

Análisis y caracterización fisicoquímica del látex de caucho especie *Hevea Brasiliensis*

Analysis and characterization of rubber latex species *Hevea Brasiliensis*

Ana Milena Camacho-Támara^I, Henry Reyes-Pineda^{II}, Alejandro Lozano-Bohórquez^I.

Resumen: Este trabajo, se centró en caracterizar la aglomeración del látex de caucho natural mediante el uso de ácido fórmico y ácido acético usando ejemplares clasificados como clon IAN-710 cultivados en el departamento del Caquetá, con el objetivo de comparar el uso de éstos ácidos a distintas concentraciones y su repercusión que tienen en las propiedades térmicas y químicas (materia volátil y cenizas) caracterizados mediante calorimetría diferencial de barrido, análisis termogravimétrico y su identificación por espectroscopia de infrarrojo. Obteniendo como resultado que la variación de la concentración de ácidos no influye en un cambio relevante en las propiedades térmicas; además no se altera la estructura química molecular principal del caucho como cadena poli (cis-1,4-isopreno); de tal manera que serán posteriormente los resultado de los estudios mecánicos y demás características que establece la norma, para descartar completamente la posible diferencia entre el uso de estos ácidos a las distintas concentraciones.

Palabras Clave: Calorimetría Diferencial de Barrido, Análisis Termogravimétrico, Espectroscopia Infrarroja, coagulación y caucho natural.

Abstract: This work has been focused on characterize the coagulation of the natural rubber latex, using formic acid and acetic acid, using specimens classified as IAN-710 clone grown in the Caquetá in order to compare the use of these acids at different concentrations and the impact that they have on the thermal and chemical properties (volatile matter and ashes) characterized through Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermogravimetric Analysis (TGA) and chemical identification through In-

I Estudiante de Química. Universidad de la Amazonia. Campus Porvenir. Florencia. Caquetá. Colombia.
II Director Maestría en Química. Universidad del Quindío. Armenia. Quindío. Colombia.

frared Spectroscopy. As a result was obtained that the variation in the acid concentration has not any effect on the thermal properties; also nor alter the chemical structure of rubber as a principal molecular chain poly (cis-1,4-isoprene) in such a manner, will be subsequently result of mechanistic studies and other characteristics of the standard, to completely rule out the possible difference between the use of these acids to the different concentrations.

Keywords: Differential scanning calorimetry, thermogravimetric analysis, infrared spectroscopy, coagulation, and natural rubber.

1. INTRODUCCIÓN

El caucho *Hevea brasiliensis* es la fuente de la materia prima de innumerables productos, los cuales poseen un gran impacto en el desarrollo industrial, económico y social. Siendo utilizado como materia prima industrial bien sea de forma líquida látex de caucho o en forma de caucho seco para la manufactura de un gran número de productos indispensables para la sociedad, desde guantes industriales y quirúrgicos, mangueras, calzado, adhesivos, accesorios para autos, hasta su aplicación más prioritaria como neumáticos para todo tipo de transporte (Garnica & Garcia, 2006).

Colombia cuenta con alrededor de 28000 hectáreas para la producción de este recurso, donde 4283 hectáreas están en explotación actualmente, siendo el departamento del Caquetá el más importante con cerca del 50% del total que se explota con aproximadamente 5139 toneladas anuales de caucho seco producido. Se prevé que para el año 2018 la cantidad de producción de caucho anual será de unas 30823 toneladas anuales en el país (Quesada et al., 2012), de tal manera que para éste año se lograría suplir la demanda nacional actual cercana a 28000 toneladas solicitada para los diversos procesos industriales (Martinez & Garcia, 2006). Esto lleva consigo la necesidad de aumentar aún más el uso de ácido para el proceso de coagulación del látex.

Las partículas de caucho dispersas en el látex se estabilizan por la presencia de aniones carboxílicos adsorbidos en la superficie formados a partir de ácidos grasos o proteínas. Estos aniones adsorbidos en la superficie de la partícula ceden carga eléctrica negativa produciendo fuerzas de repulsión que impiden la agregación de partículas (Colonna, 2010). El potencial de repulsión entre las partículas es determinado por la concentración de carga aniónica absorbida. La adición de ácido acético o ácido fórmico en el látex reduce el pH hasta alcanzar el punto isoeléctrico, donde la carga eléctrica se anula. Consecuentemente, se disminuyen las repulsiones electrostáticas entre las partículas.

