (%)	0,0091	0,0171	0,24	2,89
TiO ₂ (%)	0,0020	0,0071	0,04	1,30
CaO(%)	0,0049	0,0209	0,31	0,84
MgO(%)	0,0008	0,0098	0,19	28,05
Al ₂ O ₃ (%)	0,0157	0,0942	37,92	21,56
Pb(%)	<0,0005	<0,0003	-	-
Cd.10 ⁻⁴ (%)	<0,25	<0,25	-	-

Parámetros	Cuarzo El Cacahual	Cuarzo Santa Lucía	Caolín	Sheridanita
GB	95	86,05	76,33	45,53
RC (MPa)	290 ± 20	288 ± 18	57 ± 15	180 ± 19

Relleno	Tono	Intensidad	Claridad	Regla
Cuarzo El Cacahual	22LY	20W-22LY	22LY	22LY
Cuarzo Santa Lucía	20W	20W-22LY	22LY	20W-22LY
Caolín	24B	22LY-24B	24B	24B