

# Cargas minerales de caolín y $\text{CaCO}_3$ cubanos como rellenos en formulaciones de gomas

Orlando Reinoso, Carlos Lariot,\* Regina C. Reis-Nunes,\*\* Víctor Jaime Pita,\*\* Viviane Alves Escocio\* y Randolpho Villegas.\*

Laboratorio de Envejecimiento y Estabilización de Materiales y Artículos Poliméricos, Dpto. de Corrosión. \*Grupo de Ciencia de los Materiales del Laboratorio de Microscopía Electrónica, Dpto. de Analítica, Dirección de Química, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana, Cuba.

\*\* Instituto de Macromoléculas "Profesora Eloísa Mano", UFRJ, Brasil.

Recibido: 17 de abril del 2000. Aceptado: 31 de enero del 2001.

Palabras clave: goma, carga, relleno, interfase partícula-matriz, morfología, reometría, propiedades.  
Key words: rubber, filler, particle-matrix interphase, morphology, rheometry, properties.

**RESUMEN.** Una vía muy empleada y efectiva para modificar propiedades de los materiales poliméricos es la introducción de rellenos en su formulación; es decir, la incorporación a los polímeros de sustancias sólidas, gaseosas o líquidas que se distribuyen homogéneamente en el volumen del compuesto creando una interfase bien definida con la parte polimérica. Los rellenos de más amplio empleo han sido sólidos, de naturaleza orgánica o inorgánica, en forma de polvos bien dispersos. El incremento de volumen por la incorporación de rellenos, trae aparejada una disminución del costo del producto. Además, su inclusión hace posible mejorar algunas propiedades físico-mecánicas y tecnológicas del material polimérico. El reforzamiento del caucho, que se logra al incorporar rellenos bien dispersos a las mezclas de goma, consiste en un incremento significativo de la consistencia y el mejoramiento de varias de sus propiedades. En este trabajo se evaluaron cargas minerales de carbonato de calcio y caolín gris cubanos como rellenos en formulaciones de goma usando como base polimérica cauchos naturales de Malasia (SMR-20) y Brasil (NR), y caucho sintético del tipo estireno-butadieno (SBR-1502). También se evaluó un carbonato de calcio brasileño para tomarlo como comparación. Las determinaciones de la densidad, el área superficial, la morfología y distribución de tamaños de partícula de las cargas evaluadas, el comportamiento reométrico durante la mezcla y vulcanización de las formulaciones y las propiedades físico-mecánicas de las gomas dan por resultado que el caolín gris es la carga mineral que mejores propiedades confiere a las gomas elaboradas, sobre todo, a las fabricadas con cauchos naturales.

**ABSTRACT.** The introduction of fillers into polymeric material formulations is a very employed and effective way for modifying their properties, the incorporation of solid, gaseous or liquid substances to the polymers which homogeneously distribute by self inside of their volume and create a well defined interphase with the polymeric part. The most employed fillers has been solids of organic or inorganic nature as well dispersing dust. The volume increasing originates by means of the incorporation of these fillers parallelly diminish product costs. As the same time, this process facilitates to improve some physical mechanic and technological properties of polymeric material. The obtaining reinforcement of caoutchouc incorporating well disperse fillers into rubber mixes consists on a significative increasing of their consistence and improving of some of their properties. In this paper calcium carbonate and gray kaolin from Cuba were evaluated as fillers in rubber composites with SMR-20 natural rubber form Malaysia and NR from Brazil, and with styrene-butadiene SBR-1502 type synthetic rubber. Calcium carbonate from Brazil was also evaluated. The analytical data from density and surface area determinations, morphology, particle size distribution, rheometrical behavior of the composites during the mixing and vulcanization process and the mechanical and physical properties of the composites shows that gray kaolin gives to the rubber composites better properties than the other fillers. This behavior was remarked in natural rubber cases.

## INTRODUCCION

Una vía muy empleada y efectiva para modificar propiedades de los materiales poliméricos es la introducción de rellenos en su formulación; es decir, la incorporación a los polímeros de sustancias sólidas, gaseosas o líquidas que se distribuyen homogéneamente en el volumen del compuesto creando una interfase bien definida con la parte polimérica. Los rellenos de más amplio empleo han sido sólidos, de naturaleza orgánica o inorgánica, en forma de polvos bien dispersos.<sup>1,2</sup> Además del incremento de volumen que representa la incorporación de rellenos, los cuales en sí mismos traen aparejada una disminución del costo del producto, su inclusión hace posible el mejoramiento de algunas propiedades físico-mecánicas y tecnológicas del material polimérico. También su adición es empleada para cambiar la coloración de los artículos poliméricos.

La acción de los rellenos sobre las propiedades del material está determinada entre otros factores por la forma y dimensión de sus partículas, las características de la interacción de las partículas del relleno entre sí y entre las partículas y la matriz polimérica, la cantidad relativa de relleno, etcétera. En esta interacción puede estar en juego el fenómeno de la adsorción solamente, o también las interacciones por enlace químico a nivel de la interfase partícula-matriz. Esta interacción

será tanto mejor, cuanto mayor sea el área de contacto del polímero con el relleno; es decir, mientras menor sea el tamaño de las partículas y mayor sea la irregularidad de su superficie. En correspondencia con esto último, deberá poseer una mayor área superficial. Las interacciones en la interfase partícula/matriz dependen significativamente de la naturaleza del polímero y del relleno, de la densidad y característica de las cargas en dicha interfase, de la existencia o ausencia de sustancias de bajo peso molecular que como una tercera fase envuelva y modifique las propiedades de las partículas de relleno; así como de las condiciones mismas en que se mezcle el polímero con este.<sup>3</sup>

