

Efecto de la variación de la concentración de ácido fórmico y ácido acético en el proceso de coagulación del látex proveniente del caucho natural *Hevea brasiliensis*

Alejandro Lozano-Bohórquez,¹ German-Sierra,² Jaime Gallego*³

¹Departamento de Química, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá

²QUIREMA, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

³Escuela de Ingeniería de Materiales, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Recibido 20 de marzo de 2013; Aceptado 10 de junio 2013

Resumen

Son diversas las investigaciones realizadas en el caucho natural, desde distintos campos de la ciencia, sin embargo aún faltan ciertos aspectos por estudiar en cuanto a la estructura terminal de la red polimérica, y la influencia de los elementos no isoprenicos en las propiedades del caucho. Este trabajo, se centró en evaluar la variación de la concentración de ácido fórmico y ácido acético a 1 %, 3%, 5%, 10%, 15% y 20% v/v en la coagulación de látex de caucho, usando ejemplares clasificados como clon Pb-254 cultivados en el Centro de Investigaciones Amazónico Macagual (CIMAZ) de la Universidad de la Amazonia Florencia-Caquetá, con el objetivo de comparar el uso de éstos ácidos a las 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. Donde como resultado se obtuvo, que la variación de la concentración de ácidos no influye en un cambio relevante en las propiedades térmicas, según los resultados de TGA Y DSC, ni se altera la estructura química molecular principal del caucho como cadena poli (cis-1,4-isopreno); de tal manera, serán posteriormente 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; siendo este trabajo un estudio preliminar.

Palabras claves: DSC, TGA, FTIR, coagulación y caucho natural.

Abstract

There are various research in natural rubber from different fields of science, however there are still some aspects to be studied in terms of the terminal structure of the polymer network, and the influence of elements non-isoprene in rubber properties. This work focused on evaluating the variation of the concentration of formic acid and acetic acid at 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 15 % and 20 % v/v in the coagulation of the rubber latex, using specimens classified as Pb-254 clone grown in the Amazonian Research Center Macagual CIMAZ (for its Spanish acronym), at the University of Amazonia Florencia-Caquetá, in order to compare the use of these acids at different concentrations, and the impact they have on the thermal properties and chemical (volatile matter and ash) characterized by Differential Scanning Calorimetry, Thermogravimetric Analysis and identification by Infrared Spectroscopy. Where, as a result was obtained that the variation in the acid concentration has no effect on a significant change in the thermal properties, according to the results of TGA and DSC, nor alter the chemical structure of rubber as a principal molecular chain poly (cis-1,4-isoprene) in such a manner, will be subsequently mechanistic studies and other characteristics of the standard, to completely rule out any difference between the use of these acids to the various concentrations, and this work a preliminary study.

Key Words: DSC, TGA, FTIR, coagulation and natural rubber.

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 ó 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 según .

Colombia cuenta con alrededor de 28.000 *ha*, para la producción de este recurso; donde 4.283 *ha* están en explotación actualmente. Siendo el departamento del Caquetá el más importante con cerca del 50% del total que se explota, aproximadamente 5.139 *ton* anuales de caucho seco se producen. Se prevé que para el año 2018 la cantidad de producción de caucho anual será de unas 30.823 *ton* anuales en el país , de tal manera, que para éste año se lograría suplir la demanda nacional actual cercana a 28.000 *ton*, solicitada para los diversos procesos industriales según señalan tal hecho, lleva consigo la necesidad de aumentar aún más el uso de ácido para el proceso de

*Autor para Correspondencia: ja.gallego@udla.edu.co

coagulación del látex.

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 ó casta del árbol según y 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 5.139ton de demanda nacional anuales de látex y con un grado de toxicidad DL50 730 mg/kg, es realmente preocupante, pero aún más para cuando se logre la producción de las aproximadamente 31.000 ton. Por lo cual se plantea el uso de ácido acético, empleado también como agente coagulante como lo mencionan, y, el cual tiene un menor grado de toxicidad (DL50 3310 mg/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. Lo ideal sería, que la variación de la concentración de ácido acético sea igual ó repercuta en la mejora de estas propiedades en el proceso de coagulación, en comparación con ácido fórmico.

