

Propiedades tensoactivas, contenido de metales tóxicos y de taninos del exudado gomoso de *Sterculia apetala*

Fernando Rincón^{*a}, Lilian Sanabria^b, Cecilia Párraga-Alava^b, Roy L. Barre-Zambrano^c, Edison F. Macías-Andrade^d, Ricardo R. Montesdeoca-Párraga^d

^aCentro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales “Dra. Gladys León de Pinto”. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad del Zulia; Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Apartado Postal 526. *frinconciqpn@gmail.com.

^bDepartamento de Procesos Agroindustriales, Facultad de Ciencias Zootécnicas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador; ^cUniversidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM-Ecuador; ^dEscuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ESPAM-MLF, Ecuador.

Resumen

Se determinó la influencia de la concentración de la goma de *Sterculia apetala* (0,05 – 1,2 % m/v) sobre la tensión superficial (γ) e interfacial (δ) usando el método del anillo de Du Noüy a 25 °C. Los metales presentes en la ceniza de la goma investigada se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica con llama. Se aplicó el método colorimétrico cualitativo de Porter y el cuantitativo de la vainillina, para la determinación de taninos. La goma de *S. apetala* a diferentes concentraciones presenta actividad superficial e interfacial, lo que evidencia la capacidad de adsorberse en las interfaces (agua-aire) y (agua-aceite). Los metales tóxicos aluminio, plomo, cromo y níquel se encuentran como trazas. Cadmio cobalto y vanadio no fueron detectados. Se demostró la ausencia de taninos condensados. Las propiedades tensoactivas exhibidas por las dispersiones acuosas del exudado gomoso de *Sterculia apetala* sugiere su uso potencial como emulsionante en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos, y cosméticos. Por otra parte, los resultados obtenidos evidencian la inocuidad de la goma en estudio, característica relevante de interés industrial para su aplicación como aditivo.

Palabras clave: *Sterculia apetala*; exudado gomoso; propiedades tensoactivas; metales tóxicos; taninos.

Functional properties, content toxic metals and tannins of the *Sterculia apetala* gum exudate

Abstract

The influence of the concentration of the *Sterculia apetala* gum (0.05 - 1.2% m/v) on the surface tension (γ) and interfacial tension (δ) was determined, using Du Noüy method to 25°C. The content metals present in the ash of the gum investigated were determined by atomic absorption flame spectrophotometry. The Porter qualitative colorimetric method and quantitative method of vanillin were applied to determine tannins. The gum of *S. apetala* in different concentrations presents surface activity and interfacial, which demonstrates the ability of absorbers in interfaces (water-air) and (water-oil). Traces of the toxic metals, aluminum, lead, chromium, and nickel were observed. Cadmium, cobalt and vanadium were not detected. The functional properties exhibited *Sterculia apetala* gum exudate aqueous dispersions suggests its potential use as an emulsifier in elaboration of foodstuffs, pharmaceuticals, and cosmetics products. On the other hand, the results obtained demonstrated the innocuous of the studied gum, a characteristic relevant to industrial interest for application as an additive.

Key words: *Sterculia apetala*; gum exudate; functional properties; toxic metal; tannins.

Introducción

Los exudados gomosos, son excretados por árboles que crecen en áreas tropicales y/o subtropicales como respuesta a un corte a nivel del tallo, remoción de ramas o por la presencia de insectos, bacterias u hongos (Joseleau y Ullmann 1990). Desde el punto de vista químico se han definido tradicionalmente como heteropolisacáridos ácidos de gran complejidad estructural y de alto peso molecular, constituidos por hexosas (galactosa, manosa, glucosa), pentosas (arabinosa, xilosa), metilpentosas (ramnosa) y ácidos urónicos (ácidos glucurónico, 4-O-metil glucurónico y galacturónico) (León de Pinto et al. 2000).

