

DETERMINACIÓN *IN SITU* DEL TIEMPO DE COAGULACIÓN DE LÁTEX DE *HEVEA BRASILIENSIS* OCASIONADO POR DIVERSOS ÁCIDOS

Pío Sifuentes Gallardo^{1*}, Angélica Silvestre López Rodríguez¹, Marco Antonio Hernández Alpuche¹, Luis Francisco Ramos de Valle², Nemesio Martínez Castro³, Sergio Gabriel Flores Gallardo⁴

^{1*}División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán –Jalpa de Méndez Km. 1 Col. La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, 86690, México. pio.sifuentes@daia.ujat.mx

²Centro de Investigación en Química Aplicada. Enrique Reyna No.140, Saltillo, Coahuila, 25100, México.

³Queen's University. ⁴Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Miguel de Cervantes 120 Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chihuahua, 31109, México.

Resumen

Del árbol *hevea brasiliensis* se obtiene un líquido blanco denominado látex que coagula de forma natural o adicionando algunos ácidos para obtener el hule natural que es transportado desde las plantaciones de árboles hacia la industria. Se realizó un estudio del tiempo de coagulación del látex puro y con extracto de coagulado (suero) directamente en las plantaciones, así como utilizando soluciones al 2% v/v de ácido sulfúrico, clorhídrico y fórmico. Se utilizó un motor eléctrico de 1.5 V de corriente directa, al cual se instaló un amperímetro con interfase a una computadora portátil, para determinar el tiempo de coagulación como función de la corriente consumida por el motor.

También fue analizado el efecto de cada uno de los coagulantes sobre la biodegradación del hule natural por microscopía óptica y la cantidad de agua retenida por el coágulo.

El menor tiempo de coagulado fue para el ácido fórmico con 160 segundos, y el mayor para el suero con 396 segundos, ambos incrementaron el consumo de corriente del motor hasta 300 mA. El tiempo de coagulado por suero fue aceptable, este presentó la mayor biodegradación por lo que no se recomienda su uso. El hule coagulado por ácido clorhídrico presentó la menor cantidad de agua retenida (37 mL).

Introducción

El hule natural también denominado caucho, se obtiene de un líquido viscoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. Durante esta investigación se estudió solamente el hule natural obtenido de los árboles *hevea brasiliensis*, de la familia de las Euforbiáceas, que están sembrados en plantaciones en el sureste de México.

Los grados comerciales de hule natural contienen 93-95% en peso de hule natural, el cual es denominado químicamente cis-1,4-poliisopropeno. La porción restante está constituida por humedad (0.30-1.0% de masa), extracto soluble en cetona (1.5-4.5% de masa), proteína (2.0-3.0% de masa) y cenizas (0.2-0.5% de masa). En la Figura 1 es mostrada la fórmula química del hule natural.

El látex se cosecha del árbol por un proceso llamado comúnmente sangrado, que es un corte efectuado en la corteza del árbol a una profundidad aproximada de 1mm. El corte se hace de izquierda a derecha en un ángulo de 45° con respecto a la horizontal y abarca la mitad del diámetro del árbol. Para este proceso es utilizado un cortador de diseño

especial, que permite realizar el corte en forma de canal por el que fluye el látex y que es recolectado en un recipiente.

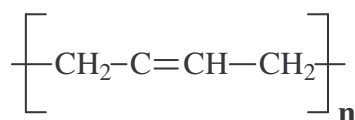


Figura 1. Fórmula química del hule natural (cis-1,4-poliisopropeno).

El uso mas común del hule natural son las llantas utilizadas en los vehículos, pero también se pueden fabricar cementos adhesivos, cintas aislantes, cintas adhesivas y como aislante para mantas y zapatos y muchos productos más utilizados en la industria farmacéutica. Durante años el hule natural ha competido con el proceso alternativo de obtención sintética a partir del petróleo, pero los altos costos de este no lo hacen competitivo aun en la actualidad, sin contar los enormes beneficios de los procesos naturales al medio ambiente.