Actualmente, el problema radica en que los productores de caucho del departamento de Caquetá proceden de una manera no sistemática, realizando variaciones de las concentraciones y cantidades de agente coagulante teniendo en cuenta exclusivamente el conocimiento empírico, haciendo uso aproximado de una concentración, según la asociación de reforestadores y cultivadores de caucho del Caquetá (ASOHECA), no obstante, esta práctica ha ocasionado grandes variaciones en las propiedades de la materia prima final, que establece la norma ISO 2000. Los análisis realizados en este trabajo abordan la variación de las concentraciones de dos ácidos y su repercusión

en las propiedades térmicas, químicas (análisis de materia volátil y cenizas) en caucho seco como producto final, conjuntamente su identificación por espectroscopia infrarroja, siendo este trabajo un estudio preliminar para posteriormente abarcar las demás características que establece la norma para este tipo de productos.

Metodología

Materia Prima:

La recolección del látex de caucho, se realizó en ejemplares clasificados como clon pb-254 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 (CIMAZ), ubicado a 20 km de Florencia, al sur del departamento del Caquetá, a una altura de 326 msnm, con temperatura media anual de 25,5°C, humedad relativa media del 85%, precipitación media de 3.600 mm/año.

Cantidad y tiempo de recolecta:

Una vez sangrados los arboles mediante un corte de media espiral, el látex se recolectó en vasijas plásticas, una vez transcurrió el tiempo de sangrado, este a su vez se trasvaso a un frasco de vidrio ámbar, para una cantidad de colecta de 1,5 L en total; el cual, 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 segundo día, para los ensayos por duplicado.

Proceso de coagulación

El látex fue previamente filtrado mediante un tamiz de 400 μ m, luego fue transferido a doce beaker, donde se agregó a cada uno de ellos 100 mL de látex, seguidamente se adicionaron 3,5 mL de ácido acético y fórmico a diferentes concentraciones (1, 3, 5, 10, 15 y 20% v/v), a un número igual de muestras, éste proceso se realizó por duplicado. Una vez transcurridas las 24 horas de coagulación, el caucho se lavó con agua, y posteriormente se lamino en un equipo de rodillos abiertos a un espesor de 2 mm, para finalmente ser secado por ocho días al aire libre bajo sombra.

Análisis químico

Materia volátil: Se tomaron de cada muestra laminada pesos aproximados entre 10,000 gramos y 10,490 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, tal proceso se repitió hasta lograr una diferencia de peso inferior a 1mg.

Cenizas: Se tomaron de cada muestra laminada pesos aproximados entre 10,000 gramos y 10,490 gramos, luego fueron cortadas en tiras e incineradas a la llama, para luego ser introducidas en crisoles y, seguidamente ser llevadas a la mufla a 550°C por 3 horas hasta quedar cenizas las muestras.

Caracterización del Caucho

Las láminas de caucho natural se analizaron por espectroscopia de Infrarrojo (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 4000cm^{-1} a 450cm^{-1} . También fueron caracterizadas por análisis Termogravimétrico (TGA), los cuales se realizaron en un equipo TA Instruments HR 2950 V6.1, aplicando una velocidad de calentamiento de $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ desde temperatura ambiente hasta 800°C , en atmosfera aire con un flujo de $60\text{ mL}/\text{min}$. Análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) también se les fue realizado. Para DSC se usó un equipo NETZSCH STA 409C, a una velocidad de calentamiento de $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ en atmosfera de aire.

Resultados y Discusión

Aunque no se efectuaron análisis mecánicos, si se observó, que las muestras coaguladas a concentraciones 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%. El análisis mecánico de las muestras obtenidas es propuesto como continuación de esta investigación.

La estructura química del poli-isopreno, componente mayoritario (entre el 93 a 95%) figura

1, como lo indica Colonna (2010) el caucho seco, el cual es objeto de discusión en los resultados por espectroscopia infrarroja.