Actualmente, se consideran una mezcla de arabinogalactanos (AG) y arabinogalactanos-proteína (AGP). Se ha evidenciado una fracción proteica enlazada al glúcido (Picton et al. 2000). Por otra parte, los nuevos hallazgos agregan otro componente a esta definición: la presencia de un grupo denominado glicosilinositol-fostatido (GPI) (Yadav et al. 2007).

Estos productos naturales son consideradas agentes tensoactivos, debido a que tienen características bipolares consta de dos partes, grupos hidrófilos que poseen afinidad por el agua (puentes de hidrógenos o polaridad con las moléculas de agua) y grupos hidrófobos representados por grupos metilos, acetilos, sulfa-

to, cadenas alifáticas de aminoácidos, la presencia de estos grupos funcionales (ancla), promueven su adsorción en las interfaces agua – aceite, favoreciendo la formación y/o estabilidad de la emulsión (Dickinson 2012, 2011, 2009).

El exudado gomoso producida por *Acacia Senegal* (goma arábiga) es ampliamente usada por sus excelentes propiedades tensoactivas (Dickinson 2011, 2009), en las industrias farmacéuticas, cosmética y alimentaria; seguido en orden de importancia por el exudado producida por la especie *Sterculia urens* (goma karaya) (Kuruwanshi et al. 2017).

Se han publicado diversos estudios sobre la potencialidad y bondades del uso de la goma de *S. urens* en la preparación de productos alimenticios tales como quesos fundidos, flanes, gelatinas, salsas-aderezos y en helados. Así mismo, en la formulación de productos farmacéuticos y cosméticos (Kuruwanshi et al. 2017; Lujan-Medina et al. 2013). Adicionalmente, se ha demostrado su excelente actividad como agente potabilizador de agua, ya que remueve eficientemente metales pesados como el cromo y el vanadio, y agentes pululantes volátiles orgánicos (Pardil-Vinod et al. 2017).

Sterculia apetala “camoruco” perteneciente a la familia de *Sterculiaceae*, especie ampliamente diseminada en Venezuela, exuda una goma clara, constituida principalmente por un heteropolisacárido ácido, formado por galactosa (42%), ramnosa (15%), arabinosa (10%), trazas de xilosa y ácidos urónicos (33%); y un contenido relativamente bajo de proteína (6,32%). El núcleo del polisacárido corresponde a un galacturonoramnán (Larrazábal et al. 2006). Las dispersiones acuosas de la goma de *S. apetala* presentan un comportamiento no-newtoniano del tipo pseudoplástico con excelentes propiedades viscoelásticas a una baja concentración (2 % m/v) (Pérez-Mosqueda et al. 2013), lo que sugiere su uso como un potencial agente estabilizante. Los rasgos estructurales y las propiedades funcionales exhibidas por la goma de *S. apetala* son análogos a los reportados para el exudado gomoso de *S. urens* (Brito et al. 2004).

Por otra parte, las gomas, deben someterse análisis toxicológicos minuciosos tales como: composición catiónica de la ceniza y contenido de taninos, parámetros exigidos para validar y/o aprobar el uso de estos productos naturales como aditivos en múltiples industrias. Los organismos e instituciones que regulan el uso de las gomas y/o hidrocoloides como aditivos en diversas industrias son: Foods and Drugs Administration (FDA), Economic European Community (EEC), General Regarded As Safe (GRAS), Joint Expert Committee On Food Additives (JECFA), Food and Agricultural Organization (FAO) y World Health Organization (WHO).

Se ha evidenciado la presencia de plomo, aluminio, níquel y cadmio en la composición catiónica de la ceniza de algunas gomas (Anderson y Morrison 1990a; Anderson y Morrison 1990b; Abed El Kader et al. 2003). Estos metales son considerados tóxicos para el humano, incluso a niveles extremadamente bajos. El plomo (Pb), es un metal tóxico, que se acumula principalmente en los huesos, hígado y

riñón, causando daños severos en varios sistemas (neurológico, renal, hígado, cardiovascular). El aluminio (Al), es un metal capaz de interferir en procesos celulares y metabólicos del sistema nervioso.