La cantidad de ácido requerida para el proceso de coagulación del látex, depende del estado de madurez de los árboles, de las condiciones climáticas, el tipo de suelo y

la línea o casta del árbol (Martinez & Garcia, 2006), (Giraldo & Velásquez, 2010), (Tungngoen et al., 2011) y (Colonna, 2010). Los árboles jóvenes dan un látex inestable y durante la sangría se debe añadir al mismo algo de amoníaco para asegurar su estabilidad hasta su manufactura. La cantidad de amoníaco adicionado se tiene en cuenta al determinar la cantidad de ácido necesario para un efectivo proceso de coagulación. El látex de árboles maduros que no ha recibido amoníaco, necesita aproximadamente 40 mL de ácido fórmico (al 90 %) por cada 100 litros de látex. De esta manera, el volumen de ácido fórmico pareciera ser insignificante, pero multiplicado por 5139 toneladas de demanda nacional anuales de látex y con un grado de toxicidad DL50 730mg/kg, es realmente preocupante, pero aún más para cuando se logre la producción de las aproximadamente 31 mil toneladas. Por lo cual se plantea el uso de ácido acético empleado también como agente coagulante (Giraldo & Velásquez 2010), (Martins et al. 2002) y (Malmonge & Rogérico 2006). El cual tiene un menor grado de toxicidad (DL50 3310mg/kg). Sin embargo, no se conoce qué efecto tienen la variación de la concentración de ácido fórmico y ácido acético en el proceso de coagulación del látex provenientes del caucho natural de la región del Caquetá (según la exploración hecha en las bases de datos: Journal Storage-Jstor, Science Direct, American Chemical Society, google school y Journal Scielo), con respecto a sus propiedades térmicas. Por ende, el objetivo de este trabajo de investigación, es realizar un análisis comparativo de diferentes concentraciones de ácido acético y ácido fórmico y su repercusión en las propiedades térmicas y químicas (espectroscopia infrarroja) en caucho seco como producto final.

2. METODOLOGÍA

2.1 Materia Prima:

La recolección del látex de caucho se realizó en ejemplares clasificados como clon IAN-710 de *Hevea brasiliensis* según el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Así, se seleccionaron 50 árboles de seis años de edad, cinco meses de explotación en promedio y beneficiados por el sistema D2, es decir, sangrados cada dos días. Plantados, en el centro de investigaciones Amazónicas Macagual (CI-MAZ), ubicado a 20 km de Florencia, al sur del departamento del Caquetá, a una altura de 326 m.s.n.m, con temperatura media anual de 25,5°C, humedad relativa media del 85 %, precipitación media de 3600 mm/año.

2.2 Cantidad y tiempo de recolecta:

Una vez sangrados los arboles mediante un corte de media espiral, el látex se recolectó en vasijas plásticas, y transcurrido el tiempo de sangrado, se trasvaso a un frasco

de vidrio ámbar, para una cantidad de colecta de 1.5 litros en total. Este no tuvo previo tratamiento de conservación con amonio, sino que fue llevado de inmediato al laboratorio para su coagulación. Este mismo proceso se repitió al tercer día para los ensayos por duplicado.

2.3 Proceso de coagulación.

El látex fue previamente filtrado mediante un tamiz de 400 μm , luego fue trasferido a doce beaker, donde se agregó a cada uno de ellos 100 mL de látex. Seguidamente se adicionaron 3,5 mL de ácido acético a diferentes concentraciones en solución acuosa 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % v/v; éste ensayo realizó por duplicado. Este mismo proceso fue llevado a cabo para la adición de ácido fórmico usando las mismas concentraciones en solución acuosa. Una vez transcurridas las 24 horas de coagulación, el caucho es lavado con agua para eliminar el ácido remanente. Luego fue laminado en un equipo de rodillos abiertos a un espesor de 2 mm, para finalmente ser secado por ocho días al aire libre bajo sombra.

2.4 Análisis químico

La asociación de reforestadores y cultivadores de caucho del Caquetá, establece que la determinación de materia volátil y cenizas, deben seguir la metodología descrita por las normas ISO 248 e ISO 247 para caucho seco laminado.

Material volátil: Se tomaron de cada muestra laminada pesos aproximados entre 10 y 10,5 gramos, luego fueron llevados al horno las respectivas fracciones por 1 hora a 110°C. Se sacaron para ser pesados, seguidamente se llevaron de nuevo al horno por 30 minutos para nuevamente ser sacadas y pesadas. Este proceso se repitió hasta lograr una diferencia de peso inferior a 1mg.

Cenizas: Se tomaron de cada muestra laminada pesos aproximados entre 10 y 10,5 gramos, las cuales fueron cortadas en tiras para luego ser introducidas en crisoles y llevadas a la mufla a 550°C por 3 horas hasta quedar cenizas las muestras.