Lo que se busca en este caso con la incorporación de esas cargas minerales es un reforzamiento del polímero, ya que estas no han sido tratadas para activar la superficie de sus partículas. El reforzamiento del caucho, que se logra al incorporar rellenos bien dispersos a las mezclas de goma, consiste en un incremento significativo de la consistencia y el mejoramiento de propiedades tales como el módulo, la resistencia a la abrasión, al desgarre, etcétera.<sup>4</sup> A las cargas que mejoran las propiedades mecánicas de las gomas se les denominan activas o reforzantes; otras son inertes y en este caso, a veces se les denomina diluyentes.<sup>5</sup> Siempre es necesario determinar el nivel óptimo de carga a emplear, pues de esto depende la obtención de un efecto positivo o negativo sobre las propiedades de los vulcanizados. Un factor importante que determina el carácter reforzante de una carga es el grado de su dispersión, el cual está en estrecha relación con el tamaño de las partículas del relleno y su superficie específica. El tamaño usual es de 5 a 1 000 nm y los mejores se encuentran entre 10 y 50 nm. También hay que tener en cuenta que las partículas de menor tamaño pueden tener tendencia a la aglomeración, lo cual imposibilita la obtención de medios homogéneos dispersos. Una de las características más importantes de las cargas minerales a tener en cuenta tecnológicamente cuando se usan como rellenos, es su densidad. También, mientras mayor sea la polaridad en la superficie de las partículas, menor será su interacción con elastómeros no polares. Esto también se cumple al revés.<sup>6</sup>

En esta primera etapa el objetivo del trabajo consistió en estudiar el efecto de las cargas sin estas haber

sido sometidas a tratamiento previo alguno de activación de su superficie. En todos los casos, se empleó como carga paralela un tipo de negro de humo (SRF) en correspondencia con la práctica actual de la industria de materiales y artículos poliméricos.<sup>7</sup>

### MATERIALES Y METODOS

Las tablas 1 y 2 muestran la composición química y algunas caracte-

**Tabla 1.** Composición química de los minerales cubanos empleados en calidad de cargas de formulaciones de goma.

Componentes	Rellenos	
	CaCO <sub>3</sub>	Caolín gris
CaCO <sub>3</sub>	95,00	-
SiO <sub>2</sub>	1,50	47,0 - 51,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20	30,0 - 34,0
Na <sub>2</sub> O	-	2,5
TiO <sub>2</sub>	-	1,7
FeO	-	1,5
CaO	-	1,0
MgO	0,25	0,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50	-
S	0,03	-
SO <sub>3</sub>	0,05	-

Estos parámetros se corresponden con las normas de calidad del suministrador.<sup>13,14</sup>

ísticas del carbonato de calcio y el caolín gris cubanos para uso como cargas en la elaboración de gomas. En este estudio se incluyó como material de comparación un carbonato de calcio brasileño cuyas características y composición no aparecen reportadas en este trabajo.

En la elaboración de las diferentes variantes de goma con las distintas cargas (Tabla 3) se emplearon tres bases poliméricas: cauchos naturales de Malasia (SMR-20) y de Brasil (NR); y caucho sintético tipo estireno-butadieno (SBR-1502). Las cargas minerales siempre se incorporaron en proporción de 35 partes por cada 100 de caucho. El resto de los componentes y aditivos fueron mantenidos constantes en todas las formulaciones (Tabla 4). La mezcla

**Tabla 2.** Algunas características físico-químicas de los rellenos cubanos.

Propiedades	Rellenos	
	CaCO <sub>3</sub>	Caolín gris
Pérdidas por ignición	43,70	12,0
Humedad	-	1,0
Absorción	-	7,0 - 15,0

Estos parámetros se corresponden con las normas de calidad del suministrador.<sup>13,14</sup>

**Tabla 3.** Designación de códigos para la identificación de las formulaciones de gomas experimentales.

Tipo de caucho natural	Relleno			
	Sin carga mineral	CaCO <sub>3</sub> cubano	Caolín gris cubano	CaCO <sub>3</sub> brasileño
SMR-20 (Malasia)	F-10	F-11	F-12	F-13
NR (Brasil)	F-20	F-21	F-22	F-23
SBR (Estireno-butadieno)	F-30	F-31	F-32	F-33

**Tabla 4.** Formulación básica sin cargas minerales que se empleó en todos los casos.

Componentes de la receta y su especificación	Partes adicionadas por cada 100 partes de caucho
Caucho	100,00
Negro de humo	25,00
ZnO	2,00
Acido esteárico (Std. Ref. 3721 NBS. USA)	2,00
Cera parafina (Nc Brasil)	1,00
Aceite nafténico ( óleo básico pesado)	10,00
Resina cumarona (Petroflex 25110183)	2,00
TMTD (Thiurad-Mosanto, disulfito de tetrametiltiuram)	1,50
DPG	0,20
TMTM (Monex, monosulfito de tetrametiltiurea. Uniroyal do Brasil S/A)	0,55
Azufre	2,00