Los taninos, un amplio grupo de compuestos polifenólicos de diversa naturaleza química, se sintetizan como metabolitos secundarios de algunos vegetales, se encuentran disueltos en la savia celular y se producen en diversas partes de la planta, como la corteza, frutos, hojas, raíces y semillas. El consumo de vegetales y/o alimentos que contengan taninos afecta la calidad del alimento y puede influir sobre la salud de los consumidores; precipitan las proteínas solubles, aminoácidos, vitaminas, minerales (disminución del aporte nutricional de los alimentos), efecto astringente, precipita enzimas digestivas (tripsina o amilasa), disminución de la aceptación de los alimentos debido al color oscuro que aporta (Martínez et al. 2000; Makkar y Becker 1993). La presencia de taninos en gomas es una limitante para su uso como aditivos en las industrias alimentarias y farmacéuticas, sólo se permiten valores menores al 0,6 % por reglamentación internacional de la FDA (Anderson y Morrison 1990a).

El objeto del presente trabajo es evaluar las propiedades tensoactivas (actividad superficial e interfacial) de las dispersiones acuosas del exudado gomoso de *Sterculia apetala*, para su uso potencial como agente emulsionante y/o estabilizante en la formulación de productos alimenticios y/o farmacéuticos. Por otra parte, analizar el contenido de metales tóxicos y taninos presentes en la goma investigada para demostrar la ausencia de toxicidad, criterio de gran importancia para su uso como aditivo en diversas industrias.

Materiales y métodos

Origen y purificación de la goma de *Sterculia apetala*

La identificación botánica de los árboles de *Sterculia apetala* (Jacq.) Karst conocida vulgarmente en Venezuela como “camoruco”, fue realizada por la Dra. Carmen Clamens, Botánica Taxonomista de la Universidad del Zulia, Venezuela. El área de estudio corresponde a una zona de vida de Bosque Muy Seco Tropical con las siguientes coordenadas Municipio Maracaibo: N 10° 40' 35,5" y O 71° 38' 13,0".

La producción de goma por esta especie, se estimuló, mediante las prácticas de heridas a nivel del tronco en época no lluviosa (Enero-Marzo, 2015). La goma se colectó cada 15 días, después de su producción, posteriormente, se calentó (30 °C, 8 h) en una estufa Fisher modelo 348, con el objeto de facilitar su molienda. Se usó un molino de cuchillo tipo Sm1, motor monofásico, con tamiz 0,21 mm y 0,5 mm. La goma, previamente pulverizada, se disolvió en agua destilada (3 % m/v), a 25 °C. La solución resultante se filtró a través de papel Whatman N° 1 y 42, dializó contra agua de chorro circulante durante 48 h, con el objeto de remover las impurezas de bajo peso molecular, y se liofilizó (-40°C, 133 x 10⁻³m Bar) para obtener las gomas purificadas se utilizó un liofilizador LABCONCO Freezone 6.

Propiedades tensoactivas

La influencia de la concentración de la goma de *S. apetala* (0,05 – 1,2 % m/v) sobre la tensión superficial (γ) e interfacial (δ) se midió utilizando un tensiómetro CSC Scientific Company. Se usó el método del anillo Du Noüy. Las lecturas fueron realizadas después de alcanzar el tiempo de equilibrio 30 min a 25°C. Los resultados son el promedio de 3 mediciones. Se usó el miristato de isopropilo como medio hidrófobo en la medición de la tensión interfacial (Chávez-Narváez *et al.* 2009).