2.5 Caracterización del caucho

Las láminas de caucho natural se analizaron por espectroscopia de Infrarroja (IR) en un equipo Thermo Scientific Nicolet 6700 equipado con una celda ATR SMART ORBIT NEXT con cristal de diamante, en un rango de número de onda entre 4000 cm^{-1} a 450 cm^{-1} . También fueron caracterizadas por análisis Termogravimétrico

(TGA), los cuales se realizaron en un equipo TG 209 F1 instrument 115V, aplicando una velocidad de calentamiento de 10 °C/min desde temperatura ambiente hasta 800°C, en atmosfera aire con un flujo de 60 mL/min. Para Calorimetría Diferencial de Barrido, (DSC), se usó un equipo NETZSCH DSC 214 Leading thermal Analysis, a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min en atmosfera de aire.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque no se efectuaron análisis mecánicos, si se observó que las muestras coaguladas a concentraciones de ácidos bajas de 1 %, 3 % y 5 % (v/v), eran más blandas a comparación de las muestras coaguladas a concentraciones altas de 10 %, 15 % y 20 % (v/v) las cuales tenían un comportamiento un poco más rígido, en especial la muestra coaguladas con ambos ácido a concentraciones de 20%.

En la Figura 1, se muestra la estructura química del poli-isopreno, componente mayoritario (entre el 93 % a 95% (Colonna, 2010) en el caucho seco, el cual es objeto de discusión en los resultados por espectroscopia infrarroja.

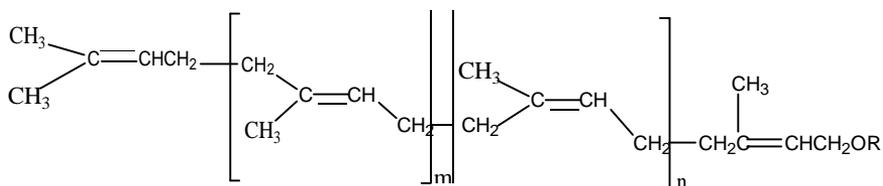


Figura 1. Estructura química del poli (cis-1,4-isopreno)

En la Tabla 1 se muestran los resultados del porcentaje de material volátil y el porcentaje de cenizas obtenidos según los análisis realizados a las distintas muestras bajo los criterios establecidos por las normas ISO. Los resultados señalan, que las muestras coaguladas a las distintas concentraciones de ácidos, están dentro de los parámetros estipulados por la norma ISO 248 para el contenido de material volátil y la norma ISO 247 para el contenido de cenizas. Los cuales establecen que el porcentaje máximo de materia volátil debe ser igual o inferior a 0,8% y que el porcentaje de cenizas debe ser igual o inferior al 1%. Ya que un aumento en el porcentaje de agua en especial de minerales e impurezas, modifica las propiedades del caucho, teniendo que hacerse tratamientos térmicos previos para eliminar y mitigar dicho aumento, antes de llevarse a cabo un uso específico, según lo señala la Asociación Americana de Análisis y Materiales (ASTM). Lo que permite deducir que la influencia de ácido acético y ácido fórmico a las distintas concentraciones no aumenta el porcentaje de

material volátil y cenizas, ya que no supera los valores estipulados por las normas ISO.

Tabla 1. Resultados promedios del porcentaje de material volátil y porcentaje de cenizas en las distintas muestras coaguladas con ácido fórmico y ácido acético

Concentración en % v/v	% de Material Volátil		% de Cenizas en Base Seca	
	Ácido Fórmico	Ácido Acético	Ácido Fórmico	Ácido Acético
1	0,20	0,14	0,24	0,33
3	0,18	0,5	0,23	0,62
5	0,16	0,38	0,21	0,23
10	0,40	0,14	0,27	0,24
15	0,24	0,22	0,26	0,24
20	0,09	0,58	0,26	0,23

En las Figuras 2 y 3 se muestran, los espectros IR para las diferentes muestras de látex coagulado usando los diferentes ácidos. Graficando la absorbancia relativa en función del número de onda con el propósito de visualizar con mayor claridad los espectros.