Sección experimental

Para medir el aumento en la corriente como consecuencia del incremento en la viscosidad del látex líquido hasta la coagulación, se utilizó un motor de 1.5 Volts de corriente directa conectado a un amperímetro digital Radio Shack que utiliza una tarjeta electrónica RS-232 para transmitir la información a una computadora portátil, el equipo es mostrado en la Figura 2. Se prepararon 6 muestras utilizando un volumen de 1.5 mL de látex puro. Se utilizó una muestra de látex puro y otra agregando 0.1 mL de suero. A las 4 muestras restantes se les adicionaron 0.1 mL de solución de ácido clorhídrico, sulfúrico, fórmico, respectivamente. Las soluciones fueron preparadas al 2 % v/v ácido/agua. Cada muestra fue colocada en el contenedor dentro del cual gira el rotor del motor eléctrico.

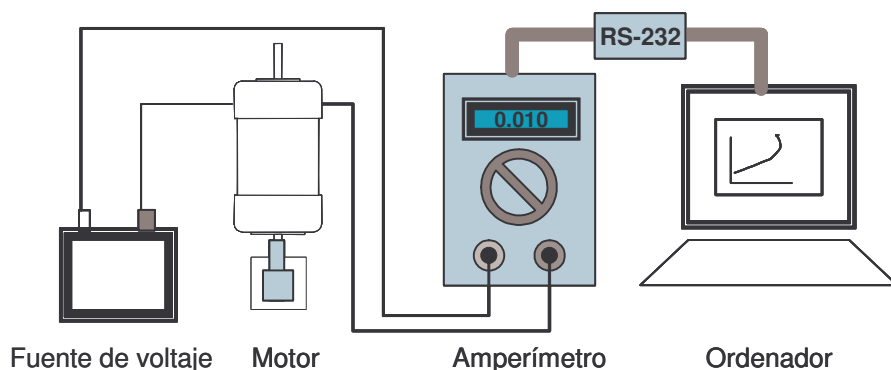


Figura 2. Esquema del equipo utilizado para realizar las mediciones de la corriente consumida para coagular el látex.

Las muestras de látex fueron coaguladas en portaobjetos y analizadas por microscopía óptica utilizando un microscopio triocular marca Zeigen modelo ZB-3000 con interfase a una computadora personal, aplicando luz transmitida y usando una regleta con graduación de 0.01 mm.

Para la determinación de líquido retenido por el hule natural se utilizaron 5 frascos de 1 L de capacidad, cada uno con 500 mL de látex. Uno de los frascos solamente contiene látex, mientras que a otro se agregaron 33.5 mL de suero. A los tres restantes se agregaron 33.5 mL de solución de ácido sulfúrico, clorhídrico y fórmico, respectivamente.

Posteriormente se agitaron durante 5 minutos y se almacenaron durante 6 horas en oscuridad y a 30 °C. Después de ese tiempo se les extrajo el hule coagulado y se colocó cada muestra en un embudo de vidrio. El agua de cada muestra fue recolectada durante 1 hora en una probeta graduada de 100 mL.

Resultados y discusión

Primero se obtuvo la curva correspondiente al consumo de corriente eléctrica por el motor sin introducirlo a la muestra de látex, como es mostrada en la Figura 3. En esta gráfica se puede observar que el consumo de corriente por el motor fue aproximadamente constante en un transcurso de tiempo superior a 100 s. Durante este periodo de tiempo el consumo de corriente del motor en promedio fue de 85 mA con variaciones de 2 mA, que es considerado como incertidumbre o ruido del instrumento. Debido a que es un valor muy pequeño de corriente, el instrumento se consideró apto para continuar con las mediciones de las muestras de látex. Posteriormente se obtuvieron las curvas del incremento de la corriente consumida por el motor como función del tiempo transcurrido hasta coagular el látex para cada una de las muestras, como es presentado en la Figura 4.

La muestra correspondiente al látex con ácido fórmico fue la que coaguló mas rápido, requiriendo solamente 162 s, incrementando el consumo de corriente desde 85 mA, que corresponde a la corriente consumida por el motor, hasta 300 mA que es el valor necesario para la coagulación de ese volumen de muestra de látex. La muestra de látex con ácido sulfúrico requirió un tiempo mayor para coagular que la anterior, consumiendo 210 s para incrementar el consumo de corriente hasta 300 mA. En tercer lugar coaguló la muestra de látex con ácido clorhídrico en un tiempo de 300 s y posteriormente coaguló la muestra de látex a la cuál se le adicionó suero, en un tiempo de 400 s. Todas las muestras anteriores necesitaron tiempos menores o iguales a 400 s para coagular (menos de 7 min), que son tiempos relativamente pequeños. Sin embargo la última muestra de látex a la cual no se agregó ningún ácido, requirió 5 horas para coagular.

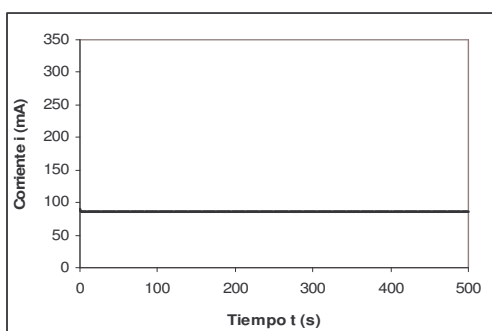


Figura 3. Corriente consumida por el motor

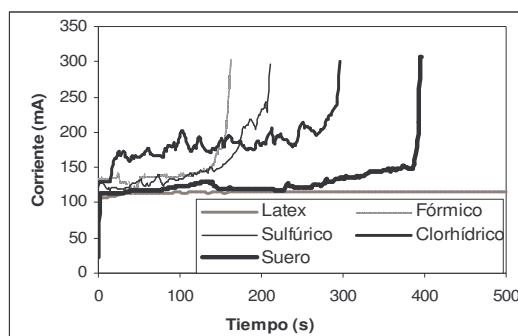


Figura 4. Corriente consumida por las muestras de látex con diversos coagulantes

En relación a los análisis por microscopía óptica, las muestras coaguladas de forma natural o con suero presentaron mayor degradación a causa de microorganismos, esta degradación fue observada en el microscopio óptico. Los ácidos clorhídrico, sulfúrico y fórmico utilizados como coagulantes para látex, presentaron un efecto bactericida, evitando la degradación del coágulo obtenido debido a un medio muy ácido (pH= 4.73) en el cual es difícil la vida de los microorganismos. Los microorganismos al igual que otras impurezas orgánicas constituyen un problema durante el procesado industrial del hule disminuyendo la calidad. La muestra que mayor degradación presentó debido a microorganismos fue el coagulado por suero, razón por la cual no se recomienda su uso. Es importante mencionar que la muestra coagulada con suero también exhibió notablemente un color gris del coágulo obtenido, afectando también su calidad. En la Figura 5 se observa una micrografía del hule natural que fue coagulado utilizando ácido fórmico, en la cual se puede observar un color blanco y sin partículas causadas por la degradación de organismos, mientras que en la Figura 6 la micrografía muestra que fue ocasionado un cambio desde el color blanco del látex hasta gris en el coagulado y con partículas causadas por la degradación de microorganismos.

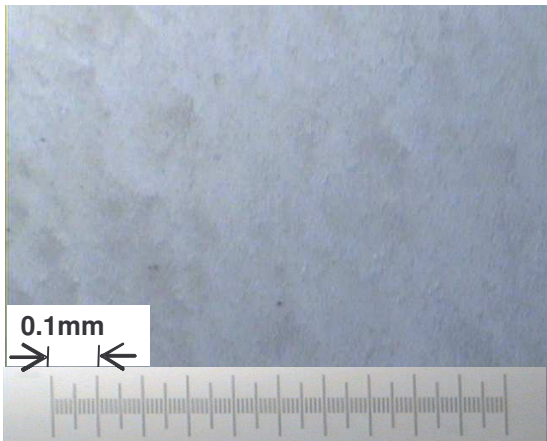


Figura 5. Micrografía de látex coagulado con ácido fórmico

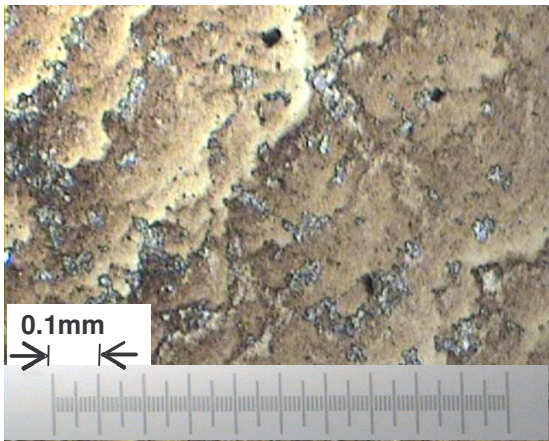


Figura 6. Micrografía de látex coagulado con suero

Todas las muestras coagularon en el recipiente de 1 litro presentando dos fases: una coagulada en la parte superior, correspondiente al hule, y la otra líquida, también denominada suero, ubicada en la parte inferior del recipiente. Cada coágulo de hule separado de cada recipiente, tiene en su interior celdas o huecos que contienen suero. Si la celda es grande colapsa formando túneles por los que fluye el suero hasta el recipiente colector, esta cantidad de suero es mostrada en la Tabla I. Es muy importante determinar el efecto del coagulante sobre la cantidad de suero retenido por el hule, debido a que esta masa afectará su precio en las transacciones comerciales.

Tabla I. Cantidad de suero recolectado del hule, utilizando diferentes coagulantes.

Tipo de coagulante	Volumen recolectado (mL)
Sin coagulante	35
Suero	23
Ácido fórmico	35
Ácido clorhídrico	44
Ácido sulfúrico	38.5

El volumen de líquido recolectado de la muestra coagulada sin adicionar suero o ácidos fue de 35 mL y además tuvo partículas de hule en su superficie que representan una pérdida. Este volumen es igual al del suero que fue recolectado de la muestra coagulada con ácido fórmico, pero este último coagula en unos segundos mientras que el primero tarda horas. También el ácido fórmico tiene menor cantidad de degradación por microorganismos y mejor color.

De la muestra coagulada con suero solo se recolectaron 23 mL, esto sugiere que las celdas formadas en el interior del coagulo fueron más pequeñas y que no se unieron para formar los canales para que fluyera el suero hacia el exterior y por consecuencia permaneció atrapado en los poros, que hacen que el proceso posterior de secado presente mayor dificultad, además de que fue la muestra que exhibió mayor degradación por microorganismos y un color gris.

De la muestra coagulada con ácido sulfúrico se obtuvo un volumen de suero de 38.5 mL, mientras que el mayor volumen de suero se obtuvo de la muestra coagulada con ácido clorhídrico, sugiriendo que el suero fluyó hacia el exterior como consecuencia de túneles mas largos formados en el interior del coagulo. Es importante mencionar que los coágulos de estas muestras retienen poca cantidad de agua, tienen color blanco y no presentaron degradación por microorganismos, además de coagular rápidamente.

Conclusiones

Se evaluó el tiempo de coagulado de látex *in situ*, sin agregar ninguna sustancia, agregando diferentes ácidos y suero, presentando el menor tiempo de coagulación el ácido fórmico. Los análisis de microscopía óptica sugieren que no se debe coagular con suero o coagular sin agregar ácidos debido a que el hule muestra degradación por microorganismos. El mejor coagulante fue el ácido clorhídrico debido a que coaguló rápidamente, no presentó degradación por microorganismos, su color fue blanco y su coagulo retiene poca cantidad de agua.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET) y a los Productores de Hule del Estado de Tabasco.

Referencias

- 1 H. B. Bode; K. Kerkhoff, D. Jendrosseck *Biomacromolecules* 2001, 2, 295.
- 2 H. Kang; M. Y. Kang; K. H. Han *Plant physiology* 2000, 123, 1133.
- 3 M. M. Rippel; C. A. Paula Leite; F. Galembeck *Analytical chemistry* 2002, 11, 2541.
- 4 A. Ciesielski, *An introduction to rubber technology*, RAPRA Technology Limited, United Kingdom, 1999.
- 5 Y. Tanaka, U. S. Patent 6 025 451, 2000.
- 6 L. C. Chestnutt, A. Ch. Quentin James, U. S. Patent 6 492 447 B2