Composición catiónica:

Se determinó el contenido de plomo, níquel, cromo, cobalto, vanadio, aluminio y cadmio en la ceniza proveniente de la goma estudiada; por espectrofotometría de absorción atómica con llama. Se utilizó un espectrofotómetro (Perkin- Elmer 3110), con electrodos específicos para cada metal y llama de aire-acetileno. La metodología utilizada se ajustó de acuerdo a los métodos oficiales descritos en las normas COVENIN (Consejo Venezolano de Normas Industriales) y la AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Se tomó en consideración las recomendaciones específicas para la determinación de cada uno de los metales. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Contenido de taninos condensados

Los taninos condensados se determinaron cualitativamente a través del método de Porter, 1989 y cuantitativamente aplicando el método colorimétrico modificado de la vainillina (Stanley 1992).

Método de Porter: 200 mg de goma investigada se agregaron en un tubo de ensayo que contenía 6 mL del reactivo de Porter (butanol/HCL concentración 95,5 % y 0,2 mL de sulfato férrico amoniacal 2%), se agitó, calentó por 40 min hasta ebullición, la coloración roja es indicativo de la presencia de taninos condensados.

Método colorimétrico modificado de la vainillina: Se realizó una extracción previa de la goma pura con una mezcla de metanol: agua (7:3 V/V). Se mezcló el extracto orgánico (1mL) con el reactivo de vainillina (5mL) y se midió la absorbancia a 550 nm en un espectrofotómetro U.V visible. Se usó como blanco agua destilada en presencia del reactivo de vainillina. Se aplicó un rango estándar (0,0025 a 0,042 uL de catequina) para realizar la curva de calibración.

Resultados y discusión

La Figura 1, muestra que un incremento en la concentración del exudado de *Sterculia apetala* de 0,05 a 0,5% m/v, produce una disminución marcada de la tensión superficial comparada con el valor de referencia del agua (72,10 dinas/cm) a 25 °C. El valor de tensión superficial (55, 75 dinas/cm) a una concentración de 0,5% m/v es análogo al valor reportado previamente para la goma de esta especie (56,

00 mN/m) (Pérez-Mosqueda et al. 2013); así mismo a los valores publicados para los exudados de *Acacia mearnsii* de Wild (56,70 mN/m) (Grein et al. 2013) y pectinas (55,00 mN/m) (Lutz et al. 2009).

La goma de *S. apetala* a diferentes concentraciones presenta actividad interfacial, es decir, tiene la capacidad de adsorberse en la interface de la emulsión agua-aceite, disminuyendo el valor de tensión (12, 80 dinas/cm, 0.5 % m/v), Figura 2. Este valor es mayor que el reportado para la goma de *A. senegal* (9,9 dinas/cm 0,5 % m/m); pero comparable a los observados para pectinas (12,40 dinas/cm, 0,5 % m/m), goma xantán (12.0 dinas/cm, 0,5 % m/m), metilcelulosa (12, 1dinas/cm, 0,5 % m/m) y alginatos (12, 5 dinas/cm, 0,5 % m/m) (Huang et al. 2001). La actividad interfacial de los hidrocoloides está íntimamente relacionada con el contenido de proteínas (complejos AGPs) y/o grupos metilos presentes en estos polímeros naturales (Dickinson 2011, 2009; Al-Assaf et al. 2009; Beristain et al. 1996). Las propiedades tensoactivas (superficial e interfacial) exhibidas por las dispersiones acuosas del exudado de *Sterculia apetala* sugieren su actividad emulsionante, la cual podría estar vinculada al contenido de aminoácidos alifáticos y/o de grupos metilos de la ramnosa, presentes en la periferia de la estructura de este polímero (Larraza-bal et al. 2011). Se ha reportado la capacidad de la goma de *S. apetala* de formar fuertes películas viscoelásticas en la interface agua –aceite (Pérez-mosqueda et al. 2013), lo que corrobora la potencial actividad emulsionante/estabilizante de la goma investigada.