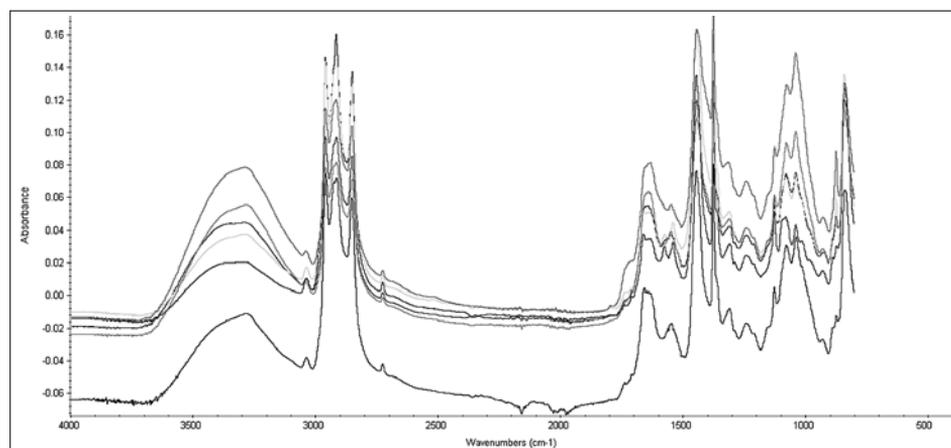


Figura 2. Espectro infrarrojo para el caucho seco coagulado con ácido acético. En la superposición mostrada, el orden descendente de las muestras ubicado a 4000 cm^{-1} es: 10%, 15%, 3%, 5%, 20%, 1%

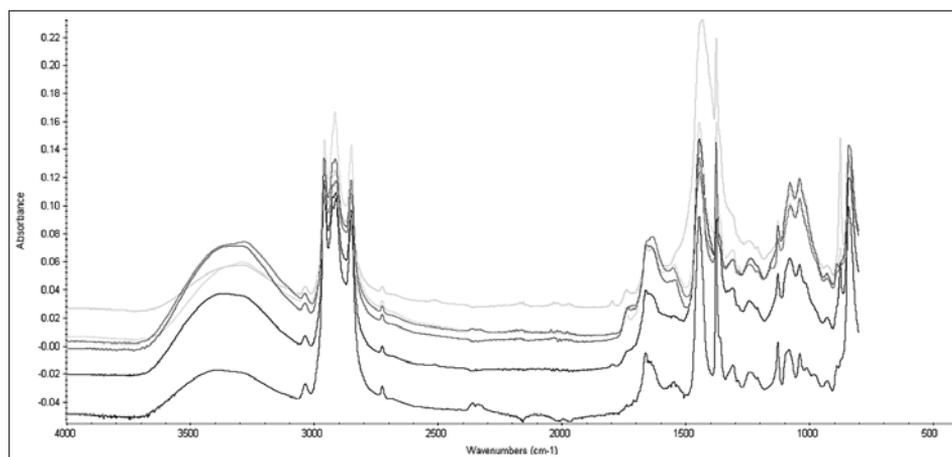


Figura 3. Espectro infrarrojo para el caucho seco coagulado con ácido fórmico. En la superposición mostrada, el orden descendente de las muestras ubicado a 4000 cm^{-1} es: 10%, 15%, 3%, 5%, 20%, 1%.

Los espectros de infrarrojo de sustancias proteicas contienen varias bandas de absorción, llamadas “bandas amidas” características a estas longitudes de onda entre 3300 cm^{-1} y 3100 cm^{-1} como se observa en los espectros presentados en las Figuras 2 y 3 así como también las bandas en la regiones de 1550 cm^{-1} a 1640 cm^{-1} ; las regiones próximas a 2850 cm^{-1} y 2920 cm^{-1} corresponden a los estiramientos simétrico y asimétrico del radical metilo, en la región de 2960 cm^{-1} se encuentra el estiramiento simétrico y asimétrico del C-H en el radical metilo CH_3 . En la región de 1660 cm^{-1} y 1544 cm^{-1} se observa vibración de estiramiento asociado al doble enlace $\text{C}=\text{C}$, en 1444 cm^{-1} y 1376 cm^{-1} vibración de deformación asimétrica y simétrica del C-H en el radical metilo, en 1126 cm^{-1} vibraciones del esqueleto C-C, en 1036 cm^{-1} deformación del enlace $\text{C}-\text{CH}_2$ en el plano, en 840 cm^{-1} una banda fuerte asociado a la flexión del C-H fuera del plano en el grupo funcional $\text{C}=\text{C}$ que se describe como típica cadena del cis-1,4 y en 756 cm^{-1} una banda que corresponde a vibraciones del enlace C-C en el grupo funcional CH_2 .