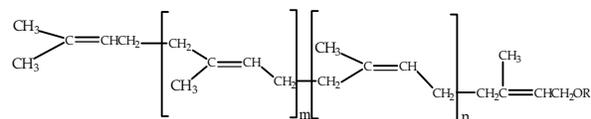


Figura 1. Estructura química del poli (cis-1,4-isopreno) en el caucho natural según Colonna (2010).

Los resultados del porcentaje de material volátil y el porcentaje de cenizas, obtenidos según los análisis realizados a las distintas muestras tabla 1, bajo los criterios establecidos por ASOHECA. 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). Sin embargo, es de aclarar, que la desecación absoluta del caucho no ocurre, tan solo se tiene un equilibrio hídrico, el cual no es muy relevante. Por tanto, y considerando lo anterior se deduce, que la influencia de ácido a las distintas concentraciones no aumenta el porcentaje de material volátil y cenizas, ya que no existe una concentración elevada de minerales en las muestras de caucho seco laminado, como es de esperarse en coagulo de caucho seco como materia prima final por algunos agricultores.

Los espectros IR para las diferentes muestras usando los diferentes ácidos figura 2. Graficando la transmitancia relativa en función del número de onda con el propósito de visualizar con mayor claridad los espectros.

Las bandas de $3,284\text{ cm}^{-1}$ y $3,332\text{ cm}^{-1}$ en los espectros presentados en la figura 2 corresponden al ácido orgánico respectivo, a ácido fórmico y ácido acético, las regiones próximas a $2,850\text{ cm}^{-1}$ y $2,920\text{ cm}^{-1}$ corresponden a los estiramientos simétrico y asimétrico del grupo metilo, en la

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

Concentracion en % v/v	Muestra	% de Material Volátil		% de Cenizas en Base Seca	
		Acido Fórmico	Acido Acetico	Acido Fórmico	Acido Acetico
1	inicial	0,12	0,05	0,23	0,35
	replica	0,29	0,23	0,26	0,31
3	inicial	0,18	0,80	0,21	1,00
	replica	0,19	0,20	0,26	0,24
5	inicial	0,17	0,70	0,22	0,23
	replica	0,15	0,06	0,21	0,23
10	inicial	0,24	0,15	0,28	0,24
	replica	0,57	0,14	0,27	0,25
15	inicial	0,18	0,15	0,26	0,27
	replica	0,3	0,30	0,26	0,22
20	inicial	0,05	0,36	0,27	0,25
	replica	0,13	0,80	0,25	0,22

región de $2,960\text{ cm}^{-1}$ se encuentra el estiramiento simétrico y asimétrico del C-H en el grupo funcional CH_3 . En la región de $1,660\text{ cm}^{-1}$ y $1,544\text{ cm}^{-1}$ se observa vibración de estiramiento asociado al doble enlace C=C, en $1,444\text{ cm}^{-1}$ y $1,376\text{ cm}^{-1}$ vibración de deformación asimétrica y simétrica del C-H en el grupo metilo, en $1,126\text{ cm}^{-1}$ vibraciones del esqueleto C-C, en $1,036\text{ cm}^{-1}$ deformación del enlace C-CH₂ en el plano, en 840 cm^{-1} una banda fuerte asociado a la flexión del C-H fuera del plano en el grupo funcional C=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 .

Es de inferir como se menciona anteriormente, que las mismas bandas características, propias de ésta los ácidos orgánicos usados para la coagulación látex estructura elucidadas por IR, en trabajos e están presentes en el caucho seco, debido a sus investigaciones realizadas por Giraldo & Velásquez bandas características ($3,284\text{ cm}^{-1}$ y $3,332\text{ cm}^{-1}$) como se

muestran en los espectros IR realizados a cada muestra figura 2. Este ácido presente en los espectros, es producto de la estabilización ó 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 según . Pero, no se conoce específicamente que sustancias ó que otras sustancias no isoprénicos son afectadas por el uso de ácido. Sin embargo, teniendo en cuenta los espectros, 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 Figura 1), ya que se muestran

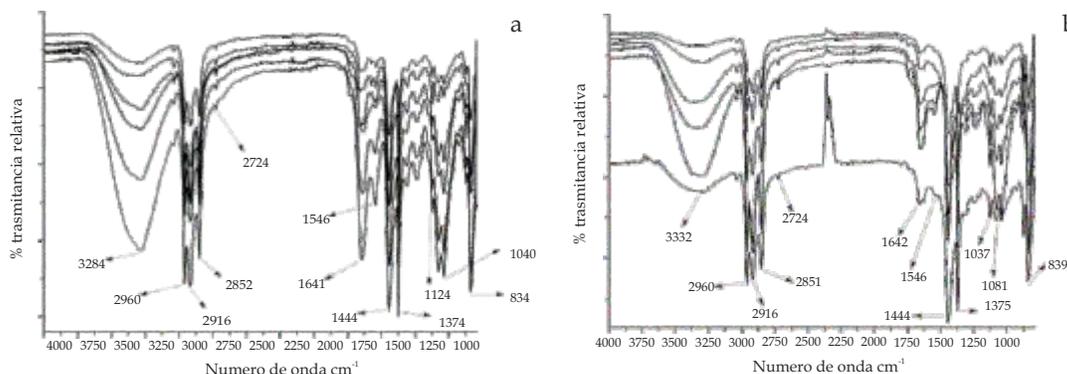


Figura 2. (a) Látex coagulado con ácido acético. Superposición mostrada a continuación, en el orden descendente de las muestras ubicadas a 4.000 cm^{-1} es: 3, 20, 15, 5, 10 y 1% (b) Látex coagulado con ácido fórmico. Superposición mostrada a continuación, en el orden descendente de las muestras ubicadas a 4.000 cm^{-1} es: 3, 5, 20, 10, 15 y 1%.

(1991) y Martínez & Bautista (2007). Además, se podría incluso utilizar concentraciones más bajas de ácido para la coagulación del látex.

Por otra parte, la neutralización de cargas negativas, por los ácidos carboxílicos, si bien, no permiten que se incremente en el porcentaje de cenizas, ya que esta interacción desplazaría las cargas positivas generadas por algunos minerales tales como K, Ca, Fe entre otros, sobre la superficie de la interfaz caucho-agua, sin embargo la concentración de ácido, no tiene influencia en este hecho, ya que el porcentaje de cenizas de algunas concentraciones de ácidos es similar, Tabla 1.

Los resultados de TGA obtenidos para algunas muestras coaguladas con ácido acético y ácido fórmico, figura 3.

Las curvas de TGA para las diferentes muestras figura 3, 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 y monómeros, lo cual ha sido reportado, 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° 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 como lo informa M. Hecho que se asemeja en las investigaciones realizadas por Egboh & 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, así lo indica Colonna (2010) no obstante, existen mezcla de caucho natural con otros elementos como nanocompuestos de caucho con arcillas, caucho estireno-butadieno los cuales le otorgan al caucho natural una mayor estabilidad térmica, así lo demuestran los estudios realizados por y Fereshteh *et al.* (2013). Los termograma 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° a 413,9°C para ácido fórmico, y entre 401,5°C a 409,7°C para ácido acético; no obstante,