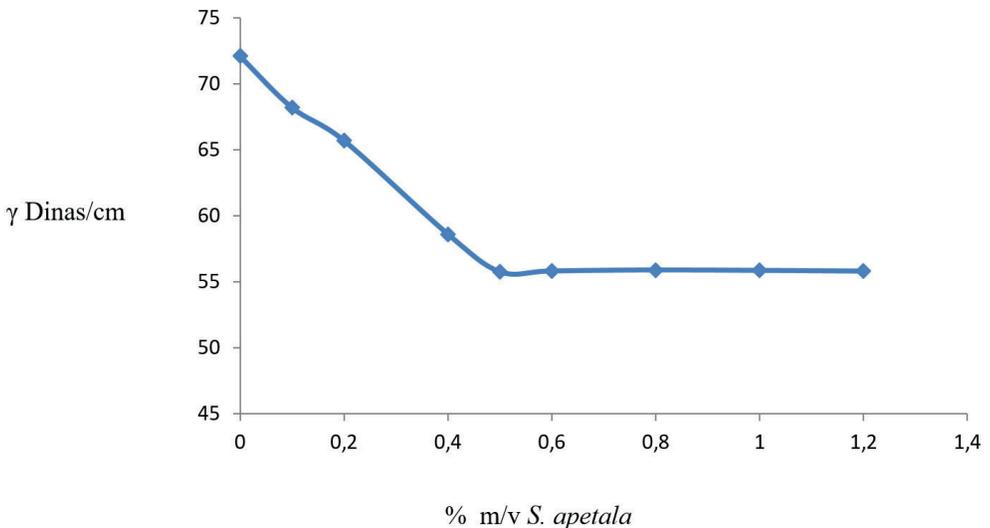


Figura 1. Tensión superficial (γ) del exudado gomoso de *Sterculia apetala* en función de la concentración a 25 °C.

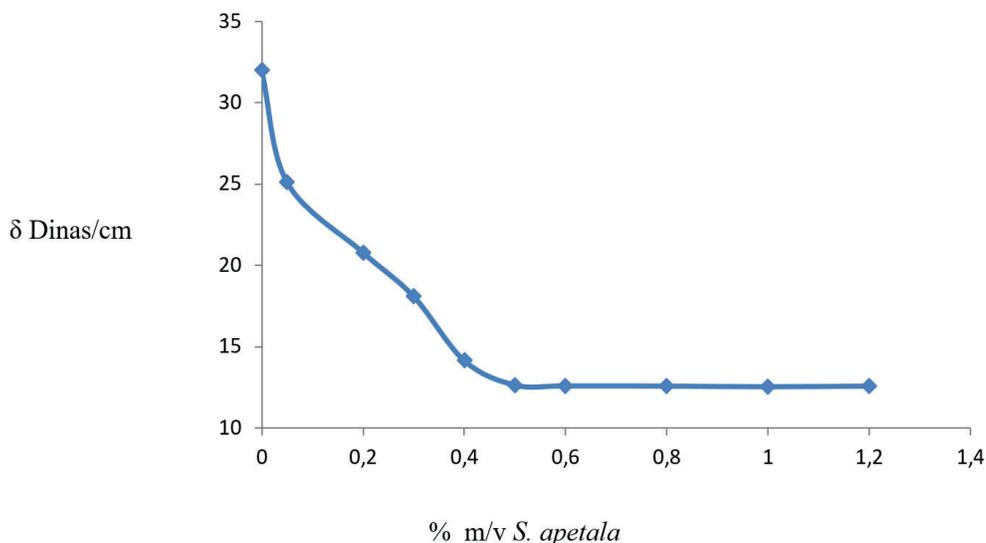


Figura 2. Tensión interfacial (δ) del exudado gomoso de *Sterculia apetala* en función de la concentración a 25 °C.