No obstante, las bandas en las regiones de 3284 cm^{-1} y 3332 cm^{-1} también pueden obedecer a los ácidos orgánicos usados para coagular las muestras, producto de la estabilización o neutralización que tienen los ácidos carboxílicos sobre la carga negativa presente en la capa periférica de proteínas y algunos grupos funcionales, que quedan por fuera de la interface caucho-agua (Chirinos, 2008). Sin embargo no se presentan las bandas propias de los grupos carbonilos en las regiones de 1725 cm^{-1} y 1700 cm^{-1} , aunque cabe resaltar, que el látex de caucho es una suspensión coloidal de mezclas de

sustancias como proteínas, lípidos, azúcares entre otros, los cuales pueden desplazar las bandas de los grupos carbonilos. Sin embargo, y cumpliendo con el objetivo del trabajo, se puede deducir que independientemente de la concentración de ácido y el tipo de ácido usado, no se modifica la estructura química molecular principal del caucho (poli cis-1,4-isopreno, ver Figura 1), ya que se muestran las mismas bandas características, propias de ésta estructura elucidadas por IR, en trabajos e investigaciones realizados (Giraldo & Velásquez 2010), (Narathichat et al., 2010), (Egboh y Mukherjee 1991) y (Martinez & Bautista 2007). Además, se podría incluso utilizar concentraciones más bajas de ácido para la coagulación del látex.

En las Figuras 4 y 5 se muestran los resultados de TGA y DTG obtenidos para algunas muestras de caucho seco provenientes del látex coagulado con ácido acético y ácido fórmico.

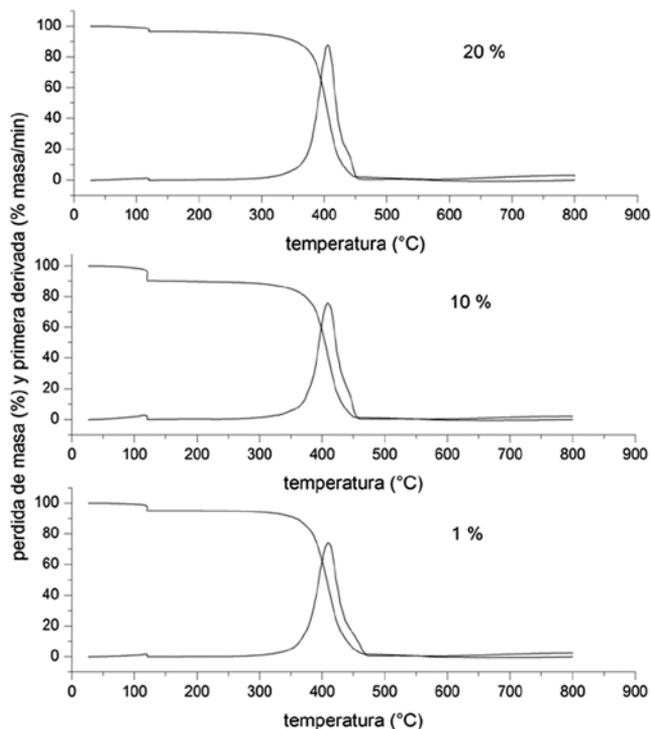


Figura 4. Superposición de termogramas TGA y DTG para las muestras de caucho seco obtenidos del látex coagulado con ácido acético, en el orden descendente de: 20 %, 10 % y 1 %.

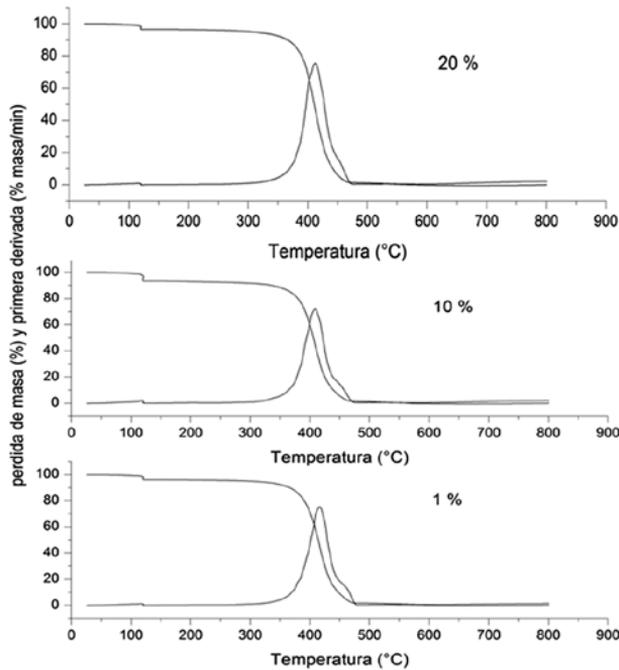


Figura 5. Superposición de termogramas TGA y DTG para las muestras de caucho seco obtenidos del látex coagulado con ácido fórmico, en el orden descendente de: 20 %, 10 % y 1 %