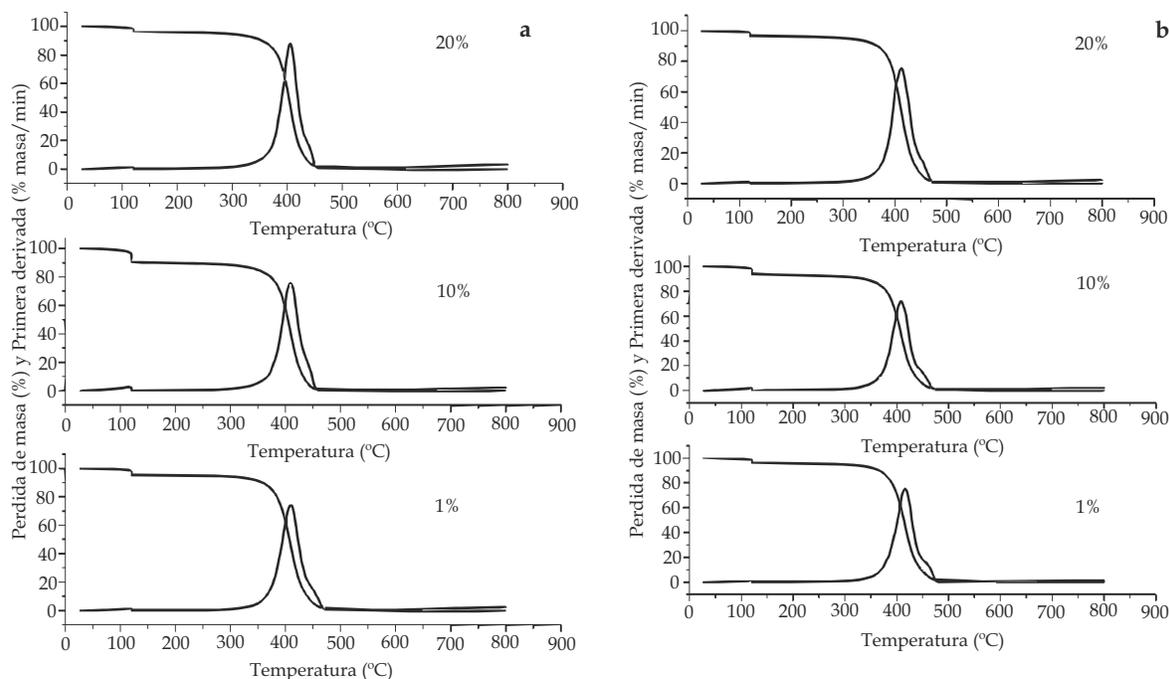


Figura 3. (a) Superposición de termogramas TGA y DTG para las muestras de látex coaguladas con ácido acético, en el orden descendente de: 20, 10 y 1%, los demás termogramas de las concentraciones restantes, no se muestran en la figura, ya que tienen un mismo comportamiento térmico. **(b)** Superposición de termogramas TGA y DTG para las muestras de látex coaguladas con ácido fórmico, en el orden descendente de: 20, 10 y 1%, los demás termogramas de las concentraciones restantes, no se muestran en la figura, ya que tienen un mismo comportamiento térmico

la diferencia térmica entre las distintas concentraciones de ácido y entre ácidos, no es muy significativa para el propósito de éste trabajo.

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 es la de elementos o compuestos inorgánicos como óxidos de minerales, siendo el valor de residuos obtenidos de 0,14% y 0,95% *m/m*, donde contenido más bajo y mas alto son para las concentraciones de 15% y 1% de ácido fórmico y, 0,64% y 0,31% *m/m*, siendo el contenido más alto y bajo para una concentración de 20% y 3% de ácido acético. Concentraciones de minerales e impurezas, que se mantiene en el rango según la norma ISO 247, y que juegan un papel fundamental en las propiedades del caucho como se había mencionado anteriormente. Dado todo lo anterior, es posible deducir y concluir, 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. Los resultados obtenidos por DSC para las muestras coaguladas con ácido fórmico y ácido acético, figura 5.

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 como lo indica . El primer pico que se observa en la Figura 5 (a y b) dado en todas las muestras, es de naturaleza endotérmica, y corresponde a la fusión de esa pequeña fase cristalina según lo menciona Brazier (1990), aunque este evento no es observado en los termogramas TGA; la temperatura de las muestra (caucho natural) sufre un retraso, observado en la señal DSC, mientras se continua el programa de calentamiento, teniendo lugar en éstos termogramas a temperaturas entre $\pm 65^{\circ}\text{C}$ y $\pm 77^{\circ}\text{C}$ realizadas a las muestras coaguladas con los diferentes ácidos y concentraciones; a medida que se sigue aumentando la temperatura, la muestra aumenta su capacidad calorífica y a su vez, la sensibilidad a la oxidación, hasta un punto, donde se presentan dos picos consecutivos de carácter exotérmico entre temperaturas de 315°C y 320°C

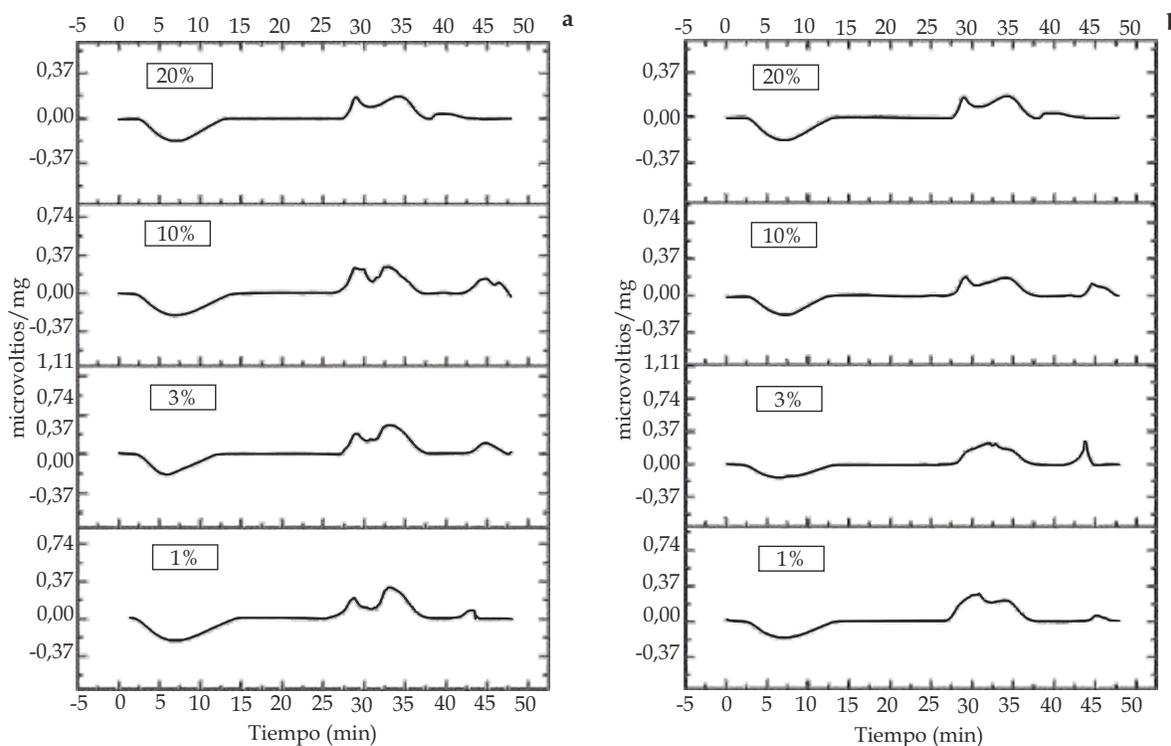


Figura 5. (a) Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para las muestras coaguladas con ácido acético a concentraciones en orden descendente de 20%, 10%, 3% y 1%. **(b)** Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para las muestras coaguladas con ácido fórmico a concentraciones en orden descendente de 20%, 10%, 3% y 1%.

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 grupos metileno de la cadena polimérica, según lo mencionan Mansilla (2012). Y 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 según lo señala 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 oscila entre $77 \mu\text{J}^{\circ}\text{s}/\text{mg}$ y $82,5 \mu\text{J}^{\circ}\text{s}/\text{mg}$ y para el primer pico entre $64 \mu\text{J}^{\circ}\text{s}/\text{mg}$ y $78,9 \mu\text{J}^{\circ}\text{s}/\text{mg}$. 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. Hecho que es también reflejado en el trabajo de Yang & Roy (1996). No obstante y teniendo en cuenta estas áreas se puede deducir que aunque son distantes, se presentan los mismos eventos térmicos tanto en DSC como en TGA y que tienen lugar a la misma temperatura y tiempo.

Por otra parte, y a manera de conclusión, los resultados encontrados en los espectros IR y en los termogramas TGA y DSC, demuestran, no solo que las técnicas térmicas son precisas permitiendo caracterizar y diferenciar cualquier proceso o evento químico y térmico, sino que además, para efectos de este estudio, permitió definir, que no existe una diferencia en la variación de la concentración de ácido fórmico y acético en el proceso de coagulación del látex teniendo en cuenta los resultados térmicos; de tal manera, se tiene que hacer un estudio más profundo con implicaciones de análisis mecánicos, a las muestras, para descartar completamente una posible diferencia, ya que la variación de la

concentración de estos ácidos, no modifican tanto la estructura química principal del caucho como la cadena poli cis-1,4-isopreno así lo demuestran los resultados IR, ni varía la degradación termo-oxidativa entre las muestras, debido a que se presentan los mismos eventos térmicos en todas las muestras. Además, no se pudo establecer que la concentración es la óptima para el proceso de coagulación, ya que todas las muestras coagularon al cabo de 24 horas y presentaron los mismos eventos en los respectivos análisis; serán los posteriores estudios, los que nos permitan obtener información al respecto. Por ahora, solo queda incentivar a los agricultores y cultivadores de caucho, el uso de ácido acético como agente coagulante ya que posee un menor grado de toxicidad, y tiene las mismas características térmicas del ácido fórmico.

Por otra parte, y a modo de interrogación, los estudios realizados hasta ahora en las distintas investigaciones permiten comprender mejor, en ciertos ámbitos, la evolución estructural del caucho natural según. Sin embargo, quedan planteadas muchas cuestiones científicas por resolver tales como ¿Cuál es la estructura química de los extremos de las cadenas de poli (cis-1,4-isopreno)?, ¿Cuáles son las interacciones entre el poli (cis-1,4-isopreno) y los elementos no isoprénicos e incluso, los ácidos usados para su coagulación? ¿Cuál es la incidencia de los elementos no isoprénicos durante el almacenamiento con respecto a sus propiedades físico-químicas? Estas y otras preguntas son de carácter importante que podría tener una repercusión en la mejora de las propiedades del caucho, se propone seguir estudiando este tipo de aspectos, siendo éste trabajo un estudio preliminar.

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 sede en Medellín, 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.

Literatura Citada

- 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 Quimica verde. Pags. 211-235 en: J. S. Beuve & L. V. Frédéric (eds). Editorial Acibia, S.A. Zaragoza ESPAÑA.
- 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: 6.
- 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
- 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 4:16
- Giraldo, D. & Velásquez, S. (2010). analisis de las características fisicoquímicas de caucho natural colombiano obtenido de tres variedades clonales de Hevea brasiliensis y evaluacion de sus tiempo obtimos de vulcanizacion. Grupo de materiales polimericos, Departamento de ingeniería metalurgica y de materiales, Universidad de Antioquia, COLOMBIA: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 ingenierias. Universidad Industrial de Santander. Colombia:81.
- Martins, M. A ; Dall'Antonia, A. C. & Mattoso, L. C. (2002). caracterizacao mecanica de compositos de borracha natural/fibra de sisal. Congreso Brasileño de Ingeniería y Ciencia de Materiales: 7.
- Malmonge, E. & Rogérico, M. (2006). comparacao entre a borracha natural obtida do latex da Hancornia speciosa gomes e Hevea brasiliensis. Congreso Brasileño de Polimeros : 2.
- Martinez-Garnica A. & Garcia-Rubio F (2006). Investigaciones en el cultivo de caucho en la orinoquia y norte amazonico. boletin de investigacion 4: 10.
- Mansilla, M. A. (2012). Influencia de la microestructura Facultad en las propiedades mecanicas y térmicas de mezclas caucho natural y estireno butadieno. Tesis Doctoral. de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina: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 Propertiees. Center of Excellence in Natural Rubber Technology, Faculty of Science and Technology. Prince of Songkla University. Thailand: 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 tre (Hevea brasiliensis). Revista Elsevier 27:8
- Quesada, I. ; Aristizabal, F. & Montoya, D. (2012). Caracterizacion de dos parametros del latex de clones de Hevea brasiliensis. Revista Elsevier 15: 8.
- Romero, P. & Desireé, R. (2002). Modificacion de las propiedades de polipropileno con caucho natural. pregrado pregrado, Universidad Central de Venezuela: 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: 9
- Yang, J. & Roy, C. (1996). A new method for DTA measurement of enthalpy change during the pyrolysis of rubbers. Revista Elsevier 28:14.