Los cationes aluminio, plomo, cromo y níquel se encuentran presentes como trazas en la cenizas del exudado gomoso de *Sterculia apetala*, Tabla 1, resultados comparables se evidenciaron para la goma de esta especie publicados previamente (Larrazabal et al. 2015) y para el exudado de *Pereskia guamacho* (Abed El Kader et al. 2015), y en menor proporción que lo reportado para las gomas de *Acacia macracantha*, *Acacia tortuosa*, *Acacia glomerosa*, *Samanea saman* y *Enterolobium cyclocarpum* (Abed El Kader et al. 2003). En contraste con la goma de *Anacardium occidentale* en la cual no fueron detectados (Guerrero et al. 2003).

Tabla 1. Contenido de metales tóxicos en el exudado gomoso de *S. apetala* (mg/g de ceniza, 550 °C)

Cationes	%
Aluminio (Al)	0,011± 0,0001
Plomo (Pb)	0,0054± 0,0007
Cromo (Cr)	0,0060± 0,0002
Níquel (Ni)	0,0071±0,0045
Cadmio (Cd)	ND
Cobalto (Co)	ND
Vanadio (V)	ND

Los resultados se presentan como medias \pm la desviación estándar. ND: No detectado

Por otra parte, Cadmio cobalto y vanadio no fueron detectados, Tabla 1. Estos metales son considerados tóxicos para el humano, incluso a niveles extremadamente bajos. Cabe destacar, que tienen la propiedad de acumularse en diversos tejidos hasta alcanzar niveles patológicos. La presencia de metales pesados en los exudados gomosos es factor limitante para ensayar su uso en la industria alimentaria y farmacéutica. Sin embargo, no se descarta su utilidad en otras industrias tales como la textil y de pinturas (Eltayed et al. 2009; Grobl et al. 2005). Los cationes presentes en la ceniza de las gomas se han relacionado con la composición mineral del suelo (Anderson y Morrison 1990a).

La determinación cualitativa de taninos condensados, aplicando el método de Porter, resultó negativa (no hubo coloración roja) indicativo de la ausencia de taninos, lo cual se corroboró al aplicar el método cuantitativo (colorimétrico modificado de la vainillina). Estos resultados son análogos a los reportados para el exudado de *P. guamacho* (Abed El Kader et al.2015). Se ha demostrado la presencia de taninos en niveles superiores a los permitidos en las regulaciones internacionales en los exudados gomosos producidos por los géneros *Albizia*, *Anogeissus*, *Combretum*, *Grevillea*, y *Leucaena* (Eltayed et al. 2009; Anderson y Morrison 1990a; Anderson y Morrison 1990b).

Conclusión

El significativo descenso de la tensión superficial (γ) e interfacial (δ) del exudado gomoso de *S. apetala* sugiere la excelente capacidad de adsorción e interacciones intermoleculares en las interfaces aire-agua y aceite-agua, lo que sugiere su uso potencial como emulsionante y/o estabilizante en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos. Por otra parte, se evidenció la inocuidad de la goma investigada, no se detectó la presencia de taninos y el contenido de metales tóxicos es bajo; inferior a los niveles establecidos por los organismos internacionales que regulan el uso de las gomas como aditivos en múltiples industrias.

Literatura citada

- AL-ASSAF, S., M. SAKATA, C. MCKENNA, H. AOKI AND G. O. PHILLIPS. 2009. Molecular associations in Acacia gums. *Journal of Structural Chemistry*. 20: 325–336.
- ABED EL KADER, D., E. MOLINA, G. LEÓN DE PINTO AND L. MONTERO. 2003. Cationic composition and the tannin content of five gums from Venezuelan Mimosaceae species. *Food Hydrocolloids*. 17: 251-253.
- ABED EL KADER, D., W. VELAZCO, O. AÑEZ, M. MARTÍNEZ Y M. MEDINA. 2015. Uso potencial del exudado gomoso de *Pereskia guamacho* como aditivo en las industrias alimentaria y farmacéutica. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 49: 44-55
- ANDERSON, D. M. W. AND N. A. MORRISON. 1990a. Identification *Albizia* gums which is not permitted food additives. *Food additive and Contaminant*. 7(2):175-180.