de los componentes se realizó en un molino de laboratorio dotado de control de temperatura según las recomendaciones normalizadas correspondientes. La cantidad total de mezcla preparada en cada caso fue de 300 g. Las curvas reométricas fueron determinadas a 150 °C usando un reómetro Monsanto de disco oscilatorio con 3 ° de inclinación acorde a la norma ASTM 2084. Las muestras de goma fueron vulcanizadas en una prensa hidráulica manual Modelo C (Carver Lab., USA) empleando una presión de 2,87 MPa a 140 °C a los tiempos óptimos determinados a partir de las curvas reométricas obtenidas previamente para cada formulación. Las muestras de goma obtenidas en forma de láminas de (150x150x2) mm fueron troqueladas para obtener las probetas de ensayo según la norma ASTM correspondiente. Los ensayos físico-mecánicos se realizaron en una máquina de ensayos de tracción INSTRON. Como método complementario de evaluación del comportamiento de las mezclas de goma, se empleó el análisis reométrico después de su molida y antes de su vulcanización. Para estos fines, se usó el reómetro Haake modelo Reocord 9000 a 150 °C con dos diferentes rotores: el SIGMA y el CAM. También se usó este reómetro Haake para estudiar la procesabilidad de las formulaciones a 50 °C; es decir, para determinar la energía mecánica que se requirió para el mezclado de sus componentes.<sup>10,11</sup> Esta energía está relacionada directamente con el torque que se obtiene en el ensayo según las relaciones:

$$P = dE / dt \quad (1)$$

donde la potencia instantánea está dada por la energía consumida en el instante  $dt$ .

$$P = WM \quad (2)$$

donde:  
M torque.  
W velocidad angular.

$$E_M = W / M dt \quad (3)$$

de (1) y (2) e integrando queda que la energía mecánica es igual al área bajo la curva de torque en el intervalo  $dt$ .

$$W = 2\pi f \quad (4)$$

expresando la velocidad angular en función de la frecuencia  $f$ , o rotación por unidad de tiempo  $N$ .

$$E_M = 2\pi N / M dt \quad (5)$$

sustituyendo (4) en (3):

$$E_{especifica} = 2\pi N / m \int M dt \quad (6)$$

donde la energía mecánica específica es la energía mecánica normalizada según el peso de la muestra  $m$ ; es decir que vendrá dada en  $[J/g]$  y corresponderá a la cantidad de energía (J) que emplean los rotores para mezclar 1 g de la formulación.

La densidad de las cargas ( $d$ ) usadas fue determinada mediante el método normado (ASTM) aplicando la fórmula:

$$d = \frac{d_{agua} (M_c - M_a)}{[(M_c - M_a) + (M_b - M_d)]}$$

siendo:

$d_{agua}$  densidad del agua a una temperatura dada.

$M_a$  peso del pignómetro vacío.

$M_b$  peso del pignómetro con agua.

$M_c$  peso del pignómetro con carga.

$M_d$  peso del pignómetro con agua y con carga.

El área superficial de cada uno de los materiales empleados en calidad de cargas fue determinada mediante un equipo ASAP 2010 (*Accelerated Surface Area Porosimetry System*) acoplado a una computadora que controla el análisis y permite obtener la isoterma de adsorción a temperatura del nitrógeno líquido de forma automática. El cálculo de la superficie específica se realizó a partir de la gráfica de la ecuación de Brunauer-Emmett-Teller (BET). Para estos fines, se tomó el intercepto y la pendiente de la recta obtenida, aplicando las relaciones siguientes:

$$Intercepto = 1 / \alpha_m c$$

$$Pendiente = (c - 1) / \alpha_m c$$

siendo:

$\alpha_m$  capacidad de la monocapa.

$c$  constante de BET relacionada con el calor de adsorción.

Conocida  $\alpha_m$  se tiene que la superficie específica:

$$S_m = N w_m \alpha_m$$

siendo:

$w_m$  área de la molécula de nitrógeno.

$N$  número de Avogadro.

El intervalo de tamaños de partícula y su morfología se determinó mediante análisis por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), para esto, se prepararon muestras de las cargas espolvoreando los minerales sobre cinta adhesiva de doble cara adherida a los soportes de muestras y recubriéndolas con 40 nm de oro mediante la técnica del espolvoreado catódico en el equipo ION SPUTTER JFC- 1100 (JEOL). También se observaron las superficies de ruptura de las diferentes formulaciones después de haber sido fracturadas a la temperatura del nitrógeno líquido. Estas muestras fueron pegadas con pintura de plata coloidal a los soportes y recubiertas luego con oro. Las imágenes formadas por la emisión de los electrones secundarios de las muestras energizadas por el rayo electrónico, fueron observadas en el microscopio electrónico de barrido JSM-330 (JEOL). También se observaron imágenes de las superficies de fractura en frío de las diferentes formulaciones.<sup>12</sup>

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 5 muestra las propiedades de los materiales empleados como cargas en las formulaciones de gomas ensayadas.

La figura 1 muestra las imágenes de MEB, de las superficies de ruptura en frío de las formulaciones de caucho sintético SBR, en las que aparecen los polvos minerales que constituyen las cargas incluidas en la matriz polimérica de la formulación. En las micrografías se puede ver tanto la distribución de las partículas

Tabla 5. Algunas propiedades físicas de las cargas minerales.

Propiedad	Relleno		
	CaCO <sub>3</sub> cubano	Caolín gris cubano	CaCO <sub>3</sub> brasileño
Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	2,42	1,24	-
Area superficial específica [m <sup>2</sup> /g]	1,043 2	14,215 5	-
Tamaño de partícula [µm]	1-12	2-50	1-15
Morfología de las partículas	Forma irregular. Superficie lisa sin invaginaciones.	Forma muy irregular. Superficie porosa con invaginaciones.	Forma muy irregular. Superficie porosa con invaginaciones.

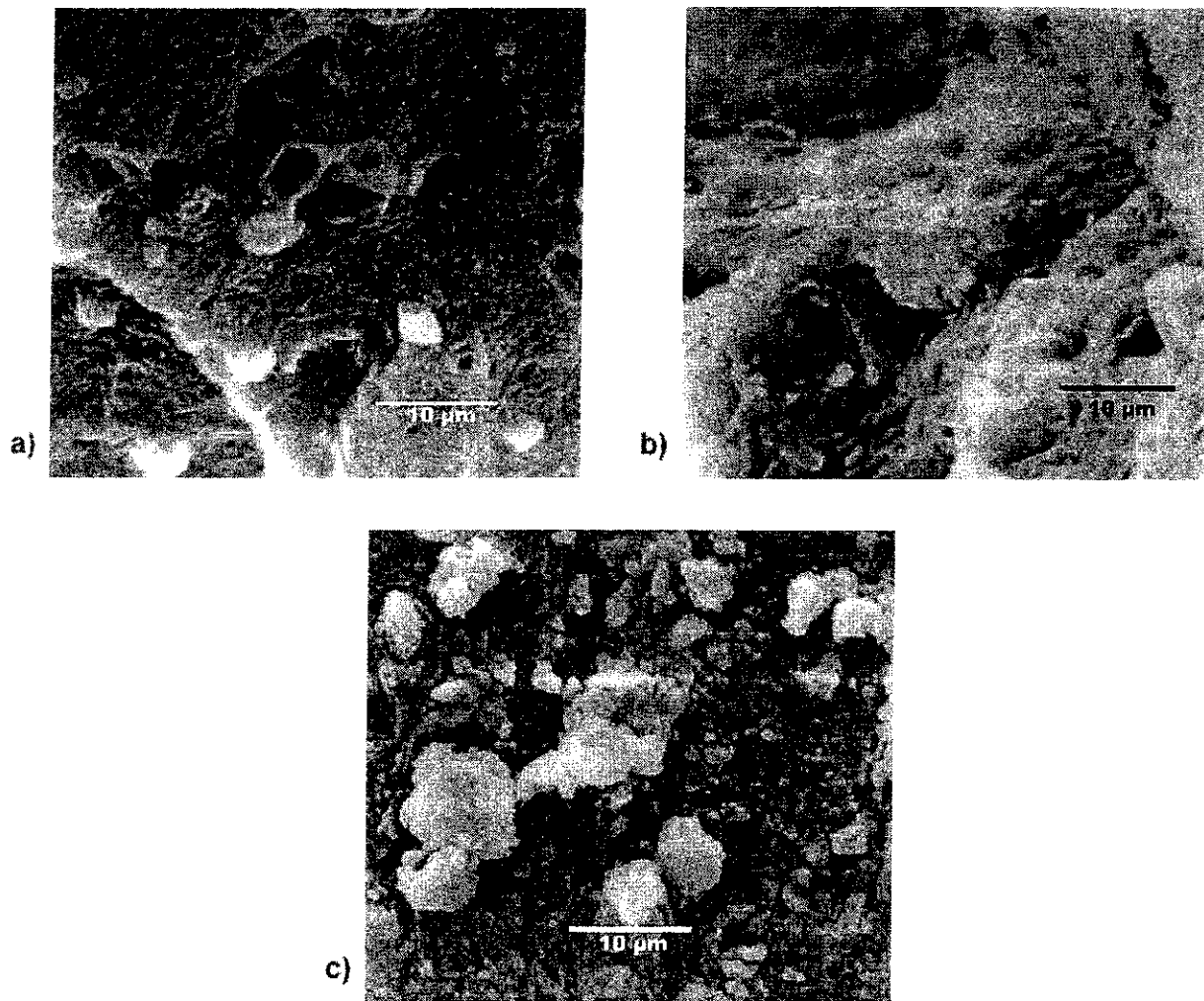


Fig. 1. Imágenes de las superficies de ruptura en frío de las formulaciones de caucho sintético SBR donde aparecen incluidas las partículas de las cargas de: a) Carbonato de calcio cubano; b) Caolín gris cubano; c) Carbonato de calcio brasileño.

como su grado de agregación. También se distinguen los nichos dejados por las partículas que fueron extraídas en la fractura.

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos a partir de las cur-

vas reométricas de la figura 2 (a, b y c).

A partir de esos reogramas se realizaron las consideraciones siguientes:

- En el caso del caucho natural de Malasia (SMR-20), todas las car-

gas empleadas brindaron un efecto reforzante, destacándose más el caolín gris y el carbonato de calcio de Brasil que el carbonato de calcio cubano.

- En el caso del caucho natural de Brasil se observó un comportamiento similar al anterior.
- En el caso del caucho sintético de estireno-butadieno (SBR-1502), el mayor efecto reforzante lo ejerció el carbonato de calcio cubano; tanto el carbonato de calcio de Brasil como el caolín gris no ejercieron un efecto importante de reforzamiento.
- En todas las curvas se observó el efecto catalizador en la reacción de vulcanización que ejerce el caolín gris en las formulaciones de goma.
- Este resultado es un tanto contradictorio con lo que se plantea referente a que los cauchos que más responden al reforzamiento con cargas son los que no cristalizan y también que el caucho natural no lo requiere

Tabla 6. Resultados que brindaron las curvas reométricas de cada formulación de goma.

Formulación	Torque máximo (lb /IN)	$\tau_{90}$ (min)
F-10 (SMR-20)	59,0	8,0
F-11 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	69,0	7,5
F-12 (+Caolín cubano)	71,0	6,5
F-13 (+CaCO <sub>3</sub> brasileño)	72,0	7,0
F-20 (NR)	62,0	6,5
F-21 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	72,0	6,5
F-22 (+Caolín cubano)	73,0	6,5
F-23 (+ CaCO <sub>3</sub> brasileño)	75,0	6,0
F-30 (SBR)	70,0	14,0
F-31 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	75,0	12,8
F-32 (+Caolín cubano)	68,0	8,8
F-33 (+CaCO <sub>3</sub> brasileño)	66,0	13,6

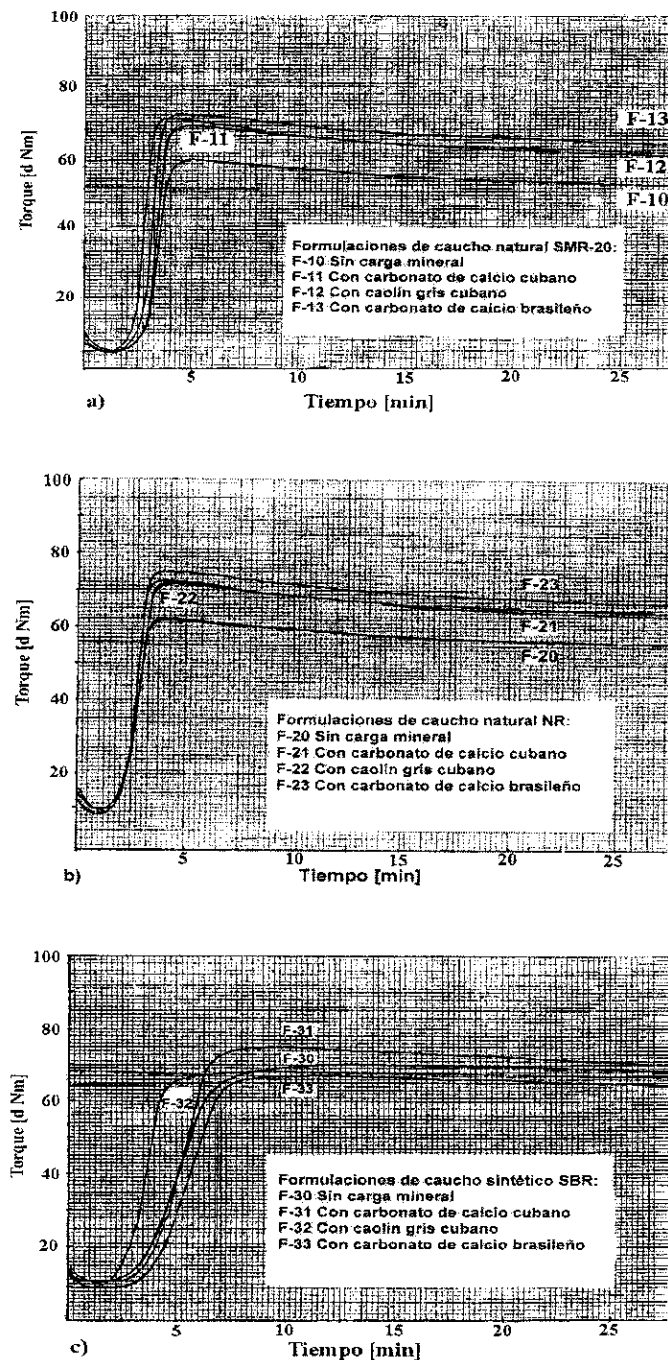


Fig. 2. Curvas reométricas de las formulaciones con caucho tipo: a) SMR-20; b) NR; c) SBR-1502.

por su capacidad de cristalización.

La Tabla 7 muestra las propiedades físico-mecánicas de las formulaciones experimentales. Se pudo apreciar que el caolín gris es la carga que mejores propiedades proporciona a las gomas estudiadas. Esto también pudo apreciarse en las curvas reométricas (Fig. 2), principalmente en el caso de los cauchos SMR-20 y NR naturales.

La figura 3 presenta las curvas reométricas de cada una de las formulaciones obtenidas en el equipo Haake a 150 °C empleando el rotor

CAM. La figura 4 ofrece las curvas obtenidas cuando se empleó el rotor SIGMA.

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos durante la vulcanización de las formulaciones de goma en el equipo Haake a 150 °C empleando dos rotores diferentes (CAM y SIGMA). Las figuras 3 y 4 muestran los reogramas correspondientes.

Los reogramas obtenidos empleando el rotor CAM (Fig. 3) muestran que la incorporación de cargas minerales a las mezclas elaboradas con los cauchos naturales, SMR-20 y NR, no incidió de forma significa-

tiva en la disminución del torque máximo que se alcanza durante el proceso de vulcanización, mientras que se puede observar una caída apreciable de dicho parámetro en el caso de aquellas que emplean el caucho sintético SBR-1502.

El rotor SIGMA posee una capacidad de cizallamiento menor que la del rotor CAM. Se pudo observar que con este rotor se obtenía un comportamiento similar en los casos de los cauchos naturales SMR-20 y NR (Fig. 4), donde no era significativo el efecto de disminución del torque que introduce la incorporación de cargas inorgánicas. Es interesante el resultado obtenido con la incorporación del carbonato de calcio cubano a la mezcla de goma elaborada con caucho sintético SBR, en el que se aprecia un incremento significativo del torque. Este efecto está siendo objeto de estudio para esclarecer sus causas.

La Tabla 9 ofrece los resultados del procesamiento de algunas de las formulaciones en el equipo Haake a 50 °C que permitieron determinar su procesabilidad.

## CONCLUSIONES

Tanto el caolín como los carbonatos de calcio empleados en este trabajo ejercen un efecto reforzante adecuado en las gomas elaboradas con los cauchos naturales SMR-20 y NR. En el caso de las gomas elaboradas con el caucho sintético SBR-1502 el carbonato de calcio cubano proporciona un efecto reforzante superior al que se obtiene con cualesquiera de las otras cargas empleadas. En todos los casos, el caolín gris parece ejercer un papel catalizador de la reacción de vulcanización.

## RECOMENDACIONES

Los resultados permiten recomendar que se continúen los estudios iniciados con estas cargas, que son las de mayor uso en la industria cubana que manufactura materiales poliméricos, específicamente sometiendo a las cargas a tratamientos que ayuden a su mejor distribución en el polímero y a posibilitar la obtención de materiales en los que se vea incrementado el conjunto de sus propiedades útiles.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kasheliov FF, Kornieyev A.A., Bucanov A.M., Tecnología general de las gomas, Editorial (Química) Moscú, 241-266, 1978.
2. Mano E.B., Nunes R.C.R., Regenerated cellulose in elastomer compounds,

**Tabla 7.** Propiedades físico-mecánicas de las formulaciones.

Formulación	Tensil (MPa)	Elongación (%)	Desgarre (kN/m)	Dureza (Shore A)
F-10 (SMR-20)	-	-	25,0	43,0
F-11 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	3,5	248,0	18,3	49,0
F-12 (+caolín cubano)	10,0	350,0	33,5	58,0
F-13 (+CaCO <sub>3</sub> brasileño)	3,5	225,0	35,0	53,0
F-20 (NR)	3,7	235,0	28,8	46,0
F-21 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	3,6	250,0	29,2	52,0
F-22 (+caolín cubano)	9,2	365,0	33,0	53,0
F-23 (+ CaCO <sub>3</sub> brasileño)	4,4	258,0	28,3	53,5
F-30 (SBR)	-	-	22,3	52,5
F-31 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	-	-	18,9	57,0
F-32 (+caolín cubano)	-	-	24,2	59,5
F-33 (+ CaCO <sub>3</sub> brasileño)	-	-	19,9	57,5

**Europ. Polymer. Journal**, 19, 919, 1983.

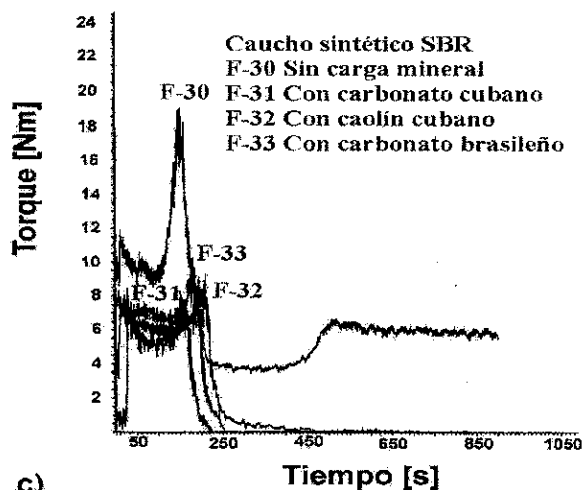
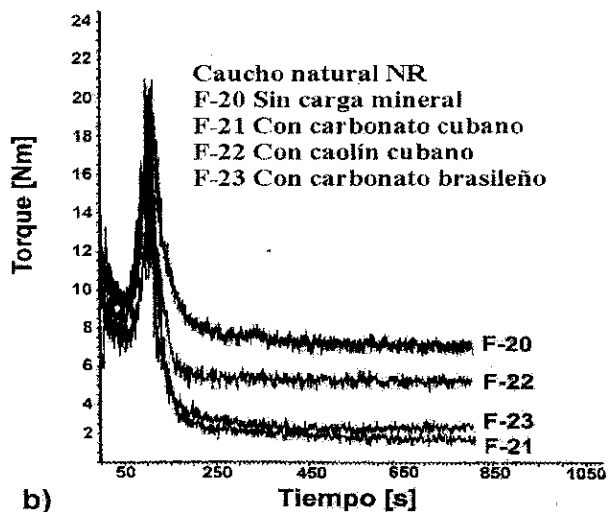
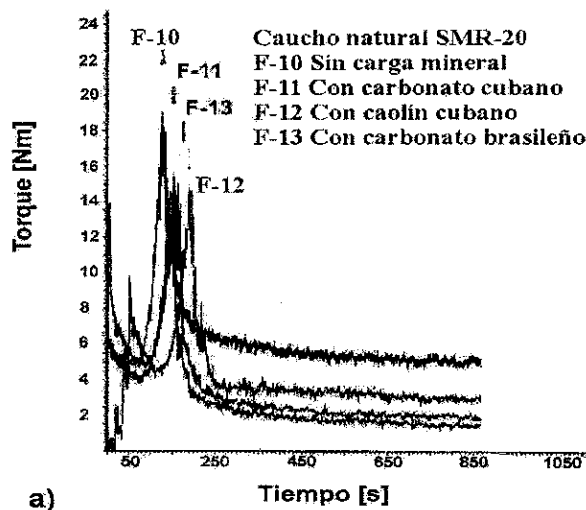
3. Pukánszky B., Fekete E., Mineral fillers in thermoplastics I. Raw materials and processing, Cap. Adhesion and surface modification, Editor J. Jancar, Editorial Springer-Verlag Heidelberg, New York, 110-150, 1999.

4. Nunes R.C.R., Mano E.B., Influence of cellulose as a filler in vulcanized rubber composites, **Polymer Composites**, 16, 421, 1995.

5. Dickson T., U.S. Plastics. A growing mineral market, **Industrial Minerals**, No. 233, 50-58, 1987.

6. Fekete E., Pukansky B., Tóth A., Bertóti I., Surface modification and characterization of particulate mineral fillers, **J. of Colloid and Interphase Science**, 135, 200, 1990.

7. Goncharov V.M., Jodov V.V., Goncharova L.A., Influencia de la composición y métodos de obtención de cargas binarias en base a negro de humo sobre las propiedades de las gomas, **Kauchuc & Rezina**, 30, 1988.



**Fig. 3.** Curvas reométricas obtenidas en el equipo Haake a 150°C con rotor CAM. a) Con caucho natural de Malasia SMR-20. b) Con caucho natural de Brasil NR. c) Con caucho sintético SBR-1502.

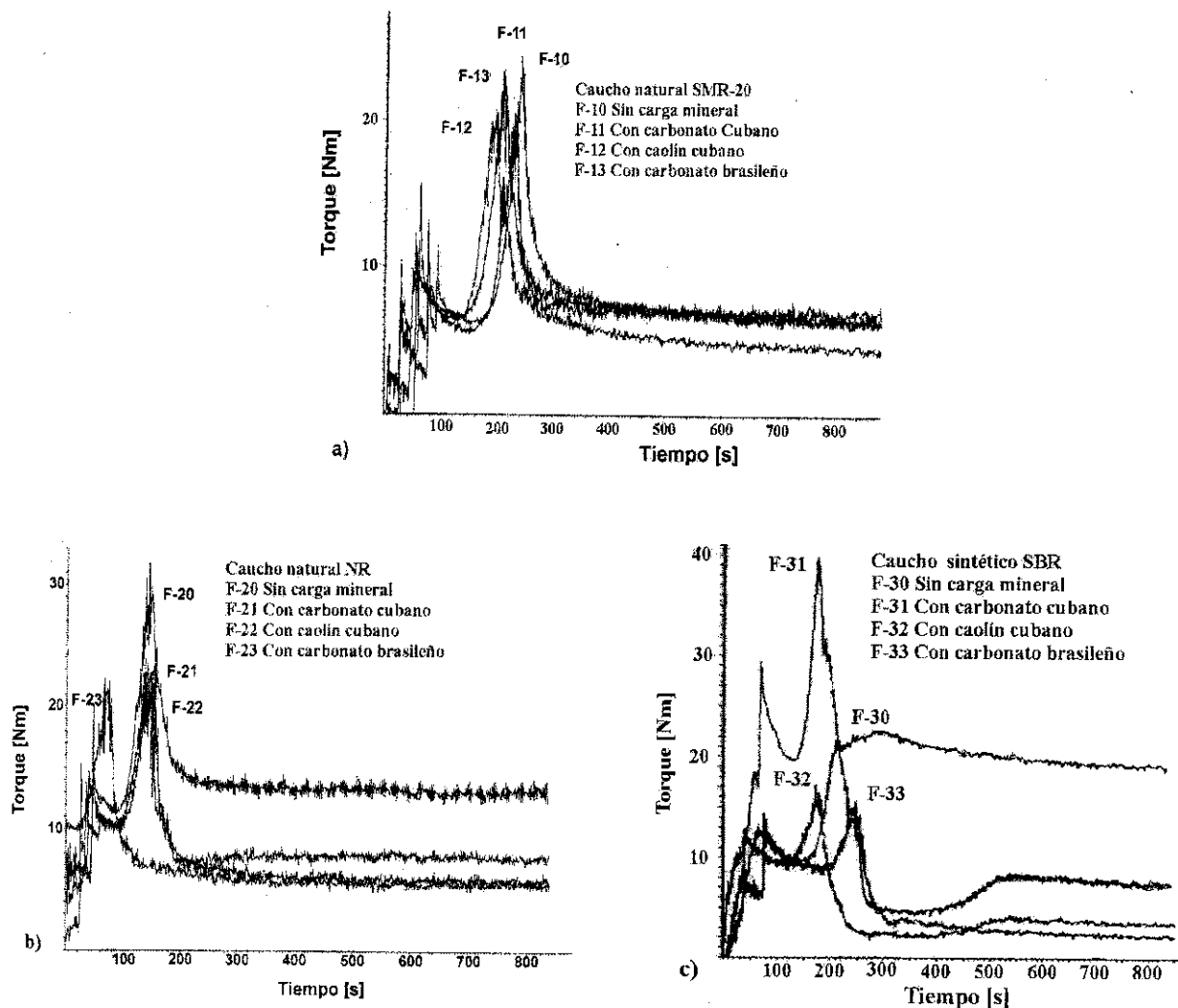


Fig. 4. Curvas reométricas obtenidas en el equipo Haake a 150 °C con rotor SIGMA. a) Con caucho natural de Malasia SMR-20. b) Con caucho natural de Brasil NR. c) Con caucho sintético SBR-1502.

Tabla 8. Resultados obtenidos durante la vulcanización de las formulaciones de gomas en el equipo Haake a 150 °C empleando los rotores CAM y SIGMA.

Formulación	Torque mínimo (Nm)		Torque mínimo (Nm)		Area (Nm/s)	
	Rotor					
	CAM	SIGMA	CAM	SIGMA	CAM	SIGMA
F-10 (SMR-20)	4,7	6,0	19,0	22,2	481,0	846,8
F-11 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	5,0	5,7	13,9	19,9	478,8	727,7
F-12 (+caolín cubano)	4,4	6,3	16,9	19,2	512,0	732,6
F-13 (+CaCO <sub>3</sub> brasileño)	4,9	6,4	13,9	22,3	461,8	819,9
F-20 (NR)	8,8	11,1	20,8	29,0	658,1	1 222,9
F-21 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	6,5	9,3	17,8	24,7	691,9	1 333,3
F-22 (+caolín cubano)	8,7	9,6	21,5	21,6	671,8	666,8
F-23 (+ CaCO <sub>3</sub> brasileño)	7,7	10,0	21,3	22,4	933,2	695,3
F-30 (SBR)	8,5	9,6	19,3	20,8	762,7	814,1
F-31 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	5,8	19,3	10,3	38,8	408,9	1 205,5
F-32 (+caolín cubano)	5,1	9,4	7,5	17,2	313,2	641,6
F-33 (+CaCO <sub>3</sub> brasileño)	5,8	8,2	8,9	15,1	540,0	656,2

**Tabla 9.** Procesabilidad de algunas de las formulaciones determinada mediante el procesamiento de la data reométrica obtenida empleando el equipo Haake a 50°C .

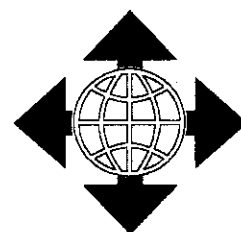
Formulación	Tiempo (min)	Masa de la muestra (g)	Torque total (Nm)	E <sub>especifico</sub> (J/g)
F20 (NR)	10,5	70,1	233,3	1 044,9
F21 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	10,5	70,5	237,4	1 057,5
F22 (+caolín cubano)	10,5	70,5	249,9	1 113,0
F30 (SBR)	10,5	70,1	300,0	1 343,0
F31 (+CaCO <sub>3</sub> cubano)	10,5	70,5	242,0	1 077,8
F32 (+caolín cubano)	10,5	70,5	259,2	1 154,5

8. ASTM D3191-83 para el caucho SBR-1502.  
 9. D 3192-85 para los cauchos SMR-20 y NR.

10. How to relate test results of a torque rheometer to problems in elastomer processing, LR 9612-29E. Instrucciones for the interpretation of the data

- obtained in a Haake Reocord Rheometer.  
 11. Haake rheocord system instruction manual. Polyview mixer evaluation software. Part No. 002.9900.3.1.040-2.11.95.  
 12. Lariot C., Reinoso O., Nunes R.C.R., Villegas R. y Morales F, Estudio al MEB del efecto de cargas minerales de CaCO<sub>3</sub> y caolín cubanos en gomas elaboradas con cauchos naturales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 32, 77, 2001.  
 13. Norma de Empresa, Cuba, Carbonato de calcio. Proceso tecnológico, 1982.  
 14. NC-54-291 Materiales y productos de la construcción. Caolín levigado. Especificaciones de calidad.

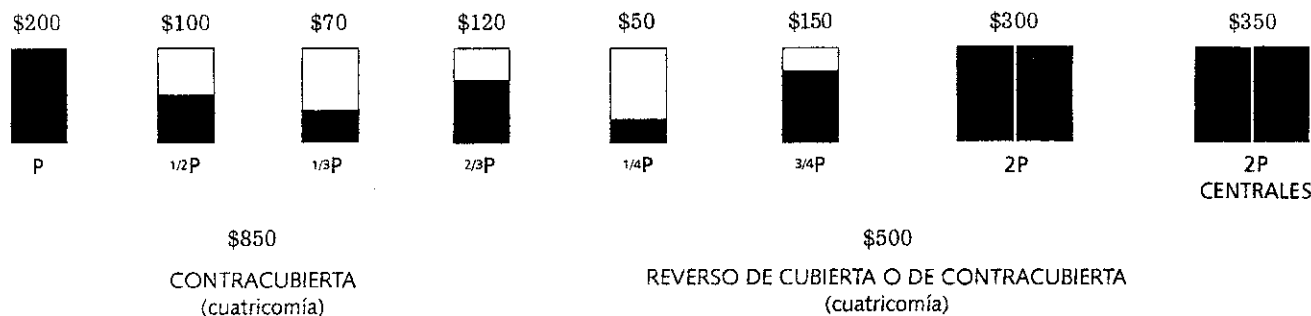
## ¿BUSCA PUBLICIDAD?



La Revista CENIC Ciencias Biológicas le puede ayudar eficazmente a difundir su mensaje, así como a viabilizar sus contactos y propiciar intercambios y relaciones futuras con la comunidad científica nacional e internacional y sus instituciones respectivas.

Aproveche esta oportunidad que a módicos precios le ofrece para que su mensaje viaje y llegue con ella, a su círculo especializado de lectores.

### TARIFAS (USD)



La contratación por un año (tres números) de este servicio, le proporciona como beneficio adicional, un descuento del 15 %.

Dirija su solicitud a:

Editorial CENIC  
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
 Avenida 25 y 158, Playa, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana, Cuba.