Los termogramas para las diferentes muestras presentados en las Figuras 4 y 5, muestran claramente dos eventos presentes en cada muestra analizada; el primer evento, a 120 °C, señala una pérdida inicial de masa entre 2% y 8% en las distintas muestras, atribuidas a pérdidas de agua, materiales volátiles y monómeros de tipo metilbutadieno (Colonna 2010) en especial agua y elementos no isoprénicos como proteínas, alcoholes y compuestos de bajo punto de ebullición; luego se presenta una degradación térmica inicial y final entre 340 °C y 465 °C, con más del 98 % de pérdida de masa en las distintas muestras, correspondiente al proceso de pirólisis oxidativa que sufre la cadena polimérica del caucho (Malmonge y Rogérico 2006). Hecho que se asemeja en las investigaciones realizadas por (Egboh y Mukherjee, 1991) y (Oliva et al., 2006) pero que muestran una degradación inicial y final entre 385 °C a 475°C para el caucho natural de Malasia, lo que sugiere que el caucho utilizado en este trabajo, es térmicamente un poco menos estable, aunque la estabilidad térmica va a depender del tipo de clon de caucho utilizado. No obstante, existen mezclas de caucho natural con otros elementos como nano compuestos de caucho con arcillas, caucho estireno-butadieno los cuales le otorgan al caucho natural una mayor estabilidad

térmica (Chirinos, 2008) y (Fereshteh et al., 2013). Los termogramas DTG señalan, que la temperatura máxima de degradación térmica para las muestras coaguladas a diferentes concentraciones de ácido fórmico y ácido acético son muy similares entre sí, donde la degradación oscila en un rango de temperaturas entre 407,7 °C a 413,9 °C para ácido fórmico y entre 401,5 °C a 409,7 °C para ácido acético. La diferencia térmica entre las distintas concentraciones de ácido y entre ácidos, no es muy significativa para el propósito de ésta investigación.

Por último se muestra en todos los termogramas, la degradación termo-oxidativa del caucho a temperaturas por encima de 550 °C, donde el porcentaje materia restante o cenizas es la de elementos o compuestos inorgánicos como óxidos de minerales, siendo estos valor obtenidos en un rango entre 0,14 % y 0,95 % m/m, para las muestras coaguladas con de ácido fórmico, y 0,64 % y 0,31 % m/m, para las coaguladas con ácido acético. Concentraciones de minerales e impurezas, que se mantiene en el rango según la norma ISO 247, pero resultan ser más elevadas a las observadas en la Tabla 1, debido a que la temperatura de obtención de cenizas en TGA, está determinada a temperaturas por encima de 550 °C lo que permite en esta atmosfera de oxígeno, la formación de óxidos de minerales, ya que a estas temperaturas están disponibles los minerales, que a 110 °C para los porcentajes de cenizas obtenidos por mufla. Dado todo lo anterior, es posible deducir e inferir, que la degradación y la estabilidad térmica de las muestras coaguladas a distintas concentraciones de ácido es muy similar, ya que el margen de materia perdida con el incremento de la temperatura no es muy distante, además, se presentan los mismo eventos representativos en el análisis del caucho natural en otras investigaciones.

En la Figura 6 y 7 se muestran los resultados obtenidos por DSC para los cauchos obtenidos del látex coagulado con ácido fórmico y ácido acético a las diferentes concentraciones.

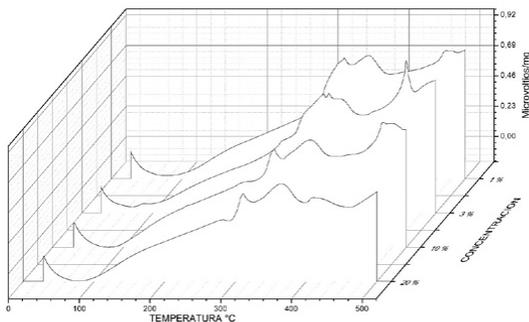


Figura 6. Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) 3D para los cauchos obtenidos

del látex coagulado con ácido acético a concentraciones en orden descendente de 1%, 3 %, 10 % y 20%.

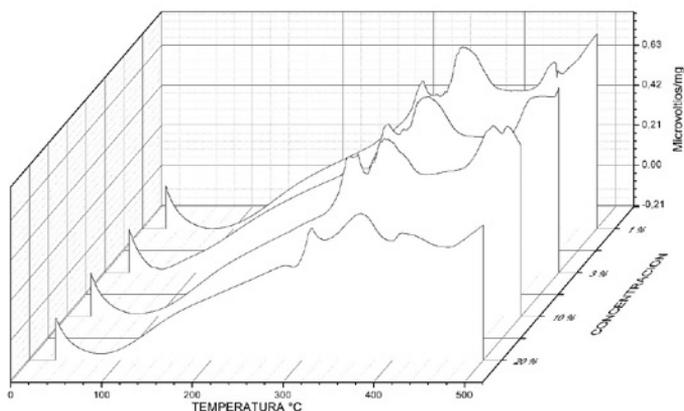


Figura 7. Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) 3D para los cauchos obtenidos del látex coagulado con ácido fórmico a concentraciones en orden descendente de 1%, 3 %, 10 % y 20%.

La característica a la que el caucho natural debe gran parte de sus excelentes propiedades y que a su vez es consecuencia de su regularidad estructural, es su tendencia a una leve cristalización, la cual tiene lugar a temperaturas por encima de 10 °C (Romero y Desireé 2002). El primer pico que se observa en la Figura 6 y 7 ± 65 °C y ± 77 °C aproximadamente, dado en todas las muestras, es de naturaleza endotérmica y corresponde a la fusión de esa pequeña fase cristalina que tiene el caucho natural (Brazier, 1990). A medida que se sigue aumentando la temperatura, y a su vez la sensibilidad a la oxidación, se llega a un punto donde se presentan dos picos consecutivos de carácter exotérmico entre temperaturas de 315 °C y 320 °C para el segundo pico y 355 °C a 360 °C para el tercer pico en todas las muestras, los cuales son el resultado del ataque del oxígeno sobre los grupo metilenos de la cadena polimérica (Mansilla, 2012). Finalmente se presenta con el incremento de la temperatura un semi pico a temperaturas por encima de 465°C en todas las muestras y que se corrobora con los resultados de TGA, mostrando la degradación termo-oxidativa del caucho, específicamente la ruptura y destrucción de enlaces simples y covalentes de la red polimérica del caucho, como es de esperarse a esta temperatura (Brazier, 1990).

Los estudios previos por DSC, permitieron además determinar el área bajo la curva en los distintos picos, mediante el uso de la línea base para cada muestra analizada; ésta área es proporcional al valor de la entalpia de cada evento (fusión y descomposición del caucho natural). Donde el área para el segundo y tercer pico Figura 6 y 7, en todas las muestras oscilo entre 77 $\mu\text{J}^*\text{s}/\text{mg}$ y 82,5 $\mu\text{J}^*\text{s}/\text{mg}$ y para el primer pico

entre 64 $\mu\text{J}^*\text{s}/\text{mg}$ y 78,9 $\mu\text{J}^*\text{s}/\text{mg}$, áreas que aunque son distantes para el primer pico, es dependiente de la cantidad de masa de muestra usada durante el análisis, ya que muestran la cantidad de energía necesaria para que se lleve a cabo el respectivo proceso u evento químico presente durante el calentamiento progresivo del caucho natural (Yang y Roy 1996). No obstante y teniendo en cuenta estas áreas se puede deducir que aunque son distantes, se presentan los mismo eventos térmicos tanto en DSC como en TGA y que tienen lugar a la misma temperatura.

4. CONCLUSIÓN

Los espectros IR y los termogramas TGA y DSC permitieron deducir que no existe una diferencia en la variación y concentración de los ácidos orgánicos usados en el proceso de coagulación del látex de caucho. Los resultados encontrados en los termogramas TGA y DSC, demuestran, que los ácidos orgánicos usados a diferentes concentraciones, presentan eventos térmicos semejantes en todas las muestras, lo cual permite hacer uso de cualquiera de los dos ácidos usados e incluso a cualquier concentración, sin embargo sería recomendable que los agricultores coagularan el látex de caucho con ácido acético ya que éste presenta un menor grado de toxicidad para el medio ambiente. Por otra parte si bien la concentración y el ácido no afecta la estructura química principal del caucho (isopreno) como lo observado en los resultados de IR, se tendría que realizar estudios mecánicos posteriormente para descartar completamente una posible diferencia en la adición de diferentes concentraciones de ácidos como agentes aglomerantes.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de la Amazonia por facilitar los laboratorios para los análisis de las muestras.

Igualmente, a la Universidad Nacional de COLOMBIA, por los análisis térmicos realizados a las muestras de caucho.

Así como también, a la Asociación de Reforestadores y Cultivadores de caucho del Caquetá “ASOHECA”, por la laminación de las muestras coaguladas, la determinación del material volátil y el suministro de ácido fórmico.

6. REFERENCIAS

Brazier, D. W. (1990). Applications of Thermal Analytical Procedures in the Study of Elastomers and Elastomer System. Págs. 408-509 en: D. W. Brazier (ed.). Differential thermal analysis (DTA) and differential scanning calorimetry. Dunlop research, Sheridan park research community. Mississauga, Ontario Canada.

Colonna, P. (2010). La Quimcia verde. Págs. 211-235 en: J. S. Beuve & L. V. Frédéric (eds).

- Chirinos-Collantes, H. D. (2008). Estudio de la obtencion de un nanocompuesto de caucho natural reforzado con arcilla. Tesis pregrado, Universidad Nacional del Callao. Perú: 1-146.
- Egboh, S & Mukherjee, A. (1991). Adhesion Studies of Tyre Cords with Rubber. Synthesis and Characterization of Natural Graft Copolymers. Department of Textile Techonology. New Delhi, India 6: 1-8.
- Fereshteh, M. ; Mercedeh. M & Taghvaei-Ganjali, S. (2013). Investigation of correlation between rheological properties of rubber compounds based on natural rubber/styrene-butadiene rubber with their thermal behaviors. International Journal of Industrial Chemistry 4:1-16.
- Giraldo, D. & Velásquez, S. (2010). analisis de las características fisicoquímicas de caucho natural colombiano obtenido de tres variedades clonales de *Hevea brasiliensis* y evaluación de sus tiempo optimos de vulcanizacion. Grupo de materiales polimericos, Departamento de ingeniería metalúrgica y de materiales, Universidad de Antioquia, COLOMBIA 1:1-8.
- Martinez-Solano, J. F. & Bautista-Betancur, M. I. (2007). Estudio Exploratorio para el Uso de Copolimeros Estireno-Caucho como recubrimientos en Laminas de Metal de Hierro. Trabajo de Grado. Facultad de ingenierías. Universidad Industrial de Santander. Colombia:1-81.
- Martins, M. A ; Dall’Antonia, A. C. & Mattoso, L. C. (2002). caracterizacáo mecánica de compositos de borracha natural/fibra de sisal. Congreso Brasileño de Ingeniería y Ciencia de Materiales:1-7.
- Malmonge, E. & Rogérico, M. (2006). comparacáo entre a borracha natural obtida do latex da *Hancornia speciosa gomes* e *Hevea brasiliensis*. Congreso Brasileño de Polimeros:1-2.
- Martinez-Garnica A. & Garcia-Rubio F (2006). Investigaciones en el cultivo de caucho en la orinoquia y norte amazónico. boletín de investigación 4:1-10.
- Mansilla, M. A. (2012). Influencia de la microestructura Facultad en las propiedades mecánicas y térmicas de mezclas caucho natural y estireno butadieno. Tesis Doctoral. de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina:1-150.
- Narathichat, M. ; Kummerlöwe, C. ; Vennemann, N. & Nakason, C. (2010). Thermoplastic Natural Rubber Based on Polyamide-12: Influence of Blending Technique and Type of Rubber on Temperature Scanning Stress Relaxation and Other Related Properties. Center of Excellence in Natural Rubber Technology, Faculty of Science and Technology. Prince of Songkla University. Thailand:1-10.
- Oliva, L.C.S ; Arruda, E. J. ; Favaro, S.P ; Costa, R.B. ; Goncalves, P.S. & Job, A.E. (2006). Evaluation of thermal behavior of latex membranes from genetically improved rubber tree (*Hevea brasiliensis*). Revista Elsevier 27:1-8.
- Quesada, I. ; Aristizabal, F. & Montoya, D. (2012). Caracterización de dos parámetros del

latex de clones de *Hevea brasiliensis*. Revista Elsevier 15:1-8.

Romero, P. & Desireé, R. (2002). Modificación de las propiedades de polipropileno con caucho natural. pregrado pregrado, Universidad Central de Venezuela:1-106.

Tungngoen, K. ; Viboonjun, U. ; Kongsawadworakul, P. ; Katsuhara, M. ; Julien, J. ; Chrestin, H. & Narangayavana, J. (2011). Hormonal treatment of the bark of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) increases latex yield through latex dilution in relation with the differential expression of two aquaporin genes. Journal of Plant Physiology 168:1-9.

Yang, J. & Roy, C. (1996). A new method for DTA measurement of enthalpy change during the pyrolysis of rubbers. Revista Elsevier 28:1-14.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Ana Milena Camacho-Támara, Henry Reyes-pineda, Alejandro Lozano-Bohórquez. Análisis y Caracterización Físicoquímica del látex de caucho Especie <i>Hevea Brasiliensis</i> . Revista Tumbaga (2014), 9 vol. I, 83-97	Día/mes/año 23/09/2013	Día/mes/año 09/05/2014