- ANDERSON, D.M.W. AND N.A. MORRISON. 1990b. Identification of Combretum gums which are not permitted food additives II. Food additive and Contaminant. 7(2):181-188.
- BERISTAIN, C. I., E. AZUARA, H. S. GARCIA AND E. J. VERNON-CARTER. 1996. Kinetic model for water/oil absorption of mesquite gum (*Prosopis juliflora*) and gum Arabic (*Acacia senegal*). International Journal of Food Science and Technology. 31: 379-386
- BRITO, A. C., D. A. SILVA, R. C. M. DE PAULA, AND J. P. A. FEITOSA. 2004. *Sterculia striata* exudates polysaccharides characterization, rheological properties and comparison with *Sterculia urens* (karaya) polysaccharides. Polymer International. 53: 1025-1032
- CHÁVEZ-NARVÁEZ, G.G. ARENAS, I. PARRA-CASTILLO, M. LUZARDO-MORILLO, B. BRAVO, F. YSAMBERTT y N. MÁRQUEZ. 2009. Estudio de las variables fisicoquímicas en el proceso de micelización de mezclas de surfactantes no-iónicos polietoxilados en la interfase agua/aire Parte I: efecto de la salinidad. Ciencia. 17(3): 235 – 244
- DICKINSON, E. 2012. Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. Food Hydrocolloids. 28: 224-241.
- DICKINSON, E. 2011. Mixed biopolymers at interfaces: Competitive adsorption and multilayer structures. Food Hydrocolloids. 25: 1966–1983.
- DICKINSON, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. Food Hydrocolloids. 28: 224-241.
- ELTAYED, S., B. ELWASILA AND K. AHMED. 2009. Analytical Study on the gum exudates from *Anogeissus leiocarpus*. Pakistan. Journal Nutrition. 8(6): 782-786.
- GREIN, A., B. C. DA SILVA, C. F. WENDEL, C. A. TISCHER, M. R. SIERAKOWSKI, A. B. DEWES-MOURA, M. IACOMINI, P. A. J. GORIN, F. F. SISMA-TOSIN AND I. C. RIEGEL-VIDOTTI. 2013. Structural characterization and emulsifying properties of polysaccharides of *Acacia mearnsii* de Wild gum. Carbohydrate Polymers. 92:312–320.
- GROBL, M., S. HARRISON, I. KAMLAND E. KENNDLER. 2005. Characterization of natural polysaccharides (plant gums) used as binding media for artistic and historic works by capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatographic A. 1077: 80-89.
- GUERRERO, R., F. RINCÓN, C. CLAMENS Y G. LEÓN DE PINTO. 2003. Parámetros analíticos de la goma de *Anacardium occidentale* L. y su posible aplicación industrial. Boletín del Centro Investigaciones Biológica. 37(1):44-55.
- HUANG, X., Y. KAKUDA, AND W. CUI. 2001. Hydrocolloids in emulsions: Particle size distribution and interfacial activity. Food Hydrocolloids. 15: 533–542
- JOSELEAU, J. P. AND G. ULLMANN. 1990. Biochemical evidence for the site of formation of gum arabic in *Acacia senegal*. Phytochemistry. 29: 3401- 3405.

- KURUWANSHI, V. K., P. KATIYAR AND K. SHABNAM. 2017. Scientific Approaches of Gum Tapping in Gum Karaya (*Sterculia urens* Roxb.) for High Gum Production. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(8): 3366-3374.
- LARRAZABAL, M., M. MARTÍNEZ, G. LEÓN DE PINTO, D. ABED EL KADER, J. HERRERA Y A. BRAVO. 2011. Estudio de los principales enlaces glicosídicos presentes en la estructura de la goma de *Sterculia apetala* por degradación y análisis de metilación. Ciencia. 19 (2): 136-141.
- LARRAZABAL, M., M. MARTÍNEZ, J. PARRA, A. VERA, J. ORTEGA YV. ANDRADE. 2015. Estudio de los parámetros físicoquímico de las gomas de varios especímenes de *Sterculia apetala* ubicados en diferentes zonas del estado Zulia. Ciencia, 23 (1): 23-29.
- LARRAZABAL, M., M. MARTÍNEZ, L. SANABRIA, G. LEÓN DE PINTO, Y J. HERRERA. 2006. Structural elucidation of the polysaccharide from *Sterculia apetala* gum by a combination of chemical methods and NMR spectroscopy. Food Hydrocolloids. 20: 908-913.
- LEÓN DE PINTO, G., M. MARTÍNEZ, O. BELTRÁN, C. CLAMENS, F. RINCÓN AND L. SANABRIA. 2000. Gum and Stabilisers for the food industry. "Relevant structural features of the gum from *Enterolobium cyclocarpum*". Editorial por: Royal Chemical Society, 58-68pp.
- LUJAN-MEDINA, G. A., J. VENTURA, A. C. LARA-CENICEROS, J. A. ASCACIO- VALDÉS, D. BOONE-VILLA AND C. N. AGUILAR. 2013. Karaya gum: General topics and applications. Macromolecules Indian Journal. 9 (4): 111-116.
- LUTZ R.; A. ASERIN, L. WICKER AND N. GARTI. 2009. Structure and physical properties of pectins with block-wise distribution of carboxylic acid groups. Food Hydrocolloids, 23 786-794.
- MAKKAR, H, P. AND K. BECKER.1993. Behaviour of tannic acid from various commercial sources towards redox, metal complexing and protein precipitation assays of tannins. Journal Science Food Agriculture. 62: 295-299.
- MARTÍNEZ, S., J. HERNÁNDEZ Y R. GUEVARA. 2000. Determinación relativa de fenoles, flavonoides y esteroides en cinco leguminosas tropicales. Revista de Producción Animal. 12: 37-39
- PADIL-VINOD, V. T., S. WACŁAWEK, C. H. SENAN, J. KUPCIK, K. PESKOVA, M. CERNIK, AND H. M SOMASHEKARAPPA. 2017. Gum karaya (*Sterculia urens*) stabilized zero-valent iron nanoparticles: characterization and applications for the removal of chromium and volatile organic pollutants from water. RSC Advances. 7: 13997-14009
- PÉREZ-MOSQUEDA, L. M., P. RAMÍREZ, M. C. ALFARO, F. RINCÓN AND J. MUÑOZ. 2013. Surface properties and bulk rheology of *Sterculia apetala* gum exudate dispersions. Food Hydrocolloids. 32 (2): 440-446.

- PICTON, L., I. BATAILLE AND G. MULLER. 2000. Analysis of a complex polysaccharide (gum arabic) by multi – angle laser light scattering coupled on – line to size exclusion chromatography and flow field flow fractionation. *Carbohydrate Polymer*. 42: 23–31.
- PORTER, L. 1989. Tannins. En *Methods in plant biochemistry*. Academic Press, New York, 1: 389-419.
- STANLEY, D. 1992. A possible role for condensed tannins in bean hardening. *Food Research International*. 25 (3): 187-192.
- VIKAS, K. 2016. Gum karaya (*Sterculia urens* Roxb.): A potential gum tree. *Van Sangyan*, 3 (10): 34-39
- YADAV, M., J. M. IGARTUBURU, Y. YAN AND E. NOTHAGEL. 2007. Chemical investigation of the structural basis of the emulsifying activity of gum arabic. *Food Hydrocolloids*. 21: 297–308.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

**BOLETÍN DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Vol.52 N° 2_____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en agosto de 2018, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve