



Revista de Ciencia y Tecnología

AGROLLANÍA

Vol. 19 2020

ISSN: 2665-0053

San Carlos, 2020



Agrollanía Vol. 19, 2020

Universidad Nacional Experimental de los
Llanos Occidentales **Ezequiel Zamora**



REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROLLANÍA

Volumen 19 / Septiembre-Diciembre 2020
Revista arbitrada.

Volumen 19 / Enero-Diciembre 2020

Indizada en LATINDEX (Directorio), Folio: 28019
Indizada en Periódica (Universidad Nacional Autónoma de México)
Se encuentra en la Lista General de Revistas Científicas y Tecnológicas de Venezuela
(2008) del FONACIT
Premio Nacional del Libro, Región Centro Occidental, 2006
Código de REVENCYT: RVA032
Periodicidad: Anual

La Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANIA está dirigida a la comunidad de investigación de la ciencia, tecnología, ingeniería y del ambiente; tiene como propósito divulgar los trabajos generados por el personal docente y de creación intelectual del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” y de otros autores nacionales e internacionales en los idiomas español e inglés. La revista AGROLLANIA publica trabajos de investigación originales e inéditos, resúmenes de tesis de maestría y doctorado, resúmenes de libros, resúmenes bibliográficos, ensayos y notas técnicas, enmarcados en las temáticas: Agroindustria, Agronomía Ciencia y tecnología de los Alimentos, Ingeniería de alimentos, Microbiología de los alimentos y Ambiente. Los trabajos son seleccionados una vez sometidos al arbitraje doble ciego y a las exigencias de las normas de la revista. Revista disponible en:

<https://unellez.edu.ve/revistas/>

<https://www.postgradovipi.50webs.com>

The Journal of Science and Technology AGROLLANIA is focused to the research community of science, technology, engineering, and environment and has the purpose to disclose the works generated by the research faculty staff of the Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” and other national and international research institutions in Spanish and English languages. The journal AGROLLANIA publishes original research work and unpublished, master and doctoral theses summaries, book summaries, bibliographic reviews, essays and technical notes framed in: Agroindustry, Agronomy, food Science and Technology, Food Engineering, Food Microbiology and Environment. The works are selected once subjected to double blinded arbitration and the requirements of the rules of the magazine. Journal available in: URL 1: <http://unellez.edu.ve/revistas/> and URL2: www.postgradovipi.50webs.com /

PORTADA:

Diseño: Alfredo Franco Pérez
ISSN: 2665-0053
Depósito Legal: BA2019000019
Periodicidad: Anual

Dirección: Estudios Avanzados UNELLEZ. Avenida Principal, Urbanización Cantaclaro. San Carlos, Cojedes.

Teléfonos: (0258)-4331955-4331412-4331671

e-mail: revistaagrollania@gmail.com / jfernandez@unellez.edu.ve

URL 1: <https://unellez.edu.ve/revistas/>

URL 2: <https://www.postgradovipi.50webs.com>



@feduezC



@feduezcojedes



revistagrollania@gmail.com

Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANIA

Portada: Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L)

Diseño: Rafael Alfredo Franco

Montaje: Luis Guerrero /Luis Gerardo Vivas, San Carlos, Estado Cojedes, Venezuela.

ISSN: 2665-0053

Depósito Legal: BA2019000019

Diagramación: Rafael Alfredo Franco

Revista editada por: Fundación Editorial UNELLEZ (FEDUEZ). Av. 23 de enero, Redoma de Punto Fresco, Barinas, Venezuela.

URL: <http://unellez.edu.ve/portalweb/public/departamentos/507/contenido/576>

Journal edited by: Fundación Editorial UNELLEZ (FEDUEZ). Av. 23 de enero, Redoma de Punto Fresco, Barinas, Venezuela.

URL: <https://unellez.edu.ve/portalweb/public/departamentos/507/contenido/576>

Dirección: Avenida Principal, Urbanización Cantaclaro. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Teléfonos: (0258)-4331955-4331412-4331671.

e-mail: revistaagrollania@gmail.com / jfernandez@unellez.edu.ve

URL 1: <https://unellez.edu.ve/rerevistas/>

URL 2: <http://www.postgradovipi.50webs.com/>

Derechos de autor: Todos los derechos son reservados de la UNELLEZ. Se puede reproducir el material contenido en la revista sin permiso del editor solo para uso de investigación y fines privados. Si es utilizado para otros fines se debe solicitar el debido permiso por escrito a la editorial.

Copyright: All rights are reserved by UNELLEZ. The material contained in this journal may be reproduced without the permission of the publisher only for the use of research and private purposes. If it is used for other purposes, due permission must be requested in writing from the publisher.

PRINCIPIOS ÉTICOS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROLLANÍA

El Comité Editorial de la Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA velará por el cumplimiento de las normas de conducta ética implementadas para nuestra revista en línea. Con base en la capacidad crítica, honestidad y objetividad de las personas involucradas a lo largo de todo el proceso de publicación, esto incluye, editor, director, autores, colaboradores y revisores.

Los principios éticos de la revista AGROLLANÍA están basados en los postulados del Committee on Publication Ethics (COPE) in the code of Conduct and Best Practice Guideline for Journal Editors (<https://publicationethics.org/resources/code-conduct>).

Los principios éticos de AGROLLANÍA se detallan a continuación:

Responsabilidad de los autores y autoría

Las publicaciones que se reciben en AGROLLANÍA son originales e inéditas

En cuanto a las publicaciones redundantes o concurrentes

Los autores, no deben, enviar manuscritos de trabajos de investigación que hayan sido publicados o enviados simultáneamente a otras revistas científicas o editoriales diferentes. Esto constituye una práctica poco ética y la publicación será inaceptable en nuestra revista.

En cuanto a las fuentes de información

Los autores, deben citar las fuentes importantes en la elaboración del manuscrito y dar el crédito correspondiente a los trabajos de otros. Cuando se utiliza información privada y/o confidencial se debe pedir por escrito el permiso correspondiente a los autores de la obra citada.

Con relación a la autoría del manuscrito

Se reconocerá la autoría del manuscrito a aquellos autores que realmente hayan hecho un aporte significativo al desarrollo de la investigación tanto autores como co-autores del documento. El documento enviado a la revista debe ser consignado y aprobado por el autor principal con el consentimiento de que todos los involucrados en la investigación están de acuerdo con la publicación del manuscrito.

Los autores tienen la obligación de informar al editor de AGROLLANÍA de cualquier error importante detectado en la publicación para tomar los correctivos necesarios o si por el contrario el editor se entera de un error en la publicación encontrado por una tercera persona, el autor (es) tiene el deber de retractarse y corregir inmediatamente esta anomalía.

En cuanto al arbitraje

El sistema de escogencia de los árbitros es un proceso anónimo. Se utiliza el sistema doble ciego (Peer Review), en tal sentido ni los autores conocen al árbitro ni el árbitro a su par ciego. Las revisiones de los árbitros deben estar basadas en la crítica constructiva, honestidad y objetividad.

Confidencialidad. Una vez finalizado el proceso de arbitraje, los revisores deben abstenerse de suministrar o divulgar información del proceso a ningún ente externo a la revista.

La revista AGROLLANÍA notificará a los revisores del tiempo requerido para la evaluación del manuscrito y en caso de presentarse algún inconveniente o impedimento para cumplir con los lapsos establecidos, el (los) revisor (es) deberá (n) informar al editor de la revista para tomar las previsiones del caso.

En cuanto a la responsabilidad de los Editores

Decisión de publicación

El editor de AGROLLANÍA tomará la decisión final de publicar o no el manuscrito, una vez haya sido revisado por los pares ciego. Esta decisión debe tomarse con base en la importancia del contenido científico de la investigación, la normativa de la revista y en las observaciones emanadas de los árbitros. Debe prevalecer la objetividad y la honestidad por encima de cualquier punto de vista de raza, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad o posición política de los autores.

Confidencialidad. Tanto el editor como el director y el Comité Editorial de AGROLLANÍA no deben dar información a ningún ente externo a la revista sobre los manuscritos enviados para publicación, solo se dará información a los autores.

El editor de AGROLLANÍA dará respuesta inmediata a solicitudes y aclaratorias realizadas por los autores y árbitros vía correo electrónico u otra herramienta permitida para tal fin de dar información sobre la publicación.

Difusión de la revista. El editor hará la difusión del número publicado a través del Sistema de Revistas de la UNELLEZ; el cual se encuentra la página web de AGROLLANÍA, base datos y redes sociales: <https://unellez.edu.ve/revistas/>

Proceso de Publicación: El editor de AGROLLANÍA seleccionará a dos expertos de reconocida trayectoria nacional o internacional para evaluar el manuscrito.

En relación con los conflictos de interés

El editor de Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA solicitará a los autores que informen por escrito al momento de consignar el manuscrito a la revista, si existen conflictos de interés con algún autor, coautor, empresa o instituciones relacionadas con el artículo y publicar correcciones si los intereses contrapuestos se presentaron después de la publicación del manuscrito. Si esto sucede, el editor debe exigir a los autores publicar una retractación o implementar otras normas de conducta apropiadas.

Asimismo, los conflictos generados en el proceso de publicación de un artículo se resolverán por la resolución de conflictos como son la mediación o la conciliación; todos enmarcados en una solución pacífica y de satisfacción de las partes sin prejuicios a ninguno de los involucrados en los asuntos.

Detección de plagiarismo: Los artículos, ensayos, notas técnicas entre otros recibidos en la Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA para su publicación son escaneados con softwares disponibles en Internet o en bases de datos como Google Scholar o Google Books que cuenta con una gran base de datos de materiales y artículos publicados en el pasado y en la actualidad que hacen que el software sea más efectivo en el rastreo de contenidos duplicados, de esta manera podemos detectar si el trabajo a publicar no ha sido copiado de otras fuentes. En caso de detectarse el plagio, el artículo es devuelto al autor (es) para que subsanen la falta o en su defecto el material no será publicado en la Revista.

EDITOR

Ph.D. Juan J. Fernández Molina
**Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora
San Carlos, estado Cojedes, Venezuela**

DIRECTOR

MSc. Jordy J. Gámez Villazana
**Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora
San Carlos, estado Cojedes, Venezuela**

CONSEJO EDITORIAL

Ph.D. Gustavo V. Barbosa-Cánovas
Washington State University, Pullman, WA, USA.

Dra. María Soledad Tapia
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Dr. Tonny García Rujano
**Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto,
estado Lara, Venezuela**

Dr. Luis Chaparro
**Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto,
estado Lara, Venezuela**

Dr. Elvis Portillo
Universidad del Zulia, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela

Dr. Jesús Leal Gutiérrez
**Universidad Panamericana del Puerto, Puerto Cabellos,
estado Carabobo, Venezuela.**
Universidad de Carabobo, Valencia, estado Carabobo, Venezuela

Dr. Julio Cesar Camejo
Universidad Simón Rodríguez, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela

Dr. Miguel Torrealba Piña
**Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora
San Carlos, estado Cojedes, Venezuela**

Dra. Mary Lisbeth Alvarado
**Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora
Guanare, estado Portuguesa, Venezuela**

AUTORIDADES DE LA UNELLEZ

Dr. Alberto José Quintero
Rector

MSc. Coromoto Sánchez
Secretaria

Prof. Humberto Rivero (E)
Vice-Rector de Servicios

Dra. Yajaira Pujol (E)
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Social
Barinas, estado Barinas

Prof. Héctor Montes
Vice-Rector de Producción Agrícola
Guanare, estado Portuguesa

Dr. Gustavo Alonso Jaime G.
Vice-Rector de Infraestructura y Procesos Industriales
San Carlos, estado Cojedes

Profa. Marys Orasma
Vice-Rectora de Planificación y Desarrollo Regional
San Fernando de Apure, estado Apure

Dra. María Andueza
Directora de Creación Intelectual
Barinas, estado Barinas

MSc. Ana Iris Peña
Directora de Estudios Avanzados
Barinas, estado Barinas

Dra. Denys Luz Molina
Directora de Innovación Curricular
Barinas, estado Barinas

Dra. Zoleida Lovera
Directora-Gerente FEDUEZ
Barinas, estado Barinas

Dra. Dra. Iskra Marín
Directora de Vinculación Socio-Comunitaria
Barinas, estado Barinas

AUTORIDADES DE LA UNELLEZ SAN CARLOS

Dr. Gustavo Alonzo Jaime Gámez
Vicerrector de Área (E)

MSc. Carolina Valero
Jefa de Programa Estudios Avanzados

MSc. Nakhary Mendoza
Jefa de Programa de Ciencias Básicas y Aplicadas

Ing. María Eugenia Paredes
Jefa de Programa Ciencias Del Agro y Del Mar

MSc. Lorines González
Jefa de Programa Ciencias Sociales y Económicas

Abog. Ángela Rendo
Jefa de Programa Ciencias Jurídicas y Políticas

MSc. Juan Lovera
Jefe de Programa Ciencias de la Educación

Ph.D. Juan José Fernández Molina
Sub-Gerente de Publicaciones Cojedes

MSc. Tania Sandoval
Jefa de Programa Innovación Curricular

Dr. Antonio Flores Díaz
Jefa de Programa Creación Intelectual

MSc. Yuleimi Peña
Jefa de Programa Vinculación Socio Comunitaria

Licda. Loredana Giust
Secretaria del Consejo Académico

Licdo. Efrain García
Coordinador de Cultura

EDITORIAL

La Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA, del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la UNELLEZ, ofrece nuevamente a sus múltiples lectores la edición digital del volumen No.19, del año 2020. En esta oportunidad dedicamos este número a nuestra Alma Mater, la UNELLEZ por estar cumpliendo 45 años de su creación (1975-2020). La Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA, ha sido un esfuerzo editorial, ofrecido desinteresadamente a los investigadores unellistas y de otras instituciones universitarias venezolanas y del exterior, que recoge de manera consecutiva la producción científica de la UNELLEZ-San Carlos, desde el año 2004 hasta la presente fecha. A partir del año 2017 iniciamos nuestra publicación editorial en línea con el apoyo de la Fundación Editorial de la UNELLEZ (FEDUEZ). Agradecemos a los profesores del Vice-Rectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, la universidad que siembra la esperanza de la Región de Los Llanos Occidentales de Venezuela por sus contribuciones y de otras instituciones nacionales e internacionales, así como la confianza puesta en el equipo editorial.

En el transcurrir del tiempo hemos traspasado las fronteras de Cojedes, escalando posiciones y ganando prestigio en el ámbito nacional e internacional. En estos dieciséis años de existencia, AGROLLANÍA ha sido incorporada en el índice venezolano de Revistas de Ciencias y Tecnología de la ULA, REVENCYT y en los índices internacionales, LATINDEX y PERIÓDICA de la Universidad Nacional Autónoma de México y está registrada en el Directorio de Publicaciones del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI), adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias de la República Bolivariana de Venezuela.

En esta decimonovena edición de la revista de Cien. y Tecnol. AGROLLANÍA se presentan una serie de artículos científicos de profesores del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, proyectos de Tesis Doctorales y Trabajos de Grado del Área de Estudios Avanzados de la UNELLEZ- San Carlos, Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, Barinas, Venezuela; Universidad Deportiva del Sur, San Carlos estado Cojedes, Venezuela; así como de otras instituciones académicas: Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela; Universidad de Carabobo, Maracay, estado Aragua, Venezuela; Desarrollos Forestales San Carlos, estado Cojedes, Venezuela; Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Educación, Rio Grande, estado de Rio Grande do Sul, Brasil.

Finalmente, deseamos agradecer a la Sub-Gerencia de Publicaciones Cojedes, a la Dirección de FEDUEZ-Barinas y al Consejo Editorial por su colaboración y apoyo irrestricto en la decimonovena edición de la Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA.

El EDITOR

AISLAMIENTO DE *ASPERGILLUS NIGER* CON ACTIVIDAD LIGNOCELULOLÍTICA A PARTIR DE *BRACHIARIA SPP*

(Isolation of *Aspergillus niger* with lignocellulolytic activity from *Brachiaria spp*)

Nirza C. Noguera-Machado^{1,2}, Viviana V. Sánchez G^{1,2}, José M. Soto O^{1,2}, Luis E. Ojeda^{1,2},
Carlos Rodríguez-Leo²

¹ Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo Sede Aragua. Sector Santa Rita
Apartado Postal 2106, Municipio Linares Alcántara, Estado Aragua.

²Sección de Biotecnología Agroindustrial del Instituto de Investigaciones Biomédicas “Dr. Francisco Triana Alonso” (BIOMED-UC). Sector Las Delicias, Apartado postal 2351 Maracay, Estado Aragua, Venezuela. Emails: nnoquera1@uc.edu.ve, nirza.noguera@gmail.com Tlf: 0412-1312245, vivisg93@gmail.com. Tlf: 0414-9439738, soto_14_jose@hotmail.com. Tlf: 0424-4581067, lojeda2@uc.edu.ve, luis.edgardo.ojeda@gmail.com, Tlf: 0412-0424558. leogod1985@gmail.com Tlf: 0051963816963.

Autor de correspondencia: nnoquera1@uc.edu.ve, nirza.noguera@gmail.com

Recibido: 05-03-2020

Aceptado: 30-03-2020

RESUMEN

El volumen de desechos orgánicos generados por la agroindustria ha superado su capacidad de biodegradación natural, generando problemas de acumulación y contaminación en diversos ecosistemas. Por lo que diseñar estrategias que permitan la bioconversión de estos residuos, para disminuir su impacto ecológico constituye un reto desde el punto de vista biotecnológico. En este sentido, la búsqueda de microorganismos capaces de utilizar estos residuos como nutrientes, para la producción de metabolitos con valor agregado resulta de interés. En la presente investigación, se planteó como objetivo aislar uno o más microorganismos ambientales, a partir de una muestra de pasto *Brachiaria spp.*, identificarlos y determinar su capacidad lignocelulolítica. Para ello, se realizó una caracterización cultural macro y microscópica en medios Czapeck y papa dextrosa agar (PDA); así como pruebas de crecimiento en presencia de papel de filtro, celulosa microcristalina y licor de lignina, utilizando el medio Czapeck. Se logró aislar una cepa, la cual fue identificada como *Aspergillus niger* y las pruebas de crecimiento confirmaron su capacidad de utilizar la celulosa y la lignina como fuente de carbono, demostrando su actividad lignocelulolítica. Esta especie, *A. niger*, es de gran importancia desde el punto de vista industrial, debido a la gran cantidad de metabolitos que es capaz de producir, entre los que destacan el ácido cítrico y una amplia gama de enzimas, entre ellas la glucosa oxidasa. En consecuencia, los hallazgos obtenidos abren un abanico de posibilidades sobre los usos de esta cepa en la bioconversión y aprovechamiento de residuos vegetales, los cuales deben ser explorados en futuras investigaciones.

Palabras clave: *Aspergillus niger*, *Brachiaria spp.*, celulasas, lignilasas.

SUMMARY

The volume of organic waste generated by agribusiness has exceeded its natural biodegradation capacity, generating accumulation and contamination problems in various ecosystems. Therefore, designing strategies that allow the bioconversion of these wastes to reduce their ecological impact constitutes a challenge from a

biotechnological point of view. In this sense, the search for microorganisms capable of using these residues as nutrients for the production of metabolites with added value is of interest. In the present investigation, the objective was to isolate one or more environmental microorganisms, from a *Brachiaria spp.* Grass sample, identify them and determine their lignocellulolytic capacity. For this, a macro and microscopic cultural characterization was performed in Czapeck and potato dextrose agar (PDA) media; as well as growth tests in the presence of filter paper, microcrystalline cellulose and lignin liquor, using Czapeck medium. It was possible to isolate a strain, which was identified as *Aspergillus niger*, and growth tests confirmed its ability to use cellulose and lignin as a carbon source, demonstrating its lignocellulolytic activity. This species, *A. niger* is of great importance from an industrial point of view, due to the large number of metabolites it is capable of producing, among which citric acid and a wide range of enzymes, including glucose oxidase, stand out. Consequently, the findings obtained open up a range of possibilities on the uses of this strain in bioconversion and use of plant residues, which should be explored in future research.

Keywords: *Aspergillus niger*, *Brachiaria spp.*, cellulases, lignylases.

INTRODUCCIÓN

La lignocelulosa es el principal componente de la estructura vegetal y está constituida por tres tipos de polímeros celulosa, hemicelulosa y lignina, que están fuertemente unidos por enlaces químicos no covalentes y covalentes entrecruzados (Pérez et al., 2002). La descomposición de la biomasa lignocelulósica en los ecosistemas, es llevada a cabo por microorganismos saprófitos, a fin de mantener el equilibrio de los mismos, y cumplir con los ciclos del carbono y de otros nutrientes (Martínez et al., 2005). Éstos son capaces de hidrolizar dichos polímeros y transformarlos en azúcares de 5 y 6 carbonos, gracias a procesos bioquímicos catalizados por el conjunto de enzimas denominadas lignocelulolíticas (Grijalva, 2013). Entre los microorganismos capaces de realizar esta bioconversión en la naturaleza, destacan los géneros bacterianos *Streptomyces*, *Thermomonospora* y *Thermobifida* (Ramírez & Cocha, 2003) y, entre los fúngicos *Chaetomium*, *Fusarium*, *Myrothecium*, *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus* (Sánchez, 2009; Grijalva, 2013).

La actividad agrícola, agroindustrial y forestal, generan grandes volúmenes de residuos orgánicos, los cuales superan la capacidad de biodegradación natural y su acumulación ocasiona problemas de contaminación ambiental (Grijalva, 2013; Llenque-Díaz et al., 2015; Piña-Guzmán et al., 2016). Adicionalmente, muchos de estos residuos suelen ser eliminados por medio de la quema, lo que impacta negativamente el ambiente (Grijalva, 2013) y genera serios problemas de salud pública por enfermedades de índole respiratorio.

Por ello, surge la necesidad de implementar estrategias que permitan el aprovechamiento de este tipo de material, con los consecuentes beneficios económicos y ambientales (Piña-Guzmán et al., 2016). Existen trabajos que demuestran la factibilidad de producir celulasas utilizando el bagazo de caña de azúcar, a partir de hongos del género *Aspergillus* (Escudero et al. 2013, Llenque-Díaz et al. 2015), así como el cultivo del hongo comestible *Pleurotus spp.*, sobre rastrojos de arroz y de trigo (Kumari & Achal 2008, Piña-Guzmán et al. 2016); con resultados exitosos logrando altos rendimientos a bajos costos.

En este sentido, la búsqueda de especies capaces de utilizar estos residuos, constituye una herramienta fundamental para garantizar el éxito de los procesos de bioconversión. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue aislar e identificar un microorganismo ambiental con capacidad lignocelulolítica a partir de una muestra de pasto *Bracharia spp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Muestreo: Se colectó material vegetal de la especie *Bracharia spp.*, cultivado en los campos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en el sector El Limón del Municipio Mario Briceño Iragorry del Estado Aragua (N10°17.226'; W 067°37.457' a una elevación de 478m). Se tomaron muestras de hojas secas a nivel del suelo y se colocaron en bolsas estériles herméticas para ser trasladadas al laboratorio, de acuerdo con lo establecido por Laura & Castellanos (2009) para la toma de muestras vegetales en descomposición.

2. Aislamiento del microorganismo: El material vegetal fue cultivado en un medio para *Streptomyces* propuesto Kluepfel et al. (1986), constituido por K₂HPO₄ (1,4 g/L), KH₂PO₄ (2,5 g/L), (NH₄)₂SO₄ (10 g/L), CaCl₂ (0,3 g/L), MgSO₄ (1 g/L), extracto de levadura (1 g/L) y peptona (2 g/L). El tiempo de incubación fue de 7 días a 30 ± 1°C, bajo agitación continua a 150 rpm. A partir de esta suspensión se procedió a tomar volúmenes para hacer diluciones seriadas hasta 10⁻⁸ y cultivarlas en placas (Ramírez & Cocha, 2003). Para este fin se usó el medio Czapeck, constituido por sacarosa (30g/L), NaNO₃ (3g/L), K₂HPO₄ (1g/L), MgSO₄ (0,5g/L), KCl (0,5g/L), FeSO₄ (0,01g/L), con la adición de agar 2,5% y celulosa microcristalina 1,0%. Las placas fueron incubadas a 30°C hasta observar crecimiento de colonias entre 2 a 7 días.

3. Identificación Morfológica: Las colonias aisladas fueron sembradas en placas con medio Czapeck y Papa Dextrosa Agar (PDA), para proceder con la identificación mediante las técnicas de identificación morfológica tradicional. Se emplearon claves taxonómicas para el género *Aspergillus* según Raper & Fennell (1965) y Gams et al. (1985), junto a las técnicas micrométricas para la medición de estructuras típicas diferenciales en el género. También se hicieron observaciones de las estructuras a nivel de microscopio electrónico (marca JEOL modelo JSM-6390) en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad Simón Bolívar (Miranda-Venezuela). Se evaluaron características del crecimiento tales como el color de la colonia en el anverso y el reverso, la textura, el crecimiento lineal (cm/día), el crecimiento aéreo y la pigmentación del sustrato.

4. Confirmación de la actividad lignocelulolítica:

4.1. Actividad celulolítica: Se realizó la prueba de crecimiento sobre papel de filtro, siguiendo la metodología planteada por Ramírez & Cocha (2003). Se preparó un medio con las sales del medio Czapeck y se sustituyó la celulosa por una tira de papel de filtro estéril (Whatman nro. 1), como única fuente de carbono. Se prepararon dos tubos, uno de los cuales fue inoculado con el microorganismo y el otro no, a fin de usarlo como control negativo. Se incubaron bajo agitación continua (150 rpm) a 30°C durante 10 días, con observación diaria. La formación de estructuras celulares visibles, fueron el indicativo

de la capacidad de producir celulasas. El ensayo se realizó por duplicado.

4.2. Actividad lignolítica: Se realizó una determinación cuantitativa fundamentada en los procedimientos descritos por Lara et al. (2003), González et al. (2007) y Laura & Castellanos (2009). Se preparó el medio Czapeck con adición de 1% de glucosa y 1% de licor de lignina y fue incorporado en dos tubos de los cuales, uno fue inoculado con el microorganismo y el otro no (control negativo). Se incubaron a 30°C bajo agitación continua (150 rpm) durante 15 días. Posteriormente, el caldo de cultivo fue separado del micelio por filtración y centrifugación (5300 rpm / 30 minutos). Al sobrenadante se le determinó el espectro de absorción en un rango entre 200 y 300 nm. El experimento se realizó por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Aislamiento e Identificación

A partir de los cultivos en medios selectivos se logró aislar una colonia que presentó un rápido desarrollo en los medios Czapeck y PDA, ya a los 7 días había cubierto la zona de la placa donde fue inoculado. Entre las características macroscópicas observadas se puede mencionar que el color inicial era blanco y al transcurrir los días se oscurecieron hasta teñirse totalmente de negro; la textura fue de aspecto polvoriento-granular y al reverso se observó de color crema (Figura 1). En relación a las características microscópicas, se observó la cabeza conidial radiada y de forma globosa, de color pardo a negro, conidióforos lisos, hialinos o ligeramente pardos cerca del ápice, de 2,00 x 16 µm. La célula metula de forma conidial filídica biseriada, con una longitud 8,00 x 3,0 µm. Los conidios de forma globosa, de color marrón a negro y rugosos, de 4,0-5,0 µm de diámetro (Figura 2). Dichas características son típicas a las reportadas para hongos del género *Aspergillus*, específicamente para *Aspergillus niger* (Raper & Fennell 1965, Gams et al. 1985), concluyendo que esta fue la especie aislada.

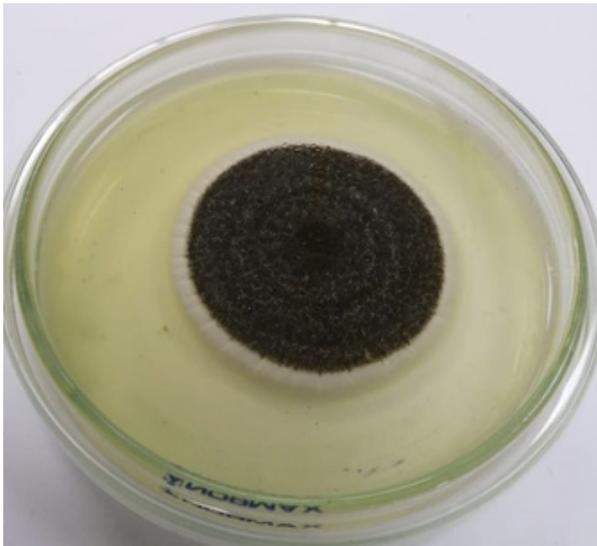


Figura 1. Colonia aislada cultivada en medio Czapeck.

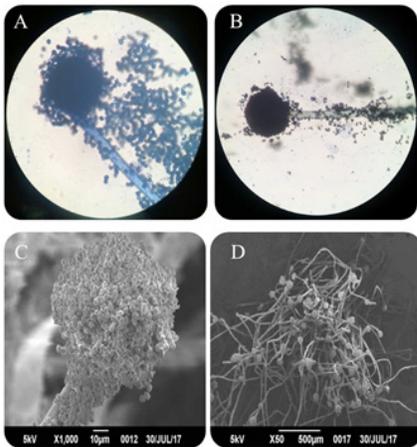


Figura 2. Características microscópicas del microorganismo aislado. Imágenes (A) y (B) captadas con microscopio óptico a 100X. Imágenes (C) y (D) captadas con microscopio electrónico de transmisión 1000X.

De acuerdo con Schuster et al. (2002), esta especie pertenece a un género de hongos filamentosos, capaces de crecer sobre la materia orgánica, que comúnmente habitan en el suelo, material vegetal en descomposición y en el compost. Sin embargo, las especies de este género se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, gracias a la facilidad de dispersión de sus conidios y a su pequeño tamaño, pueden permanecer en suspensión en el ambiente durante un largo periodo de tiempo, pudiéndose aislar de una gran variedad de sustratos y ambientes (Abarca, 2000).

Otros trabajos como el de Laura & Castellanos (2009), reportaron un aislamiento de cepas de este género *Aspergillus*, a partir de la planta forrajera *Calamagrostis nitidula* Pilg. La cual, al igual que *Bracharia*, es utilizada para la alimentación animal en Perú. Los investigadores tomaron muestras tanto material vegetal erguido como en descomposición.

A nivel biotecnológico e industrial, *A. niger* es una especie de gran importancia, debido a la gran cantidad de metabolitos que se producen a partir de él. Entre los que se pueden mencionar el ácido cítrico, el ácido glucónico, así como una gran cantidad de enzimas como pectinasas, proteasas, catalasa y glucosa oxidasa (Schuster et al., 2002; Zoghbi et al., 2008; Ojeda et al., 2011). Además, su biomasa ha sido probada como fuente de proteína para animales de laboratorio y sus resultados han sido similares a otras fuentes proteicas usadas en piensos para roedores (Méndez et al., 2004).

2. Actividad celulolítica

Se observó crecimiento en la parte superior del tubo, alrededor del papel de filtro. Por lo que se confirmó que el hongo aislado fue capaz de producir las enzimas para degradar la celulosa del papel para su crecimiento.

Las enzimas celulasas son producidas por una variedad de bacterias y hongos aeróbicos o anaeróbicos, mesófilos o termófilos. Sin embargo, sólo algunos de ellos producen enzima celulasa extracelular capaz de hidrolizar la celulosa (Llanque-Díaz et al., 2015). En general, los hongos filamentosos han sido catalogados como los responsables de la mayor celulosis en la naturaleza, por la eficiencia y diversidad de sus sistemas celulolíticos, y sus ventajas adaptativas. El género más estudiado para la producción de estas enzimas es el *Trichoderma*, seguido por *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Neurospora*, los cuales también son buenos productores de estas enzimas (Ferrer-Marcelo et al., 2011).

Se ha descrito el uso de cepas de *Aspergillus* para producción de celulasas y hemicelulasas en procesos sumergidos de tanque agitado, debido a su capacidad de excretar estas enzimas en altas concentraciones, al medio de cultivo (Schuster et al. 2002). De igual manera, en fermentaciones sólidas ha demostrado un alto rendimiento de excreción de éstas enzimas, tal como lo lograron Escudero et al. (2013) y Llanque-Díaz et al. (2015) usando el bagazo de caña de azúcar.

3.Actividad Lignolítica

Se observó una disminución del pico de absorción entre las longitudes 215 y 225 nm, equivalente al 12,6% con respecto al control, asociado con un proceso oxidativo de la lignina por acción de las enzimas producidas por la cepa aislada (Figura 3). Se ha descrito que en presencia de oxígeno y peróxido de hidrogeno, los microorganismos por medio de enzimas lignolíticas pueden ocasionar la ruptura de los enlaces insaturados carbono-carbono de las cadenas propanoides, destruyendo algunos grupos cromóforos, lo que reduce la absorción a determinadas longitudes de onda y por ende la coloración del licor de lignina (Lara et al. 2003, Laura & Castellanos 2009).

Este resultado, fue inferior al hallazgo de Laura & Castellanos (2009) con una cepa de *Aspergillus melleus*. A partir de este microorganismo los investigadores obtuvieron una disminución de un 80% en la absorción del sobrenadante, durante 15 días de incubación.

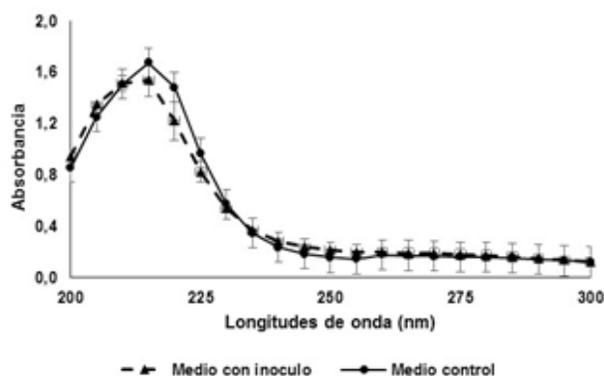


Figura 3. Curvas de absorbancia del medio Czapeck con licor de lignina incubadas durante 15 días: (▲) Inoculado con *A. niger*; (●) Sin inóculo (control).

Las enzimas lignocelulolíticas son un grupo grande de proteínas extracelulares en las que se incluyen las enzimas ligninolíticas (peroxidasas y oxidasas) y enzimas hidrolíticas (pectinasas, hemicelulasas, quitinasas, celulasas, amilasas, esterases, proteasas y manasas). Estas enzimas son producidas principalmente por especies fúngicas, dentro de los que destacan los hongos de la podredumbre blanca (ejemplo: *Phanerochaete chrysosporium*), por ser los más eficientes en la degradación de la celulosa, lignina y un amplio número de contaminantes como compuestos aromáticos clorados, hidrocarburos

heterocíclicos aromáticos, algunos colorantes y polímeros sintéticos (Sánchez 2008, Godliving 2012). Estos hongos tienen dos tipos de sistemas enzimáticos extracelulares: el sistema hidrolítico, responsable de la degradación de polisacáridos, y el sistema lignolítico oxidativo y extracelular que degrada la lignina y abre los grupos fenilo (Sánchez 2008).

Por lo que la lignólisis ocurre como parte del metabolismo secundario, es decir, los hongos no utilizan directamente lignina como fuente de carbono y energía (Laura & Castellanos, 2009). Inicialmente dependen del sistema hidrolítico para obtener azúcares más digeribles y al limitarse las fuentes de carbono, se activa el sistema oxidativo para fragmentar los monómeros de fenilpropano. Sin embargo, no todos los hongos producen suficiente cantidad de una o varias de estas enzimas, por lo que no todos los hongos ambientales son lignolíticos (Sánchez 2008).

CONCLUSIONES

A partir de las hojas de pasto en descomposición se logró aislar e identificar una cepa silvestre de *A. niger* con actividad lignocelulolítica. La cepa fue capaz de crecer en papel de filtro y ocasionar la ruptura de grupos fenilo presentes en el licor de lignina, usados como sustratos para confirmar dicha actividad. La importancia biotecnológica de este hongo y su capacidad de aprovechar material vegetal para su crecimiento, lo convierte en una alternativa de interés económico y ambiental, a fin de promover la recirculación de material orgánico dentro de los sistemas productivos, favoreciendo el desarrollo sostenible con miras hacia una agricultura sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, L. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, S79-S84.
- Escudero, J.; Daza, Z.T.; Gil, N.J.; Mora O.Y. (2013). Evaluación de las enzimas celulolíticas producidas por hongos nativos mediante fermentación en estado sólido (SSF) utilizando residuos de cosecha de caña de azúcar. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 108-117. <http://doi.org//10.15446/rev.colomb.biote>
- Ferrer-Marcelo, Y.; León-Rodríguez, M.; Michelena-Álvarez, G.; Dustet-Mendoza, J.C.; Duque-Ortiz,

- A.; Ibañez-Fuentes, M.L.; Tórtolo-Cabañas, K. (2011). Selección de Hongos aislados de bagazo de caña con actividad celulasa sobre celulosa cristalina para posibles aplicaciones industriales. *ICIDCA*, 45(1), 3-12.
- Gams, W.; Chistensen, M.; Onion, A.H.; Pitt, J.I.; Samson, R.A. (1985). Infrageneric taxa of *Aspergillus*. En: *Advances in Penicillium and Aspergillus systematics*. Plenum Press, Nueva York, EEUU. p. 55-64.
- Godliving, Y. (2012). Lignocellulolytic enzymes from tropical fungi: Types, substrates and applications. *Scientific Research and assays*, 7(15), 1544 - 1555. <http://doi.org//10.5897/SRE11.1812>.
- González, A.M.; Herrera, J.P.; Rodríguez, A. (2007). Caracterización de fracciones de lignina extraídas del licor negro con solventes orgánicos. *Revista Forestal Latinoamericana*, 42,51-64.
- Grijalva, N. (2013). Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas. *Enfoque UTE*, 4(1), 1-13.
- Kluepfel, D.; Mondou, S.; Morosoli, R. (1986). Characterization of cellulase and xylanase activities of *Streptomyces lividans*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 24(1), 230-234.
- Kumari, D. & Achal, V. (2008). Effect of different substrates on the production and non-enzymatic antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom). *Life Science Journal*, 5, 73 -76.
- Lara, M.A.; Rodríguez-Malaver, A.J.; Rojas, O.J.; Holmquist, O.; González, A.; Bullón, J.; Peñalosa, N.; Araujo, E. (2003). Blackliquor lignin biodegradation by *Trametes elegans*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 52, 167-173. [http://doi.org//10.1016/S0964-8305\(03\)00055-6](http://doi.org//10.1016/S0964-8305(03)00055-6)
- Laura, J. & Castellanos, P. 2009. Hongos filamentosos con actividades ligninolíticas aislados de *Calamagrostis nitidula* Pilg. *Revista Peruana de Biología*, 16(1), 125-128.
- Llenque-Díaz, L.; Muñoz, M.; Espejo, E.; Moreno, A. (2015). Producción de celulasas por *Aspergillus niger* a partir de bagazo de caña de azúcar en biorreactor aireado. *Ciencia y Tecnología*, 11(4), 39-49.
- Martínez A., Speranza M., Ruiz F., Ferreira P., Camarero S., Guillen F., Martinez M., Gutierrez A., Del Río J. 2005. Research Review: Biodegradation of lignocellulosic: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology*, 8: 195-204.
- Méndez, R.; Guerrero, B.; De Jesús, R.; O'Callaghan, J. (2004). Estudio preliminar del *Aspergillus niger* como componente del pienso para ratas de laboratorio. *Agroalimentación & Desarrollo Sustentable*, 5(1), 1-6.
- Ojeda, L.; Noguera, N.; Triana, J.L.; Triana-Alonso, F. (2011). Obtención de un extracto enzimático de glucosa oxidasa y catalasa con potencial antioxidante en alimentos, en un medio de cultivo no convencional. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, 15(2), 48 – 58.
- Pérez, J.; Muñoz-Dorado, J.; De la Rubia, T.; Martínez J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*, 5:53-63.
- Piña-Guzmán, A.; Nieto-Monteros, N.A.; Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de Residuos Agrícolas y Agroindustriales en el Cultivo y Producción del Hongo Comestible Seta (*Pleurotus spp.*). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 32 (Especial Residuos Sólidos):141-151. <http://doi.org//10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Ramírez, P. & Cocha, J.M. (2003). Degradación enzimática de celulosa por actinomicetos termófilos: Aislamiento, caracterización y determinación de la actividad celulolítica. *Revista Peruana de Biología*, 10(1), 67-77.
- Raper, K.B. & Fennell, D.I. (1965). The genus *Aspergillus*. Williams & Wilkins, Baltimore. 686 pp.
- Sánchez, C. (2008). Review Lignocellulosic residues: Biodegradation an bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances*, 27,185-194. <http://doi.org//10.1016/j.biotechadv.2008.11.001>
- Schuster, E.; Dunn-Coleman, N.; Frisvad, J.C.; van Dijck P.W.M. (2002). On the safety of *Aspergillus niger* – a review. *Applied Microbiology Biotechnology*, 59, 426–435. <http://doi.org//10.1007/s00253-002-1032-6>.
- Zoghbi, N.; Ojeda, L.; Noguera, N.; Yépez, A.; Camargo, H.; Triana-Alonso, F. (2008). Extracción y purificación de glucosa oxidasa para fines diagnósticos producida en medios a base de fertilizantes y azúcar industrial. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 28(1), 31-37.

AVANCES EN LA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN ALIMENTOS

(Advances in the determination of bioactive compounds in foods)

Gámez-Villazana Jordy

¹ Programa Ciencias del Agro y Mar, Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales
“Ezequiel Zamora, San Carlos, estado Cojedes - Venezuela, Correo: jordyjavier1@gmail.com.

Revisión Bibliográfica

Recibido: 20-03-2020

Aceptado: 30-04-2020

RESUMEN

Recientemente se ha puesto mucho interés en unas sustancias denominadas compuestos bioactivos. Estos compuestos proporcionan algunos beneficios fisiológicos prometedores para la salud, que dirigen a la industria alimentaria a centrar su investigación en productos de esta naturaleza. Los compuestos bioactivos como los polifenoles, los carotenoides, los lípidos poliinsaturados, sustancias azufradas y los péptidos son los compuestos más estudiados. Esta revisión presenta una descripción general de avances científicos actualizados en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos, examinando los principales métodos de cuantificación usados recientemente. Previamente se estudia minuciosamente la molécula de estas sustancias, haciendo hincapié en la importancia de los compuestos bioactivos en la agroindustria y su potencial uso como ingredientes y aditivos alimentarios funcionales, dadas las propiedades químicas, nutraceúticas y antioxidantes de estos compuestos. Además, en esta revisión también se destaca la importancia de los compuestos bioactivos en la nutrición humana.

Palabras Clave: *Salud, polifenoles, carotenoides, bioactivos, péptidos.*

SUMMARY

Recently, a lot of interest has been put into substances called bioactive compounds. These compounds provide some promising physiological health benefits, leading the food industry to focus their research on products of this nature. Bioactive compounds such as polyphenols, carotenoids, polyunsaturated lipids, sulfur substances, and peptides are the most studied compounds. This review presents an overview of up-to-date scientific advances in the determination of bioactive compounds in foods, examining the main recently used quantification methods. Previously, the molecule of these substances was thoroughly studied, emphasizing the importance of bioactive compounds in agribusiness and their potential use as ingredients and functional food additives, given the chemical, nutraceutical and antioxidant properties of these compounds. Furthermore, this review also highlights the importance of bioactive compounds in human nutrition.

Key Words: *Health, polyphenols, carotenoids, bioactives, peptides.*

INTRODUCCIÓN

Los beneficios en la salud por consumir alimentos de origen vegetal y alimentos ricos en lípidos parecen estar relacionado con la presencia de un amplio número de sustancias que pertenecen al grupo de los denominados compuestos bioactivos. Estas sustancias químicas esenciales y no esenciales, considerados metabolitos secundarios aportan un beneficio a la salud, más allá de los constituyentes básicos de la nutrición, sus efectos beneficiosos están relacionados con el papel que juegan en la prevención de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, neurodegenerativas, síntomas de artritis, y además proporciona actividad dermatoprotectora, hepatoprotector, inmunomodular y anticancerígena, (Wang et al., 2020; Guo et al., 2020; Jackson, 2016).

Los estudios han demostrado repetidamente el importante papel de la alimentación para la salud humana, con evidencia creciente de estas pequeñas moléculas bioactivas en la dieta que influyen en varias vías metabólicas y sistemas inmunes (Alasalvar et al., 2020). Por lo tanto, la utilización de la alimentación dietética para combatir diversas enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes e incluso la enfermedad de Parkinson ha generado mucho interés en la investigación de los compuestos bioactivos en alimentos. Al agregar ingredientes bioactivos a los alimentos, intervienen muchos factores en su biodisponibilidad, entre ellos los componentes de la matriz que pueden ayudar a la concentración del fitoquímico, el proceso de producción de alimentos y las condiciones en las que se almacenará el producto (Santos-Fernandes et al., 2019). Sin embargo, aún no están claros los mecanismos de acción de estos compuestos, pero su efecto es el resultado de muchas interacciones tanto entre los distintos componentes de los alimentos, como con el propio organismo.

Como es bien sabido los vegetales son fuentes ricas en fibra, nutrientes minerales y vitaminas, no obstante, hoy día se ha demostrado que los vegetales son ricos en compuestos bioactivos, y los mismos apoyan significativamente la salud y nutrición humana al prevenir enfermedades degenerativas (Radovich, 2011; Sinha et al., 2011). Así mismo, estos componentes también están presentes, a menudo en concentraciones aún más altas, en los productos del procesamiento agroindustrial

de frutas y hortalizas. Tal hecho hace de estos productos una fuente atractiva para la extracción e identificación química de bioactivos, considerando las precauciones para preservar estas moléculas en la cadena de procesamiento de alimentos, convirtiendo de esta manera a los métodos de extracción en una estrategia de valorización atractiva para estos productos (Renard, 2018).

En este sentido, el objetivo de esta investigación es hacer una revisión actualizada de los principales avances científicos en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos, mostrando previamente el efecto de estas moléculas en la salud del consumidor.

COMPUESTOS BIOACTIVOS EN ALIMENTOS

Los compuestos bioactivos (CB) son conocidos como nutraceuticos, y son aquellos compuestos esenciales y no esenciales que se producen en la naturaleza siendo parte de la cadena alimentaria (Biesalski et al., 2009). Son sustancias químicas que se encuentran en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos. No obstante, se ha señalado que los péptidos son considerados también compuestos bioactivos que provienen de proteínas de diferentes alimentos. Los péptidos han sido encontrados principalmente en las proteínas de la leche (Al-Shamsi et al., 2018) y en derivados de esta como quesos o yogurts. Pero también se ha observado su existencia en otras proteínas animales, pescados y diversos vegetales como soja, arroz o garbanzo e incluso hongos. En este sentido, un CB es aquel compuesto químico de origen vegetal o animal que ejerce un efecto beneficioso para alguna función corporal del individuo reduciendo un riesgo de enfermedad (Vioque y Millan, 2005).

Esta definición es reforzada por otros investigadores que indican que un compuesto bioactivo, es aquel metabolito secundario de origen vegetal y animal que aporta un beneficio a la salud más allá de los considerados como nutrición básica, y que son vitales para el mantenimiento del ser humano (Batchu et al., 2013; Hasler y Brown 2009; Patil et al., 2009). Dentro del término actividad biológica se deben diferenciar tres aspectos importantes: las funciones (papel esencial), las acciones (respuestas, beneficiosas o adversas, fisiológicas o farmacológicas) y las asociaciones

(correlaciones de los componentes de los alimentos) con algún aspecto o finalidad fisiológica o clínica que puede o no mostrar una relación causal (Olmedilla y Granada, 2008).

En el reino vegetal se pueden distinguir cuatro grandes grupos de CB: sustancias fenólicas, sustancias terpénicas, sustancias azufradas y sustancias nitrogenadas (alcaloides). De estos cuatro grupos, son los tres primeros los que tienen mayor importancia agroindustrial como constituyentes de las frutas y hortalizas y los alimentos derivados con relevancia en la alimentación humana (Tomás-Barberán, 2003).

Las Sustancias fenólicas presentes en los vegetales han sido de los compuestos bioactivos más estudiados, habiendo sido identificados más de 8.000 compuestos divididos en varias subclases (Navarro-González y Periago, 2016). Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas con actividad antioxidante que incluye a los fenoles ácidos y flavonoides. Existe una gran variedad de fenoles ácidos distribuidos en productos de origen vegetal como son la curcumina, presente en el curry y la mostaza, el ácido cafeico, ferúlico y clorogénico que están presentes en frutas, semillas de café y soya (Milner, 2004). Los fenoles ácidos como: cumárico, caféico y ferúlico, inhiben la actividad de agentes mutágenos (Krizkova et al., 2000), estimulan la actividad de la enzima fenolsulfotransferasa implicada en la destoxicación de compuestos metabólicos potencialmente tóxicos (Yeh y Yen, 2003) y poseen actividad bactericida (Puupponen-Pimiä et al., 2001). Los flavonoides son los compuestos polifenólicos mejor estudiados que se caracterizan por tener una estructura de tres anillos formada de dos centros aromáticos y un heterociclo central oxigenado (Nijveltd et al., 2001). Dentro de los flavonoides con estructura básica C6-C3-C6, se incluyen a las antocianinas, los flavonoles, flavonas, las flavanonas, chalconas, dihidrochalconas, las isoflavo, isoflavonas y los flavan-3-oles (Tomás-Barberán, 2003).

Las Sustancias Terpénicas son moléculas lineales formadas de unidades poliméricas de isopreno con propiedades antioxidantes que protegen a lípidos y componentes celulares del ataque de agentes oxidantes como radicales libres de oxígeno, superóxido y grupos hidroxilo reactivos (Drago-Serrano, 2006). Los terpenos mejor conocidos son

el L (+) limoneno, el escualeno y los carotenoides, los cuales están ampliamente distribuidos en productos vegetales verdes, cereales y leguminosas. El L (+) limoneno es un monoterpeneo con moléculas únicamente de origen vegetal formadas por 10 carbonos isoprenoides y está presente en el aceite de la cáscara de cítricos y es precursor de otros monoterpeneos oxigenados monocíclicos como: carveol, carvona, mentol, alcohol perilil y perialdehído. El escualeno contiene seis unidades de isopreno y debe su nombre a que está presente en el aceite de hígado de tiburón, aunque también puede encontrarse en el aceite de amaranto, oliva, trigo, maíz y arroz. Los carotenoides son tetraterpenos que funcionan como antioxidantes. Los carotenoides más conocidos son el β caroteno, α caroteno, luteína, zeaxantina y licopeno (Halsted, 2003) están presentes en vegetales amarillos y rojos, y son abundantes, entre otras frutas, en cítricos, cerezas, albaricoque, níspero, ciruela amarilla, mango, melocotón, papaya y tomates (Kris-Etherton et al., 2002).

Las Sustancias Azufradas son compuestos órgano-sulfurados, algunos solubles en agua y otros liposolubles con potente actividad antioxidante. Las sustancias azufradas predominan en algunas verduras de la familia de la col, cebollas, ajos, berro, calabazas, entre otros y (Martínez-Navarrete et al., 2008). Dentro de estas sustancias se encuentran S-alilcisteína (SAC) y el S-alilmercaptocisteína (SAMC), los cuales son los componentes más abundantes de extractos envejecidos de ajo y la absorción intestinal eficiente le permite distribuirse rápidamente en el plasma e hígado. Otra de la sustancia es Alicina, el cual es el tiosulfinato más abundante del ajo y es un compuesto organo sulfurado, citotóxico, liposoluble, altamente inestable y volátil. De igual forma, dentro de las azufradas se encuentran los Isotiocianatos, que son compuestos órgano-sulfurados presentes en el berro, calabaza, brócoli entre otros. Algunos isotiocianatos inhiben a las enzimas de la fase I del metabolismo como es el complejo citocromo oxidasa p450. Este complejo favorece la conversión metabólica de carcinógenos para transformarlos en derivados capaces de unirse covalentemente a macromoléculas para formar aductos de ADN o de proteínas.

Las Sustancias Nitrogenadas son compuestos nitrogenados que suelen ser biológicamente muy activos en todo el reino vegetal, no obstante, pueden

dar problemas de toxicidad aun en cantidades muy bajas en los alimentos, como en el caso del alcaloide de la solanina en la patata (Tomás-Barberán, 2003). Por esta razón, en general, los programas de mejora y selección de vegetales se han dirigido a tratar de reducir el contenido en estos compuestos potencialmente tóxicos.

Por otro lado, los **péptidos bioactivos** son secuencias de aminoácidos de pequeño tamaño, entre 2 y 15 aminoácidos, inactivas dentro de la proteína intacta pero que pueden activarse al ser liberados bien durante la digestión gastrointestinal del alimento en el organismo del individuo ejerciendo diversas funciones metabólicas beneficiosas o por un procesado previo del mismo, como por ejemplo las proteínas de la leche, que son hidrolizadas durante la fabricación del queso (Vioque y Millan, 2005). En este sentido, en los últimos años un particular interés científico se ha enfocado en péptidos bioactivos cifrados en la proteína de la leche, ya que muchas evidencias indican que estos péptidos podrían constituir una herramienta valiosa contra diferentes enfermedades humanas (Aguilar-Toala et al., 2017). Estos beneficios para la salud se han asociado con las numerosas actividades biológicas que incluyen antioxidantes, opioides, antihipertensivos, antitrombóticos, inmunomoduladores y antitumorales, entre otros (Sah et al., 2014). Los péptidos con más de una actividad se prefieren respecto a los péptidos de actividad única, porque pueden desencadenar, modular o inhibir simultáneamente múltiples vías fisiológicas (Agyei et al., 2015; Sistla, 2013). En este particular, los péptidos derivados de la leche reportados como multifuncionales, son los derivados de la lactoferrina, los fosfopéptidos derivados de la caseína y los péptidos quimiotrénicos, obtenidos por hidrólisis enzimática usando pepsina, tripsina y quimotripsina, respectivamente (Agyei et al., 2015; Mandal et al., 2014; Sistla, 2013).

En la actualidad, a muchas de estas moléculas de origen vegetal y animal se les ha identificado y evaluado sus propiedades beneficiosas en la salud mediante estudios *in vivo* e *in vitro* (Navarro-González y Periago, 2016). Así mismo, los últimos avances biotecnológicos han permitido el desarrollo de nuevos productos agroindustriales incorporando compuestos bioactivos en diferentes matrices alimentarias. No obstante, todavía continúan las

investigaciones tanto para la identificación química, como en la búsqueda del efecto biológico de estas moléculas en la nutrición de los seres humanos.

COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LA NUTRICIÓN HUMANA

En los últimos años se ha puesto de manifiesto que la ingesta de frutas, verduras y bebidas, como vino o cerveza, disminuye la incidencia de factores de riesgo cardiovascular y otros procesos patológicos. Los compuestos bioactivos presentes en estos alimentos son los responsables de su efecto beneficioso (Batchu et al., 2013; Patil et al., 2009). Consistentes estudios epidemiológicos han concluido que existe una fuerte asociación entre el consumo vegetales (principalmente frutas y hortalizas) con una baja incidencia en el desarrollo de enfermedades como el cáncer (Reiss et al., 2012; Boffetta et al., 2010; Soerjomataram et al., 2010;) enfermedades cardiovasculares (George et al., 2012) y otras enfermedades crónicas (Cooper et al., 2012). Este efecto beneficioso de las frutas y hortalizas ha sido atribuido a un amplio grupo de moléculas químicas orgánicas denominadas fitoquímicos o CB, los cuales no son nutrientes esenciales y por tanto suponen un aporte extra nutricional. La composición en compuestos bioactivos de frutas y verduras es tan variada, tanto cualitativa como cuantitativamente, que se les asigna una actividad biológica muy versátil sobre la salud humana (Verschuren et al., 2011; Goldwasser et al., 2010; Cho et al., 2010).

En este particular, el consumo de mango (*Mangifera indica* L.), una de las frutas tropicales más importantes en producción a nivel mundial, proporciona cantidades significativas de compuestos bioactivos con un gran potencial para modular los factores de riesgo de enfermedades (Dembitsky et al., 2011; Machado y Schieber, 2010). Se ha informado que el contenido total de compuestos fenólicos en pulpa de mango oscila desde 9,0 hasta 208,0 mg/100 g (Gil, 2006). Los principales polifenoles del mango en términos de capacidad y/o la cantidad antioxidante son: manguiferina, catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácidos gálico y ácido elágico. Los flavonoles (quercetina, kaempferol, y ramnetina) están presentes principalmente como O-glucósidos, mientras que Manguiferina es un C-Glicósido y se produce tanto en su forma no esterificada y conjugado con ácido gálico (Arrázola et al., 2013; Dembitsky et al., 2011).

Así mismo, el vino tinto contiene una gran cantidad y variedad de compuestos bioactivos, siendo los polifenoles uno de los más importantes, llegando a contener entre 1.000 y 4.000 mg/ L de los distintos tipos de polifenoles (Basli et al., 2012). Esta característica se ha relacionado con el aumento de la actividad antioxidante, debido al aumento del contenido fenólico producido tras el proceso de maceración y envejecimiento de los vinos, de manera que a mayor concentración de fenoles totales, mayor es la capacidad antioxidante de los vinos tintos (Mulero et al., 2011). Principalmente, la capacidad antioxidante de los vinos tintos ha sido tradicionalmente relacionada con su contenido en flavanoles, antocianos y ácido tartárico. Sin embargo, la concentración de polifenoles totales es más importante a la hora de valorar la actividad antioxidante de un vino (Frankel et al., 1995). La ingesta de vino tinto reduce el estrés oxidativo del organismo, medido por la excreción de isoprostanos en orina, en mayor medida que la ingesta de mosto y etanol. Este descenso se debe principalmente al contenido en hidroxitirosol. Asimismo, la ingesta de vino tinto ejerce un efecto cardioprotector al reducir la excreción urinaria de las prostaglandinas pro- inflamatorias (2,3-dinor-11- β -PGF2 α , U-44619 y U-44069) y aumentar la de prostaglandinas vasodilatadoras (PGE1), mediada por su contenido en melatonina e hidroxitirosol (Marhuenda-Hernández, 2016).

En el mismo orden de ideas, el consumo de extractos añejos de ajo disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, mutagénesis, cáncer y otros padecimientos crónico-degenerativos asociados a la vejez como la enfermedad de Alzheimer. En este sentido, los compuestos sulfurados antioxidantes SAC y SAMC inhiben el daño ocasionado por reacciones oxidativas generadas por la vejez o enfermedades, reducen los niveles sanguíneos de LDL, tienen un efecto anti-inflamatorio, antiatrogénico y antitrombótico relacionado a su capacidad de inhibir la síntesis de prostanoides (Borek, 2001).

Por otro lado, los productos desarrollados con cereales, como el pan, han sido enriquecidos con complementos bioactivos, se han incorporado polifenoles de frutas como grosella y cereza para el enriquecimiento de los panes, incrementando la capacidad antioxidante. En este sentido, los fenoles

ácidos como cumárico, caféico y ferúlico, inhiben la actividad de agentes mutágenos (Krizkova et al., 2000), estimulan la actividad de la enzima fenolsulfotransferasa implicada en la destoxicación de compuestos metabólicos potencialmente tóxicos (Yeh y Yen, 2003) y poseen actividad bactericida (Puupponen-Pimiä et al., 2001).

En el caso de la tecnología de lácteos no se ha quedado atrás en la aplicación de compuestos bioactivos en matrices alimentarias, pues los últimos avances muestran la inclusión de extractos de frutas en los procesos de fabricación de derivados lácteos como yogures y quesos, obteniendo resultados muy positivos en la funcionalidad de los productos terminados que proporcionan una excelente nutrición (Cardenas-Baquero et al., 2016). Además de esto, en los últimos años un particular interés científico se ha enfocado en péptidos bioactivos cifrados en la proteína de la leche, ya que muchas evidencias indican que estos péptidos podrían constituir una herramienta valiosa contra diferentes enfermedades humanas (Aguilar-Toala et al., 2017). Estos beneficios para la salud se han asociado con las numerosas actividades biológicas que incluyen antioxidantes, opioides, antihipertensivos, antitrombóticos, inmunomoduladores y antitumorales, entre otros (Sah et al., 2014). Los péptidos con más de una actividad se prefieren respecto a los péptidos de actividad única, porque pueden desencadenar, modular o inhibir simultáneamente múltiples vías fisiológicas (Agyei et al., 2015; Sistla, 2013;). En este sentido, los péptidos derivados de la leche reportados como multifuncionales, son los derivados de la lactoferrina, los fosfopéptidos derivados de la caseína y los péptidos quimiotrénicos, obtenidos por hidrólisis enzimática usando pepsina, tripsina y quimotripsina, respectivamente (Agyei et al., 2015; Mandal et al., 2014; Sistla, 2013).

MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

El interés que existe por la relación de los compuestos bioactivos en alimentos y los beneficios a la salud ha dado lugar al desarrollo de una gran variedad de métodos analíticos en los que se incluyen las etapas de extracción, separación y cuantificación. En la extracción las dos técnicas más utilizadas son la extracción por disolventes orgánicos y la extracción con fluidos supercríticos. Varios métodos analíticos están disponibles para identificar los

compuestos bioactivos en alimentos, pero según Porgali y Büyüktünel (2012) la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y la cromatografía de gases (GC) son los más ampliamente utilizados. No obstante, en la Tabla 01 se visualizan estudios recientes y se demuestra que la cromatografía de líquidos de alta eficiencia es la técnica hoy día más empleada para la extracción y cuantificación de compuestos bioactivos (Nardini y Garaguso, 2020; De Oliveira et al., 2020; Ortega-Sanchez et al., 2020; Valentin et al., 2020), en vista que es un método con alta sensibilidad y alta eficiencia en la separación, en el que normalmente se usa una columna C18 en fase invertida con un sistema binario de disolventes que consiste en agua acidificada y un disolvente orgánico polar. Sin embargo, también se han descrito otros métodos para la extracción y cuantificación de compuestos bioactivos como la extracción asistida con ultrasonido (EAU): Normal y Pulsado (Chakraborty et al., 2020), extracción con absorción de barra agitada (SBSE) con el sistema cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) (Santos-Leite et al., 2019), así como la extracción con electroforesis capilar, que es otra técnica alternativa para la separación y determinación de algunos compuestos bioactivos, debido a su eficacia en la separación y rapidez del proceso y bajo consumo de muestras y reactivos (Al-Shamsi et al., 2018). También se han realizado extracciones asistidas por enzimas, entre otros métodos (Tabla 1).

Sin embargo, algunas veces el método a utilizar para la identificación de compuestos bioactivos depende del tipo de alimento. Aun cuando en los vinos se ha usado comúnmente HPLC, existen otras técnicas que han ganado popularidad, y es el caso de las técnicas de la espectroscopia vibracional (Bevilacqua et al., 2013) debido a sus características: velocidad, fiabilidad, sin esfuerzo, respetuoso con el ambiente, requiere tratamientos de mínima muestra, capacidad para procesar muestras grandes en poco tiempo. Por lo tanto, son una alternativa al método más convencional para el análisis químico. La ventaja de usar espectros infrarrojos es que representa la absorbancia combinada de todos los componentes en la matriz del vino, en lugar de simplemente la composición de unos pocos compuestos químicos (Bevin et al., 2006). Además, este método permite el acoplamiento con las técnicas multivariante para desarrollar modelos predictivos. Un ejemplo de

esto es la espectroscopia de infrarrojo medio de transformación de Fourier (FT-MIR) acoplado a la quimiometría, que ha sido aplicada en el análisis y cuantificación de una amplia gama compuestos bioactivos (Grijalva-Verdugo et al., 2018; Preserova et al., 2015; Silva et al., 2014; Fragoso et al., 2011).

CONCLUSIONES

Los compuestos bioactivos o fitoquímicos son aquellas sustancias químicas esenciales y no esenciales, considerados metabolitos secundarios que provienen del reino vegetal o animal y que aportan un beneficio extra nutricional muy versátil sobre la salud, para alguna función corporal del individuo reduciendo un riesgo de enfermedad. No existe una clasificación definitiva para los compuestos bioactivos, en vista de su reciente, constante y creciente avance, sin embargo, se pueden agrupar en sustancias fenólicas, sustancias terpénicas, sustancias azufradas, sustancias nitrogenadas y péptidos bioactivos, y generalmente estos compuestos se encuentran en alimentos, principalmente en frutas, verduras, nueces, aceites, granos integrales, proteínas de la leche, pescados, entre otros.

La cromatografía de líquidos de alta eficiencia es la técnica hoy día más empleada para la extracción y cuantificación de compuestos bioactivos, en vista que es un método con alta sensibilidad en los detectores, alta especificidad, alta eficiencia en la separación y que además los componentes de la muestra se distribuyen por afinidad entre una fase móvil líquida y la fase estacionaria, no obstante también se usan otras técnicas como la extracción asistida por ultrasonido, normal y pulsada, extracción con absorción de barra agitada (SBSE) con el sistema cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, electroforesis capilar, espectroscopia de infrarrojo, así como métodos colorimétricos.

Tabla 1. Estudios recientes donde se demuestran los métodos-equipos utilizados en el análisis de compuestos bioactivos en alimentos, su efecto metabólico y efecto en la salud.

ALIMENTO	METODOS-EQUIPOS	COMPUESTO BIOACTIVO	EFEECTO METABÓLICO	EFECTOS EN LA SALUD	REFERENCIA
Cervezas de: Cereza, frambuesa, durazno, albaricoque, uva, ciruela, naranja y Manzana	HPLC	Flavonoides Catequina, Quercetina Miricetina, Resveratrol Ácidos Fenólicos (clorogénico, neoclorogénico, p-cumárico y cafeico).	Posible modificación oxidativa de las lipoproteínas de baja densidad (LDL)	Prevención de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer	Nardini y Garaguso, 2020.
Vinos	HPLC acoplado a espectrómetro de masas de triple cuadrupolo (MS / MS)	Ácido Galico Ácido cafeico Quercetina Ácido ferúlico Resveratrol	Propiedades antioxidantes	Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y proporciona actividad: Dermoprotector, Hepatoprotector Anticancerígeno,	Valentin et al., 2020
Calabaza amarga o Melón amargo	Extracción Asistida por Ultrasonido (EAU): Normal y Pulsado	Polifenoles totales	Antioxidante natural	Disminuye estrés oxidativo	Chakraborty et al., 2020
Aroeira (Pimienta Brasileña o Rosa)	U-HPLC Espectrometría de masa iónica	Flavonoides Biflavonoides Caroteno Ácido linoleico	Antioxidante natural	Disminuye el daño causado por estrés oxidativo	De Oliveira et al., 2020
Maracuyá (Passiflora setacea)	HPLC Shimadzu Espectrofotómetro	Perfil Flavonoides Aminas Bioactivas Vitamina C Fenoles Totales	Propiedades antioxidantes Mayor Fagocitosis de Patógenos y Células tumorales	Favorece el sistema inmunológico	Ortega-Sanchez et al., 2020
Bagazo de Maracuyá	Extracción de Líquido a Presión (PLE) Asistida por Ultrasonido.	Compuestos Fenoles Piceatannol Estilbeno	Propiedades antioxidantes	Posible prevención contra peroxidación de lípidos y ácidos nucleicos, aterogénesis y cáncer.	Viganó et al., 2020
Guanabana y Polvo de Guanabana	Extracción con Absorción de Barra Agitada (SBSE) con el sistema GC-MS)	Fenoles Totales Carotenoide Flavonoides	Propiedades antioxidantes	Disminuye posibilidades de infartos de miocardios	Santos-Leite et al., 2019.
Leche de Camello	Electroforesis HPLC	Péptidos Bioactivos	Propiedades antioxidantes	Previenen enfermedades degenerativas y envejecimientos	Al-Shamsi et al., 2018
Vinos Cabernet Sauvignon	Espectroscopia infrarroja media por transformada de Fourier (FT-MIR)	Fenólicos Totales Antocianinas totales, Taninos, Flavonoides.	Propiedades antioxidantes	Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y cancerígenas	Grijalva-Verdugo et al., 2018
Té de Hierbas	Métodos colorimétricos HPLC	Polifenoles totales Flavonoides Proantocianidinas Taninos, Carotenoides Alcaloides	Propiedades antioxidantes	Previene enfermedades cardiovasculares	Qasim et al., 2017
Helado a base de Caqui (Kaki)	Espectrofotómetro Agilen 8453	Actividad antioxidante	Propiedades antioxidantes	Disminuye el estrés oxidativo	Karaman et al., 2014

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Toalá, J.E; Santiago-López, L; Peres†, C.M; Peres‡, C; Garcia§, H.S; Vallejo-Cordoba, B; González-Córdova, A.F. y Hernández-Mendoza, A. 2017. Assessment of multifunctional activity of bioactive peptides derived from fermented milk by specific *Lactobacillus plantarum* strains. *Journal of Dairy Science*, 100 (1): 65-75. Recuperado de <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11846>
- Agyei, D; Potumarthi, R; Danquath. M.K. 2015. Food-derived multifunctional bioactive proteins and peptides: Sources and production V.K. Gupta, M.G. Tuohy (Eds.), *Biotechnology of Bioactive Compounds. Sources and Applications*, Wiley Blackwell, Oxford, UK, pp. 483-506.
- Alasalvar, C; Salvadó, J.S; Ros, E. 2020. Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits. *Food Chemistry*, 314 (1): 126192. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126192>
- Al-Shamsi, K. A; Mudgil, P. Mohamed-Hassan, H. y Maqsood, S. 2018. Camel milk protein hydrolysates with improved technofunctional properties and enhanced antioxidant potential in vitro and in food model systems. *Journal of Dairy Science*, 101(1): 47-60. Recuperado de <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13194>
- Arrázola, G., Rojano, A., Díaz, A. 2013. The antioxidant capacity of five mango cultivars (*Mangifera indica* L.) and evaluation of its performance in a food matrix. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7 (2): 161-172.
- Batchu, S., Chaudhary, K., Wiebe, G., Seubert, J. 2013. *Bioactive Compounds in Heart Disease*, Chapter 28. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Cardiovascular Disease*. University of Alberta, Edmonton, AB, Canada.
- Basli, A; Soulet, S; Chaher, N; Mérillon, J.M; Chibane, M; Monti, J.P; Richard, T. 2012. Wine polyphenols: Potential agents in neuroprotection. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.
- Bevilacqua, M; Bucci, R; Materazzi, S; Marini, F. 2013. Application of near infrared (NIR) spectroscopy coupled to chemometrics for dried egg-pasta characterization and egg content quantification. *Food Chemistry*, 140(4), 726–734. Recuperado de [doi:10.1016/j.foodchem.2012.11.018](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.018)
- Bevin, C. J; Fergusson, A. J; Perry, W. B; Janik, L. J; Cozzolino, D. 2006. Development of a rapid “fingerprinting” system for wine authenticity by mid-infrared spectroscopy. *Journal of Agricul.*
- Biesalski, H; Dragsted, L; Elmadfa, I; Grossklauss, R; Muller, M; Schrenk, D; Walter, P; Weber, P. 2009. Bioactive compounds: Safety and efficacy. *Special article Nutrition* 25 (12): 1206 – 1211.
- Boffetta, P; Couto, E; Wichmann, J; Ferrari, P; Trichopoulos, D; Bueno de Mesquita, H.B. 2010. Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Natl Cancer Inst.*; 102(8): 529-37.
- Borek C. 2001. Antioxidant health effects of aged garlic extract. *Journal of Nutrition*, 131 (3S): 1010S–1015S.
- Cárdenas-Baquero, G; Arrazola G; Villalba, M. 2016. Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Ingenium*, 33: 29-40.
- Chakraborty, S; Uppaluri, R; Das, C. 2020. Optimization of ultrasound-assisted extraction (UAE) process for the recovery of bioactive compounds from bitter melon using response surface methodology (RSM). *Food and Bioprocess Processing*, 120 (March): 114-122. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.003>
- Cho, A-S; Jeon, S-M; Kim, M-J; Yeo, J; Seo, K-I; Choi, M-S. 2010. Chlorogenic acid exhibits anti-obesity property and improves lipid metabolism in high-fat diet-induced-obese mice. *Food Chem Toxicol.* 48(3): 937-43.
- Cooper, A.J; Forouhi, N.G; Ye, Z; Buijsse, B; Arriola, L; Balkau, B. 2012. Fruit and vegetable intake and type 2 diabetes: EPICInterAct prospective study and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr.* 66(10): 1082-92.
- Dembitsky, V., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S. 2011. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International* 44 (7): 1671 – 1701.
- De Oliveira, V.S; Augusta I.M; Da Conceição-Braz M; Riger, C.J; Ribeiro, E. P; Frankland-Sawaya A; Rodrigues-Sampaio G; Ferraz da Silva, E.A. y Saldanha, Tatiana. 2020. Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant:

- Chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 315: 126274. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126274>
- Drago-Serrano, M; López-López, M; Sainz-Espuñes, T. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37 (4): 58-68.
- Fragoso, S; Aceña, L; Guasch, J; Mestres, M; Busto, O. 2011. Quantification of phenolic compounds during red winemaking using FT-MIR spectroscopy and PLS-regression. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(20): 10795–10802. Recuperado de [doi:10.1021/jf201973e](https://doi.org/10.1021/jf201973e)
- Frankel, E.N; Waterhouse, A.L; Teissedre, P.L. 1995. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(4):890-894.
- George, T.W; Paterson, E; Waroonphan, S; Gordon, M.H; Lovegrove, J.A. 2012. Effects of chronic consumption of fruit and vegetable puree-based drinks on vasodilation, plasma oxidative stability and antioxidant status. *J Hum Nutr Diet*, 25(5): 477-87.
- Gil, M; Aguayo, E; Kader, A. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: (12) 4284 – 4296.
- Goldwasser, J; Cohen, P.Y; Yang, E; Balaguer, P; Yarmush, M.L; Nahmias, Y. 2010. Transcriptional regulation of human and rat hepatic lipid metabolism by the grapefruit flavonoid naringenin: role of PPARalpha, PPARgamma and LXRalpha. *PLoS ONE*. 5(8): e12399.
- Grijalva-Verdugo, C; Hernández-Martínez, M; Meza- Márquez, O. G; Gallardo-Velázquez, T. y Osorio-Revilla, G. 2018. Espectroscopía FT-MIR y análisis multivariante para la determinación de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en los vinos Cabernet Sauvignon. *CYTA—journal of food*, 16 (1): 561–569.
- Guo, Q; Wang, N; Liu, H; Li, Z; Lu, L; Wang, C. 2020. The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L.—A review. *Journal of Functional Foods*, 65 (February): 103727. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103727>
- Halsted C.H. 2003. Dietary supplements and functional foods: 2 sides of a coin? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(Suppl):1001S-1007S.
- Hasler, C.M; Brown, A.C. 2009. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: functional foods. *J Am Diet Assoc*. 109(4): 735-746.
- Jackson, R. S. 2016. Wines: Wine and health. In Caballero, B; Finglas, P. M; Toldrá (Eds.), *F. Encyclopedia of food and health* (pp. 562–571). Oxford, UK: Academic Press.
- Karaman, S; Said-Toker†, Ö; Yüksel, F; Çam, M; Kayacier, A. y Dogan, M. 2014. Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of Dairy Science*, 97(1): 97-110. Recuperado de <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7111>
- Kris-Etherton, P.M; Hecker, K.D; Bonanome, A; Coval, S.M; Binkoski, A.E; Hilpert, K.F. 2002. Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am J Med.*; 113:71-88.
- Krizkova, L; Nagy, M; Polonyi, J; Dobias, J; Belicova, A; Grancai, D; Krajcovic, J. 2000. Phenolic acids inhibit chloroplast mutagenesis in *Euglena gracilis*. *Mutation Research*, 469 (1): 107-104.
- Machado, S; Schieber, A. 2010. Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera Indica* L.). Federal University of Vicosa, Department of Health and Nutrition, Vicosa, Minas Gerais State, Brazil. Chapter 34.
- Mandal, S.M; Bharti, R; Porto, W; Gauri, S.S; Mandal, M; Franco, O. y Ghosh, A.K. 2014. Identification of multifunctional peptides from human milk *Peptides*, 56: 84-93. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.peptides.2014.03.017>
- Marhuenda-Hernández, J. 2016. Compuestos bioactivos en vino tinto y su efecto sobre el estrés oxidativo y marcadores vasculares, de inflamación, mutagénesis y degeneración del sistema nervioso central tras su ingestión dietética por voluntarios sanos. Universidad Católica de Murcia. Programa de Doctorado en Nutrición y Seguridad Alimentaria. Tesis Doctoral. 200 pg.
- Martínez-Navarrete, N; Camacho Vidala, M;

- Martínez Lahuerta, J. J. 2008. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética*, 12(2):64-8.
- Milner J.A. 2004. Molecular targets for bioactive food components. *Journal of Nutrition*, 134(9):2492S-2498S.
- Mulero, J; Zafrilla, P; Cayuela, J.M; Martínez-Cachá, A. Pardo, F. 2011. Antioxidant activity and phenolic compounds in organic red wine using different winemaking techniques. *Journal of Food Science*, 76(3):436-40.
- Nardini, M. y Garaguso, I. 2020. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, 305 (1): 125437. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
- Navarro-González, I. y Periago, M. J. 2016. El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional? *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4): 323 – 335.
- Nijveltd, R.J; van Nood, E; van Hoorn, D. E.C; Boelens, P.G; van Norren, K; van Leewen, P.A.M. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74 (4):418-425.
- Olmedilla Alonso B, Granado Lorenzo F. 2008. Componentes bioactivos. En: *Alimentos Funcionales. Aproximación a una Nueva Alimentación*. Dirección general de salud pública y alimentación; 170-93.
- Ortega-Sanchez, B; Costa-Celestino, S; De Abreu, M. B; Costa-Celestino, I; OrdóñezLozada, M; Araújo-Júnior S; Rodrigues de Alencar, E. y De Oliveira, L. 2020. Pasteurization of Passion Fruit *Passiflora Setacea* Pulp To Optimize Bioactive Compounds Retention. *Food Chemistry*. In Press. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100084>
- Patil, B; Jayaprakasha, G; Chidambara, K; Vikram, A. 2009. Bioactive compounds: historical perspectives, opportunities, and challenges. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (18): 8142 – 8160.
- Porgali, E; y Büyüktuncel, E. 2012. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. *Food Research International*, 45(1): 145–154. Recuperado de [doi:10.1016/j.foodres.2011.10.025](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.025)
- Preserova, J., Ranc, V., Milde, D., Kubistova, V., & Stavek, J. 2015. Study of phenolic profile and antioxidant activity in selected Moravian wines during winemaking process by FT-IR spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10): 6405–6414. Recuperado de [doi:10.1007/s13197-014-1644-8](https://doi.org/10.1007/s13197-014-1644-8)
- Puupponen-Pimiä R; Nohynek, L; Meier, C; Kähkönen, M; Heinonen, M; Hopia, A; Oksman-Caldentey, K.M. 2001. Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *Journal of Applied Microbiology*, 90 (4): 494-507.
- Qasim, M; Abideen, Z; Adnana, M.Y; Gulzar, S; Gul, B; Rasheed, M; Khan, M.A. 2017. Antioxidant properties, phenolic composition, bioactive compounds and nutritive value of medicinal halophytes commonly used as herbal teas. *South African Journal of Botany*, 110: 240-250. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.10.005>
- Radovich, T.J.K. 2011. Biology and classification of vegetables. N.K. Sinha, Y.H. Hui, E.O. Evranuz M. Siddiq, J. Ahmed (Eds.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, Blackwell Publishing Ltd, Iowa, USA, pp. 1-22.
- Renard, C.M. 2018. Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives. *LWT*, 93 (July): 390-395. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.063>
- Reiss, R; Johnston, J; Tucker, K; DeSesso, J.M; Keen, C.L. 2012 Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. *Food Chem Toxicol*, 50(12): 4421-4427.
- Sah, B.N; Vasiljevic, T; Mckechnie, S; Donkor, O.N. 2014. Effect of probiotics on antioxidant and antimutagenic activities of crude peptide extract from yogurt. *Food Chem.*, 156: 264-270. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.105>
- Santos-Fernandes, S; Silveira-Coelho, M; Salas-Mellado, M. 2019. Chapter 7 - Bioactive Compounds as Ingredients of Functional Foods: Polyphenols, Carotenoids, Peptides From Animal and Plant Sources New. *Bioactive Compounds, Health Benefits and Potential Applications*: 129-142. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00007-4>

- Santos-Leite, M. T; Silvade Jesus, N. M; Alves da Silva, J; Santos-Araujo, H. C; Dutra-Sandes, R; Shanmugam, S; Narain, N. 2019. Effect of spray drying on bioactive and volatile compounds in soursop (*Annona muricata*) fruit pulp. *Food Research International*, 124 (October): 70-77. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.039>
- Silva, S. D; Feliciano, R. P; Boas, L. V; Bronze, M. R. 2014. Application of FTIR-ATR to Moscatel dessert wines for prediction of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 150: 489–493. Recuperado de doi:10.1016/j.foodchem.2013.11.028
- Sinha, N.K; Hui, Y.H; Evranuz, E.O; Siddiq, M; Ahmed, J. (Eds.). 2011. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, Blackwell Publishing Ltd, Iowa, USA.
- Sistla, S. 2013. Structure-activity relationship of α -casein peptides with multifunctional biological activities. *Mol. Cell. Biochem*, 384: 29-38. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1007/s11010-013-1778-4>
- Soerjomataram, I; Oomen, D; Lemmens, V; Oenema, A; Benetou, V; Trichopoulou, A. 2010. Increased consumption of fruit and vegetables and future cancer incidence in selected European countries. *Eur J Cancer*. 46(14): 2563-80.
- Tomás-Barberán F.A. 2003. Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alimentación, Nutrición y Salud*, 10:41-53.
- Valentin, L; Barroso, L; Barbosa, R. M; De Paulo, G.I; Castro, A. 2020. Chemical typicality of South American red wines classified according to their volatile and phenolic compounds using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 302 (1): 125340. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125340>
- Verschuren, L; Wielinga, P.Y; van Duyvenvoorde, W; Tijani, S; Toet, K; van Ommen, B. 2011. A dietary mixture containing fish oil, resveratrol, lycopene, catechins, and vitamins E and C reduces atherosclerosis in transgenic mice. *J Nutr*. 141(5): 863-9.
- Viganó, J; De Paula-Assis, B. F; Náthia-Neves, G; Santos, P; Meireles, A. A; Carvalho-Veggi, P; Martínez, J. 2020. Extraction of bioactive compounds from defatted passion fruit bagasse (*Passiflora edulis* sp.) applying pressurized liquids assisted by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 64: 104999. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104999>
- Vioque, J. y Millán, F. 2005. Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. *JOUR*. 26. En línea https://www.researchgate.net/publication/39389861_Los_peptidos_bioactivos_en_alimentacion_nuevos_agentes_promotores_de_salud
- Wang, N.F; Zhang, X.J; Wang, S.W; Guo, Q.B; Li, Z.J; Liu, H.H. 2020. Structural characterisation and immunomodulatory activity of polysaccharides from white asparagus skin *Carbohydrate Polymers*, 227: 115314, 10.1016/j.carbpol.2019.115314
- Yeh C.T., Yen G.C. 2003. Effects of phenolic acids on human phenolsulfotransferases in relation to their antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51(5): 1474-1479.

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y DEGRADACIÓN CINÉTICA DE ANTOCIANINAS EN EXTRACTOS DE HIBISCUS SABDARIFFA L.

(Bioactive compounds and kinetic degradation of anthocyanins in extracts of *Hibiscus sabdariffa* L.)

Jeanmar Villarroel¹, Neida S. Sanabria¹, Liz Pérez²

¹Universidad Simón Bolívar, Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Edif. Aulas. Piso 3. Oficina 317^a. Valle de Sartenejas, Baruta, Edo Miranda. ²Iksir CA, Caracas, Venezuela
e-mail: nsanabria@usb.ve

Autor de correspondencia: Neida S. Sanabria¹

Recibido: 25-03-2020

Aceptado: 15-04-2020

RESUMEN

Hibiscus sabdariffa L., conocida como Flor de Jamaica, se ha utilizado tradicionalmente en bebidas herba-les frías y calientes, siendo una fuente en antocianinas y otros compuestos bioactivos. Su estabilidad térmi-ca y cuantificación de compuestos antioxidantes a partir de tres condiciones de extracción fue el objetivo central del presente estudio. Las mayores concentraciones de los compuestos bioactivos tipo polifenoles y antocianos se observaron en el extracto de mayor concentración etanólica (96%), seguido del extracto eta-nólico al 50% y el extracto etanólico ligeramente acidificado con ácido cítrico. La actividad antioxidante de los extractos fue evaluada considerando su capacidad para atrapar el radical libre 2,2-difenil-1-picril-hidra-zil (DPPH). La tendencia de la actividad antioxidante fue la opuesta, con el extracto etanólico ligeramente acidificado mostrando el valor más bajo de IC50. La degradación de las antocianinas sigue una cinética de primer orden, lo que permite determinar las constantes de velocidad de reacción (k) y vida media ($t=1/2$). La dependencia de la temperatura de la tasa de degradación de las antocianinas se modeló mediante la ecuación de Arrhenius, y se determinó la energía de activación asociada a la reacción (Ea) para cada uno de los extractos preparados. Los resultados sugieren que la estabilidad de antocianos en *Hibiscus sabdariffa* L. disminuye en aplicaciones que superen los 40°C y los 30 minutos, por lo que su empleo como ingrediente en formulaciones de alimentos debe considerar estas condiciones para mayor preservación de color.

Palabras Clave: *Hibiscus sabdariffa* L., antioxidantes, Arrhenius, energía de activación, antocianinas.

SUMMARY

Hibiscus sabdariffa L., known as Flor de Jamaica, has traditionally been used in hot and cold herbal bevera-ges, being a source of anthocyanins and other bioactive compounds. Its thermal stability and quantification of antioxidant compounds from three extraction conditions was the central objective of the present study. The highest concentrations of the bioactive compounds like polyphenols and anthocyanins were observed in the extract with the highest ethanolic concentration (96%), followed by the ethanolic extract at 50% and the ethanolic extract slightly acidified with citric acid. The antioxidant activity of the extracts was evaluated considering their ability to trap the free radical 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH). The trend of antioxi-dant activity was the opposite, with the slightly acidified ethanolic extract showing the lowest IC50 value. The degradation of anthocyanins follows first-order kinetics, which allows determining the constants of re-action rate (k) and half-life ($t = 1/2$). The dependence of temperature on the degradation rate of anthocyanins was modeled using the Arrhenius equation, and the activation energy associated with the reaction (Ea) was determined for each of the prepared extracts. The results suggest that the stability of anthocyanins in *Hibis-cus sabdariffa* L. decreases in applications that exceed 40 °C and 30 minutes, so its use as an ingredient in food formulations should consider these conditions for greater color preservation.

Key Words: *Hibiscus sabdariffa* L., antioxidants, Arrhenius, anthocyanins, activation energy.

INTRODUCCIÓN

Hibiscus sabdariffa L., comúnmente conocida como Flor de Jamaica, ha sido aceptada positivamente en Venezuela a través de sus diversas preparaciones. A nivel comercial, sus cálices deshidratados son apreciados debido a la obtención del color rojo natural, derivado de su composición en antocianinas, con aplicación en la industria alimenticia y farmacéutica. Las fuentes de naturalidad constituyen hoy día tendencia en el mercado global, dado que colorantes artificiales que son comúnmente añadidos en alimentos, bebidas, postres, caramelos y productos horneados por su estabilidad y uniformidad, son no deseables debido a su naturaleza carcinógena (Pragalyaashree et al., 2018). A los extractos de rosa Jamaica se le atribuyen cualidades terapéuticas, por lo que su consumo para hipertensión, dislipidemia, hiperuricemia ha sido estudiado, así como su efectividad en atrapar especies reactivas de radicales libres además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la aglutinación de plaquetas (Garzón, 2008; Patricio, 2012; Castañeda y Cáceres, 2014; Castillo et al., 2017).

Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides, son responsables de un amplio abanico de colores en vegetales, que van desde el azul, pasando por el púrpura, el violeta, el magenta y el rojo hasta el amarillo (Damodaran et al., 2010). Su empleo a nivel tecnológico e industrial es afectado por condiciones de procesamiento tales como pH, exposición al oxígeno y temperaturas. En la actualidad el empleo de ingredientes naturales conteniendo sustancias bioactivas de interés propicia un aspecto particular en el procesamiento industrial y en el almacenamiento al tomar en cuenta la estabilidad de las mismas en productos elaborados. En Venezuela, el uso y aplicación tecnológica e industrial de los extractos provenientes de flor de jamaica no ha sido reportado, por ello el objetivo principal de esta investigación es evaluar la capacidad antioxidante, polifenoles y la cinética de degradación térmica de antocianinas en extractos de *Hibiscus sabdariffa* L., a partir de tres condiciones de extracción mediante la ecuación de Arrhenius, considerando variables la temperatura y el tiempo de exposición.

MATERIALES Y METODOS

Selección y tratamiento de la muestra. Se utilizaron tres muestras deshidratadas y molidas de un

mismo lote de polvo de flor de Jamaica deshidratados provenientes de Nigeria – África Occidental (Iksir, 2019). Se aplicó tres tratamientos para la extracción de las antocianinas mediante lixiviación discontinua en la muestra en polvo, con variación en los solventes utilizados en la maceración, siguiendo la metodología planteada por Sotomayor et al. (2017): extracción con etanol al 96% (1), extracción con solución de etanol al 50% acidificado con ácido cítrico (2) y extracción con solución de etanol al 50% (3). Las extracciones fueron realizadas a 25°C, y las muestras se dejaron en reposo por 24 horas. Se empleó un rotaevaporador con velocidad de rotación de 10 rpm y vacío fijo para concentrar los extractos acuosos.

pH. Se evaluó con el uso del potenciómetro ThermoScientific® mediante el método AOAC 981.176 (2005). Las mediciones fueron por triplicado.

Polifenoles totales. Se determinó por método espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu, con una absorbancia de 765nm para lectura de los resultados. Los resultados se expresan en mg de ácido gálico por 100ml del concentrado (Singleton y Rossi, 1965).

Contenido total de Antocianinas. Se calculó utilizando el método de pH diferencial según Hellström et al. (2013) y Edilberto et al. (2018), para determinar la concentración de antocianinas monoméricas presentes a dos pH diferentes por espectrofotometría a dos longitudes de onda 520 y 700nm. El análisis se realizó por triplicado y los resultados se reportan en mg/L de cianidina-3-glucósido.

Actividad antioxidante. Se usó una adaptación del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) descrito por Giusti y Wrolstad (2005). En placas ELISA a 50µl de extractos se agregaron 150µl de DPPH. Después de la incubación por 30 minutos, se midió la absorbancia de las muestras a λ_{max} 515nm y se comparó con una solución de control compuesta de 150µl de DPPH con 36 y 50 µl de metanol. Los porcentajes de inhibición fueron calculados con la ecuación que se muestra a continuación:

“%” de Inhibición

$$= \frac{(\text{Absorbanciacontrol} - \text{Absorbanciamuestra})}{\text{Absorbanciacontrol} * 100} \%”$$

Medianteregresiónlinealentre las concentraciones y el porcentaje de inhibición se determinaron los valores de IC50, representando la concentración ($\mu\text{g/ml}$) del extracto necesario para reducir el 50% del radical DPPH.

Estabilidad y Degradación cinética de los extractos. A cada extracto se le aplicó tratamiento térmico por triplicado a tres temperaturas (40°C , 70°C y 100°C) por tres tiempos previamente establecidos (30 minutos, 60 minutos y 90 minutos). El orden de la cinética de degradación de las antocianinas fue determinado a través de la variación de su concentración en los extractos en función del tiempo de tratamiento térmico. El análisis estadístico de regresión fue empleado mediante el software Libre Office Calc 6.0. Se determinaron valores para el coeficiente de correlación (R) y de media del error absoluto (MEA) (Willmott et al., 2005). Se procedió a determinar mediante las ecuaciones y gráficas correspondientes los parámetros de constante de velocidad de reacción, tiempo de vida media y energía de activación. Con el objeto de determinar cuál de los modelos de orden reacción es el que describe mejor la cinética de degradación térmica de antocianinas se llevó a cabo un análisis de regresión. Pese a que los valores de R en ambos modelos exhiben gran similitud, los valores de MEA obtenidos sí mostraron una gran diferencia. Esta media del error absoluto describe la diferencia entre el valor obtenido de Y (en este caso concentración o $\ln C/C_{\text{inicial}}$) para un valor de X específico (en este caso tiempo). Valores más pequeños de MEA sugieren un mejor ajuste. Por tanto, los mayores valores de MEA obtenidos para el modelo de orden cero en cada extracto indican que el modelo de orden cero no es el idóneo para describir la cinética de degradación de las antocianinas, lo que corresponde con lo previamente reportado (Garzón y Wrolstad, 2002; Wang y Xu, 2007). A partir de ello, los datos experimentales para la degradación térmica de antocianinas se ajustaron a una cinética de orden uno, por lo que los parámetros cinéticos de esta degradación (constante de velocidad, k y tiempo de vida media, $t_{1/2}$) fueron calculados a partir de las ecuaciones que correspondiente a cinética de primer

orden. Las energías de activación fueron calculadas mediante ecuación de Arrhenius (Loypimai et al., 2016), graficando $\ln K$ contra el recíproco de la temperatura absoluta ($1/T$), donde la pendiente de la gráfica lineal es equivalente a $-E_a/R$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un factor esencial en la estabilidad del color de los extractos lo representa su valor de pH. Los valores bajos de pH obtenidos para cada uno de los extractos (Tabla 1), es consecuencia directa de la naturaleza ácida de los cálices, siendo los cationes flavilio el grupo que proporciona el color rojo característicos de los extractos a pH menores a 3 (Preosti et al., 2007). A valores de pH superiores a 5, la estructura del catión se ve modificada a la de base quinoidal, resultando en un cambio de coloración hacia azul (Medina-Carrillo et al., 2013), no presente en este caso de estudio.

Tabla 1. pH, contenido de polifenoles y antocianinas en extractos de *Hibiscus sabdariffa* L.

Extracto	pH	Polifenoles totales (mg ácido gálico/100g de muestra)	Antocianinas (mg/mL cianidina-3-glucósido)
1	2,64 \pm 0,020a	254,40 \pm 0,46a	372,51 \pm 0,17a
2	2,27 \pm 0,015b	195,02 \pm 0,92b	346,40 \pm 1,44b
3	2,69 \pm 0,040a	208,81 \pm 0,74c	358,38 \pm 1,03c

En todos los casos se observa que un mayor contenido acuoso y la acidificación del medio afecta la extracción de compuestos polifenólicos y antociánicos, siendo la extracción etanólica al 96% el medio que proporciona mayor contenido de estos compuestos. Dado que las antocianinas son más solubles en etanol que en agua, los valores de concentración más elevados para el extracto 1 sugiere una baja presencia de antocianinas hidrofílicas en los extractos preparados (Mohamed et al., 2016).

Capacidad antioxidante

La Figura 1 ilustra los valores de concentración inhibitoria media (IC50), determinados a partir de los distintos porcentajes de inhibición calculados.

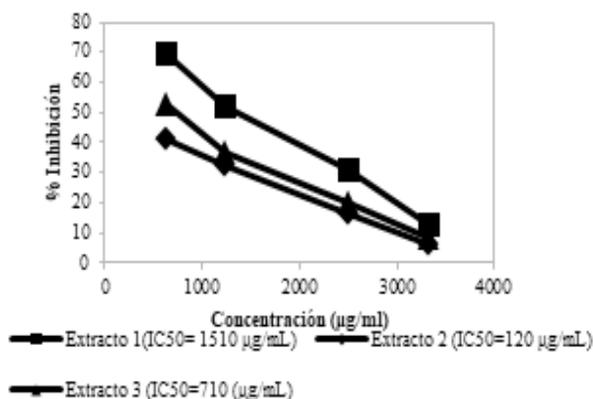


Figura 1. Capacidad antioxidante en los extractos de *Hibiscus sabdariffa L.*

A pesar que el mayor contenido en polifenoles y compuestos antociánicos fue expresado en el extracto 1, la tendencia de la actividad antioxidante fue la opuesta, con el extracto etanólico ligeramente acidificado mostrando el valor más bajo de IC50 en el extracto 2. El menor valor de IC50 se traduce en un mayor poder antioxidante, siendo la alta eficacia antioxidante reportada para el ácido clorogénico y sus derivados, los cuales son los principales compuestos detectados en extracción en medio acuoso y que se ve estabilizado en pH ácidos (Wu et al., 2018), adicional a la contribución del ácido cítrico añadido, algo que concuerda con la mayor proporción de agua y el menor pH del extracto 2.

Estabilidad y Evaluación cinética de la degradación térmica de antocianinas.

El incremento de temperatura tiene un efecto negativo en el contenido de antocianinas totales, por lo que el mantener las condiciones de alta temperatura elevada por tiempos prologados ocasiona mayor susceptibilidad a degradación térmica. Los resultados indican que temperaturas bajas como 40°C y tiempos cortos (30 minutos) se pueden obtener una menor incidencia en pérdida de pigmentos. La cinética de degradación durante el tratamiento térmico se estudió determinando en primer lugar las constantes de velocidad a una temperatura dada con respecto al tiempo, obteniéndose la Figura 2, donde los valores

de MEA (Willmott y Matsuura, 2005) obtenidos en cada extracto indican que la cinética de degradación de las antocianinas es una cinética de orden uno, lo que corresponde con lo previamente reportado (Wang y Xu, 2007). Se obtuvo los parámetros cinéticos de esta degradación constante de velocidad, k y tiempo de vida media, $t_{1/2}$, expresado como la mejor condición en ~ 76 días para el extracto 1 a una temperatura de 40°C, cercanamente seguido por el extracto 3 (Tabla 2), pudiendo disminuir a 70 días si se incrementa 30°C, pero con un mayor deterioro en contenido antociánico (datos no mostrados).

Los valores proporcionalmente crecientes para las constantes de velocidad de reacción con respecto a la temperatura confirman que su incremento va de la mano con la degradación de las antocianinas. Asimismo, al comparar los valores para los tiempos de vida media se puede concluir que a bajas temperaturas los extractos son menos susceptibles a la degradación, lo cual es cónsono con lo previamente reportado (Medina-Carrillo et al., 2013; Pragalyaashree et al., 2018).

Tabla 2. Parámetros cinéticos degradación de antocianinas en los extractos de *Hibiscus sabdariffa L.*

Extracto	Pendiente (m)	Ea (J/molK)
1	-623,28a	5182,20
2	-228,59	1900,59
3	-642,65	5343,25

La dependencia de la constante de velocidad con respecto a la temperatura fue analizada mediante la ecuación de Arrhenius. En particular, la exposición a temperaturas elevadas resulta en valores altos de energía de activación, corroborando que los pigmentos antociánicos en *Hibiscus sabdariffa L.* son más susceptibles a deterioro por el incremento de temperaturas.

Considerando que la energía de activación es la energía mínima requerida para que se lleve a cabo una reacción química, la energía necesaria para proceder a la degradación de las antocianinas fue calculada y se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Energías de activación de los extractos de *Hibiscus sabdariffa* L.

Extracto	Temperatura	k (min ⁻¹)	t ½ (min)
1	40	0,0091	76,15
	70	0,0099	70,00
	100	0,0126	55,00
2	40	0,0134	51,72
	70	0,0138	50,22
	100	0,0151	45,89
3	40	0,0099	70,00
	70	0,0129	53,72
	100	0,0137	50,58

Se puede establecer que el uso de un solvente de extracción más concentrado (etanol 96%) proporciona una mayor estabilidad ante la degradación por incremento de temperatura, lo cual concuerda con los valores determinados para los parámetros cinéticos de constante de velocidad de reacción y el tiempo de vida media.

CONCLUSIONES

El extracto de *Hibiscus sabdariffa* L. obtenido usando como solvente de extracción etanol al 96% proporcionó los mayores rendimientos de antocianinas y polifenoles, mientras que la adición de ácido cítrico registró la mayor capacidad antioxidante expresada como menor valor de IC50. El estudio cinético bajo modelo de reacción de primer orden para los distintos extractos de *Hibiscus sabdariffa* L. complementó el resultado de estabilidad térmica, resultando que en condiciones de temperatura 40°C y corto tiempo de calentamiento (30 min) se evidencian bajos valores para la constante de velocidad de reacción y una vida media elevada (76 días), y una Ea de 5182 J/molK.

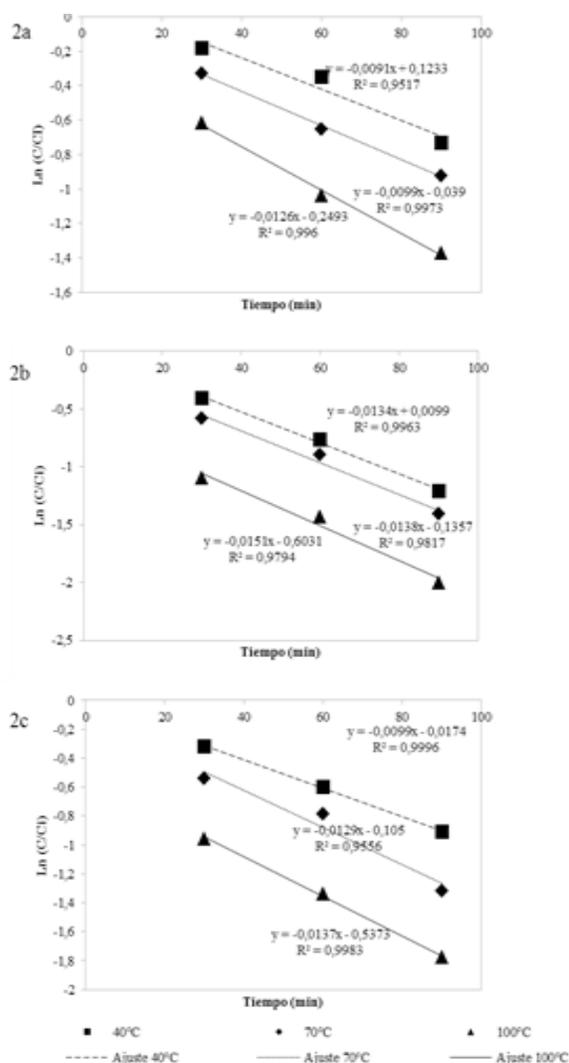


Figura 2. Degradación cinética de los extractos 1 (2a), extracto 2 (2b) y extracto 3 (2c) de *Hibiscus sabdariffa* L. a temperaturas de 40, 70 y 100°C.

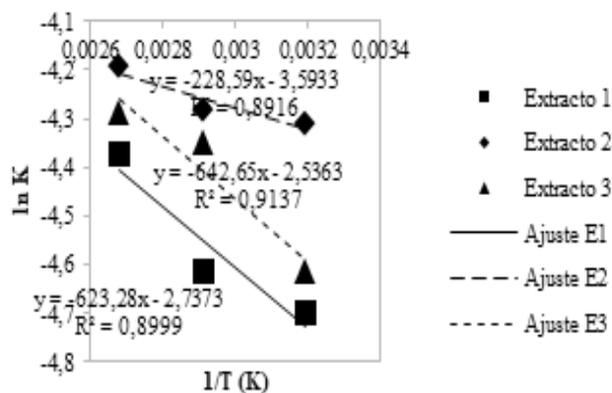


Figura 3. Gráfico de Arrhenius para degradación de antocianinas en los extractos de Hibiscus sabdariffa L.

AGRADECIMIENTOS

A Iksir Extractos Esenciales, C.A, por su apoyo y donación de la muestra de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18^o ed. Washington D.C.

Castañeda R., Cáceres A. 2014. Compuestos bioactivos y propiedades terapéuticas de los cálices de rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* Linn). Revista Científica, 24(1):7-24.

Castillo R. L., Escuela A., Panamericana A., Honduras Z.25 de Octubre de 2019. Efecto de uso del extracto de la Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) como colorante natural y fuente de antioxidantes en las características fisicoquímicas de yogur sabor a fresa. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6206/1/AGI-2017-014.pdf>

Damodaran, S., Parkin, K.L. y Fennema, O. 2010. Química de los Alimentos. 3a Ed., pp. 1154, Editorial Acirbia, S.A Zaragoza – España.

De Leonardis, A., Pizzella L., Macciola, V. 2008. Evaluation of chlorogenic acid and its metabolites as potential antioxidants for fish oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 110(10), 941–948.

Edilberto F., Flores A. Estabilidad de Antocianinas, Fenoles totales y Capacidad Antioxidante de Bebidas de Maíz Morado (*Zea mays* L.) y Uña de Gato (*Uncaria tomentosa* sp). 2018. Fac. Ciencias e Ing. Biológicas y Químicas, Esc. Prof. Ing. Ind. Aliment. 29(2), 175–184.

Garzón, G.A., Wrolstad, R.E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-based Anthocyanins

in strawberry juice and concentrate. J. Food Sci. 67(4), 1288–1299.

Garzón GA. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. Dep. Química, Univ. Nac. Colomb.13(3).

Giusti M., Wrolstad R.E. 2005. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy. Handb. Food Anal. Chem. 2–2 19–31.

Hellström J., Mattila P., Karjalainen R. 2013. Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. J. Food Compos. Anal. 31(1), 12–19.

Medina-Carrillo I.R.E., Sumaya-Martínez D.M.T., Machuca M.C.M.L., Sánchez-Herrera D. L.M., Balois-Morales R., Jiménez-Ruiz E.I. 2013. Actividad antioxidante de extractos de cálices deshidratados de 64 variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en función de fenólicos y antocianinas totales. Rev. Ciencias Técnicas Agropecu. 22:41–44.

Mohamed K., Gibriel A.Y., Rasmy N.M.H., Abu-salem F.M. 2016. Extraction of anthocyanin pigments from evaluation of their antioxidant activity *Hibiscus sabdariffa* L. and evaluation of their antioxidant activity. Middle East J. Appl. Sci. 6(4), 856–866.

Naranjo Andrade A.A., Jativa C. 2013. Evaluación de la actividad diurética y cuantificación de polifenoles de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivada en Pomona, Pastaza - Ecuador. Fac. Ciencias Bachelor, 105.

Singleton V.L., Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J EnolVitic. 16:144-158.

Sotomayor F., David C., Arroyo V., Agr E.16 de agosto de 2019. Optimización de extracción, microencapsulación y evaluación de la capacidad antioxidante de antocianinas de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) mediante secado por aspersión. [on line] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6071/1/AGI-2017-049.pdf>.

Pragalyaashree M.M., Tiroutchelvame D., Sashikumar S. 2018. Degradation kinetics of anthocyanin extracted from roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*). Journal of Applied Pharmaceutical Science, 8(11): 057-063.

Prenci E., Berto S., Daniele P. G., Toso S. 2007. Antioxidant power quantification of decoction

- and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers. Food Chem. 100(2), 433–438.
- Wang W.D., Xu S.Y. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. J. Food Eng. 82(3), 271–275.
- Willmott C. J., Matsuura K. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Clim. Res. 30(1), 79–82.
- Wu H.Y., Yang K.M., Chiang P.Y. 2018. Roselle anthocyanins: Antioxidant properties and stability to heat and pH. Molecules 23(6).

EFFECTO DE LA NATAMICINA EN LA CONSERVACIÓN DE COLOR Y TEXTURA DE CUBOS DE MANGO OSMODESHIDRATADOS VARIEDAD HADEN

(Effect of natamycin on the color and texture preservation of osmodehydrated mango cubes variety Haden)

¹González Feijoó Freddy Alejandro, ¹Sanabria Neida S., ²Pérez Liz

¹Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar. Valle de Sartenejas, Baruta, Edo. Miranda, Venezuela. Email: nsanabria@usb.ve ²Devenalsa CA, Santa Teresa del Tuy, Edo. Miranda, Venezuela.

Autor de correspondencia: Sanabria Neida S. Email: nsanabria@usb.ve

Recibido: 18-03-2020

Aceptado: 31-03-2020

RESUMEN

Cubos de mango var. Haden obtenidos por deshidratación osmótica con adición de Natamicina mediante impregnación al vacío y seguida de secado en bandejas fueron caracterizados en propiedades físicas, color, textura y aceptabilidad de consumo. Se evaluaron 2 tratamientos: cubos de mango con natamicina (NA) (30mg/L) como conservante natural y cubos de mango con Sorbato de Potasio (PS)(20mg/L) como conservante químico. La preservación de color fue mejor con la aplicación de NA. La firmeza fue similar en los tratamientos aplicados, siendo valor agregado para control de calidad en los cubos de mango osmodeshidratados y en la fruta de mango para su procesamiento. Los resultados concluyen que el uso de ambos conservantes garantiza la inocuidad del producto durante 90 días. Se tiene un 74% de aceptabilidad de los cubos de mango osmodeshidratados con NA luego de 90 días de su almacenamiento.

Palabras Clave: *Mango Haden, impregnación al vacío, deshidratación, Natamicina, aceptabilidad sensorial.*

SUMMARY

Mango cubes Haden variety obtained by osmotic dehydration with addition of Natamycin by vacuum impregnation and followed by drying in trays were characterized in physical properties, color, texture and acceptability of consumption. Two treatments were evaluated: mango cubes with Natamycin (NA) (30mg/L) as a natural preservative and mango cubes with Potassium Sorbate (PS) (20mg/L) as a chemical preservative. The preservation of color was better with the application of NA. The firmness was similar in the treatments applied, being added value for quality control in the osmodehydrated mango cubes and in the mango pulp for processing. The results conclude that the use of both preservatives guarantees the safety of the product for 90 days. It has a 74% acceptability of mango cubes osmodehydrated with NA after 90 days of storage.

Keywords: *Mango Haden, vacuum impregnation, dehydration, Natamycin, sensory acceptability.*

INTRODUCCIÓN

La Natamicina (NA), también conocida como piramicina, ha sido aprobado y reconocido como sustancia inocua (GRAS) por la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) en Estados Unidos, tiene baja toxicidad en humanos y es preservante natural en la Unión Europea bajo la identificación E235 (Da Silva et al., 2012; Chang et al., 2019). Se obtiene de *Streptomyces natalensis*, y por su baja solubilidad es usada en aplicaciones por inmersión (dip) o spray. Se ha empleado para prolongar el tiempo de vida útil como tratamiento superficial en quesos y salchichas deshidratadas (Pipek et al. 2010; Moatsou et al., 2015 y Salcedo y Lindon, 2016), así como se ha reportado su uso en algunas frutas como Hami melons (Cong et al., 2007), pero a la fecha no ha sido reportado su empleo en impregnación osmótica previa al secado de frutas.

La textura y la capacidad de rehidratación en productos deshidratados son parámetros que pueden ser usados como índices de calidad, pero también son propiedades físicas que afectan la aceptabilidad de alimentos por parte del consumidor. Firmeza, cohesividad y gomosidad en frutos son cualidades que estandarizan características de madurez requeridas como materia prima en procesos industriales y evalúan calidad de productos obtenidos por secado; mientras que la cantidad de agua absorbida en un alimento deshidratado determina cualidades funcionales requeridos por el consumidor.

En la búsqueda de alternativas saludables y con menos empleo de aditivos químicos surge la necesidad de explorar aplicaciones de antimicrobianos ampliamente usados como preservantes mediante impregnación al vacío. El objetivo central del presente estudio es la evaluación de la NA como aditivo natural impregnado por aplicación de vacío en cubos de mango osmodeshidratados variedad Haden, y su efecto conservante en color y textura al tiempo 0 y luego de 90 días de empaquetado a temperatura ambiente, en comparación con la adición del aditivo sorbato de potasio (PS).

MATERIALES Y METODOS

Muestra y Preparación. Los mangos de la variedad Haden fueron adquiridos de plantaciones ubicadas en la región de San Carlos (estado Cojedes) y de la región de Maracay (estado Aragua) Venezuela. Fueron transportados en cestas plásticas de 40 Kg

a fin de minimizar impacto mecánico. Una vez colectados, se colocaron en cavas de refrigeración a una temperatura de 5°C. Se empleó NA y el PS (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) como agentes conservantes. La selección y tratamiento de los frutos se hizo tomando en cuenta el procedimiento de buenas prácticas implementado por Quintero et al. (2019), con algunas modificaciones en función del tipo de fruta: se consideró una madurez fisiológica completa y una madurez sensorial intermedia (grado N°3), empleando de apoyo carta de color obtenida por Conaspromango. Los frutos de mango se higienizaron con dos lavados consecutivos con solución de hipoclorito de sodio al 10%. El pelado de los frutos se realizó manualmente. Para la obtención de cubos de mango se procedió al pelado manual, se retiró las semillas y se procedió al troceado de la pulpa en cubos de 5cm x 5cm, usando una cortadora Modelo Anliker XL, Marca Brummer.

Tratamientos estudiados. Los tratamientos evaluados fueron: a) Deshidratación Osmótica (DO) de cubos de mango con impregnación al vacío de NA a 30mg/L y b) DO de cubos de mango con impregnación al vacío de PS al 20%. Se realizó la deshidratación de cubos de mango sin tratamiento conservante como grupo control para efectos de comparación de los tratamientos. Posterior a cada tratamiento se procedió a secar los cubos de mango empleando deshidratación por convección.

Deshidratación Osmótica y por Convección. Los cubos de mango fueron sumergidos completamente en un sistema constituido por jarabe de sacarosa a 60°Brix a una temperatura de 55°C, acoplado en un baño con agitación constante, al cual se aplicó presión de vacío 400mbar por un tiempo de 20 minutos, dejando un tiempo de relajación de 10 minutos, durante 2 horas. La proporción fruta/jarabe fue de 1:2,5. Luego del deshidratado osmótico con impregnación al vacío, los cubos de mango fueron escurridos y secados con papel. El secado por convección se desarrolló con un deshidratador de bandejas Havets Saver modelo R-5A, empleando aire caliente a 55°C durante las primeras tres horas y luego a 46°C durante la hora y media restante, efectuándose la transferencia de calor por convección. La velocidad de secado fue constante, y se midió en 12,5 m/s, obtenida mediante

un anemómetro. Los productos fueron envasados en bolsas aluminizadas y conservados en condiciones de temperatura entre 20 y 25°C, sin la incidencia de luz solar. Se evaluó el día de su obtención, denominado día 0 y al transcurrir 90 días en sus características físicas, de textura y en su capacidad de rehidratación.

Análisis de Humedad y aw. El contenido de humedad se determinó siguiendo el método 22.013-2000 de la AOAC. El pH se obtuvo según lo establecido en el método 945.10 (AOAC, 2005). Para evaluar la actividad de agua (aw) se usó un analizador marca Decagon, modelo CX2 (Decagon Devices Inc., Pullman, USA), apreciación de $aw \pm 0,001$ (AOAC, 2005). Todos los análisis se desarrollaron por triplicado.

Color. La determinación del color empleó un colorímetro Hunter Lab, modelo Mini Scan CX1819 (Hunter Associates Lab Inc., Reston, VA, USA), determinando valor de L (luminosidad), a (rojo-verde) y b (amarillo-azul), para el cual se empleó un ángulo de observación de 10 grados y un iluminante D65. Se evaluó el cambio total de color como DE, calculado como se indica en la Ecuación 1: donde L_0 , a_0 y b_0 son valores provenientes de cubos de mango sin tratamiento.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

Análisis de Textura. Se realizó mediante un análisis TPA, texturómetro TA. TX plus, con el que se analizó la firmeza, gomosidad y adhesividad, tomando como antecedente las condiciones de procedimiento empleadas para la prueba de relajación realizada por Torres et al. (2012), siendo adaptadas al análisis de estudio con empleo de un plato de compresión de 50mm a una velocidad de 1 mm/s hasta un 10% respecto a la altura inicial de la muestra.

Capacidad de rehidratación. Se evaluó siguiendo la metodología de Doymaz (2014) modificado, que consistió en sumergir 1 gramo de muestra en un volumen exacto de agua de 100mL durante 30 minutos. Una vez finalizado el tiempo de inmersión, se procedió a escurrir la muestra para pesar la cantidad de agua absorbida y cuantificar así la ganancia de agua. Las pruebas se realizaron por triplicado para cada tratamiento. El estudio se realizó por 5 horas. La tasa de rehidratación (TR) se

obtuvo acorde a la Ecuación 2:

$$TR (\%) = \frac{\text{Contenido de agua absorbida (g)}}{\text{masa de la muestra deshidratada (g)}}$$

Aceptabilidad Sensorial. Las muestras se sometieron a un análisis sensorial con 80 consumidores al finalizar los 90 días de almacenamiento. Se evaluó parámetros de color, aroma, sabor, dulzor, acidez, textura y aceptabilidad global usando una escala hedónica de 5 puntos, siendo 1 = ausente o desagradable, 2 = ligeramente desagradable, 3 = agradable, 4 = fuertemente agradable y 5 = muy agradable.

Análisis estadístico. Se realizó un diseño unifactorial con tres réplicas, comparando un grupo control (sin conservantes) con cada grupo de estudio mediante Statgraphics 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física de Productos.

La Tabla 1 indica los resultados obtenidos en propiedades físicas en cubos de mango tratados evaluados al día 0 y a 90 días. El contenido de humedad obtenido por el procesamiento (0 días) fue muy cercano al 10% en el tratamiento con PS, seguido de la muestra con NA, siendo la muestra sin tratamiento la que obtuvo un contenido de humedad más riesgoso para el almacenamiento. Los valores obtenidos para aw están dentro de los límites mínimos que garantiza la estabilidad química y microbiológica en los cubos de mango, no así para el grupo control, cuyo valor supone mayor exposición a riesgos de reacciones bioquímicas y deterioro. Se observa el pH más bajo en los cubos tratados con PS, siendo el medio ácido una ventaja para el empleo comercial de este aditivo al incrementar su poder antimicrobiano (Gliemmo et al., 2006), mientras que la NA es eficaz en pH entre 3 y 9 (San Lucas Sánchez, 2012). Luego de 90 días de almacenamiento se observa un incremento en la humedad de los productos, con diferencias significativas. Sin embargo, al realizar un análisis estadístico entre los valores de humedad entre los tratamientos con NA y con PS se aprecia que no existen diferencias significativas entre las muestras. Se observó un leve incremento en la actividad de agua de las muestras el cual no es incidente para el deterioro de producto.

Se observan diferencias significativas en el pH en los productos con conservantes al día 0 y a los 90 días, sin embargo, se mantiene en un rango de acidez que garantiza mínima alteración de deterioro.

Tabla 1. Caracterización física en cubos de mango control, con NA y PS.

Parámetro	Control		NA		PS	
	0 días	90 días	0 días	90 días	0 días	90 días
%						
Humedad	13,1 ± 0,2a	13,7 ± 0,2b	11,4 ± 0,1b□	12,1 ± 0,4c□	10,8 ± 0,2b□	11,7 ± 0,7b□
aw	0,707 ± 0,0a	0,716 ± 0,0b	0,683 ± 0,0b	0,697 ± 0,0c□	0,675 ± 0,0b□	0,690 ± 0,0c□
pH	4,2 ± 0,0a	4,0 ± 0,0b	3,9 ± 0,1a□	3,9 ± 0,1b□	3,4 ± 0,1b□	3,6 ± 0,0c□

Letras diferentes en las filas y entre tratamientos indican diferencias significativas respecto al control ($p < 0,05$). Segunda letra significa diferencias entre fila y entre dos tratamientos ($p < 0,05$).

Se registró los cambios de parámetros de color L, a y b en los cubos de mango obtenidos por secado al día 0 y a los 90 días. El parámetro luminosidad en las muestras registró diferencias significativas entre el tratamiento con PS y el producto control, siendo el valor obtenido con el tratamiento de NA muy similar a la fruta del mango sin tratamiento. Luego de 90 días se observa disminución general en luminosidad (Fig. 1), siendo más opacas luego del almacenamiento. En el caso de la cromaticidad de verde a rojo (Fig. 2) hay diferencia significativa entre tratamientos y control, registrando que los valores se incrementan respecto al de la fruta del mango sin tratamiento, siendo la muestra con PS el valor registrado más bajo y cercano al mango fruta. Ambos valores indican la tendencia de oscurecimiento enzimático registrado para cada grupo de estudio, siendo su causa asociada a reacciones de pardeamiento enzimático, caramelización y degradación de pigmentos (Saxena et al., 2009; Zou et al., 2013). En la cromaticidad de azul a amarillo (Fig.3) existen diferencias significativas entre tratamientos y control, siendo la muestra tratada con NA quien obtiene el valor más cercano en tonalidad de amarillo al registrado para la fruta del mango sin tratamiento.

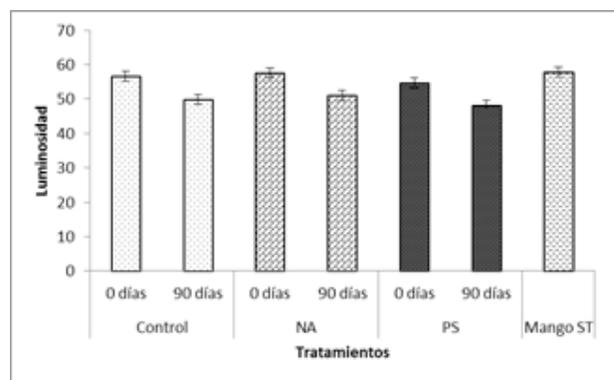


Figure 1. Luminosidad en cubos de mango deshidratados: Control, NA, PS y mango sin tratamiento (ST). deterioro de producto.

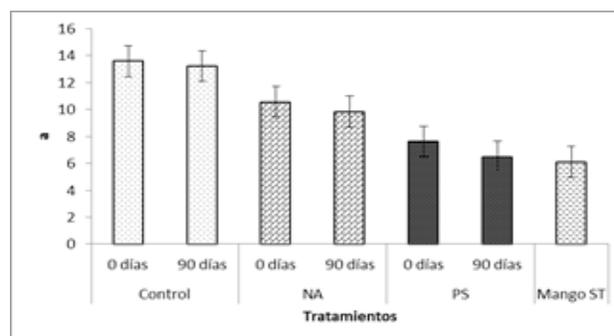


Figure 2. Valor de a en cubos de mango deshidratados: Control, NA, PS y mango sin tratamiento (ST).

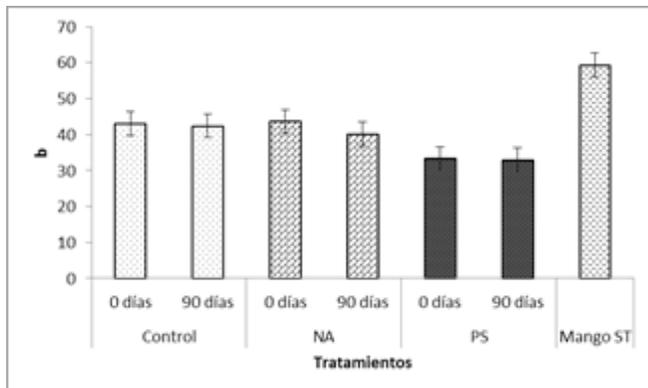


Figure 3. Valor de *b* en cubos de mango deshidratados: Control, NA, PS y mango sin tratamiento (ST).

Se evaluó el DE (Fig. 4) para reflejar la diferencia global en cambios de color registrados por efecto de secado en cada grupo de muestras, y se obtuvo que los valores de mayor afectación general en color tanto al día 0 como luego de 90 días se obtienen en los cubos de mango tratados con PS, con principal factor de influencia en la pérdida de luminosidad en las muestras. El tratamiento con NA obtuvo una afectación menor, pero su luminosidad permite que la apariencia global de los cubos deshidratados sea más parecida al mango fruta. El mango tiene un color amarillo intenso y brillante como fruto, siendo el efecto de la impregnación al vacío con aditivos durante el proceso osmótico capaz de lograr la mejor preservación del color en los productos.

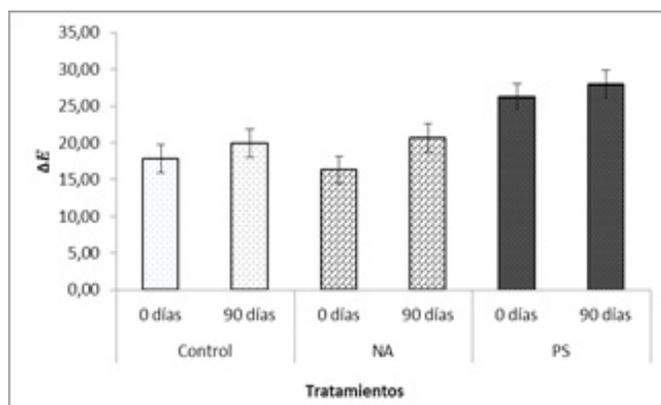


Figure 4. DE en cubos de mango deshidratados: Control, Natamicina (NA) y Sorbato de Potasio (PS).

Variación en parámetros de textura.

En la Tabla 2 se observa el impacto que ejercen los tratamientos en los parámetros de textura evaluados. El parámetro más notorio es el incremento de la firmeza del producto como resultado del proceso de secado. Tanto los cubos sin tratamiento como los productos obtenidos con la adición de conservantes obtuvieron incrementos en firmeza, cohesividad y gomosidad, con diferencias significativas entre los días de procesamiento y al transcurrir 90 días empacados, siendo el registro de un producto menos firme, de mayor cohesión y gomoso el obtenido por adición de NA. La firmeza ($0,25 \pm 0,2$ Kg), cohesividad ($1,52 \pm 0,1$) y gomosidad ($0,38 \pm 0,3$) de la fruta sin tratamiento fue registrada como parámetro de control inicial de la materia prima. La aplicación del vacío indujo una mayor firmeza al reemplazar la solución osmótica en los poros debido a la pérdida de aire, obteniendo así un tejido más compacto y menos deformado que el producido a presión atmosférica, hecho reportado por Moreno et al. (2010) en un estudio similar con papayas. Como nota de interés se observa la aplicación del tratamiento osmótico con impregnación al vacío y secado posterior contribuye al incremento de la cohesividad en la matriz del mango, indistintamente del conservante aplicado, siendo interesante el hecho que el mango tratado con NA tiene mayor cohesión respecto al tratado con PS.

Finalmente, la gomosidad calculada como el producto entre la firmeza y la cohesividad, y definido como la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido y prepararlo para la deglución, obtuvo valores altos luego del secado, coherente con el hecho de que el producto seco ofrece resistencia, por lo que supone que la fuerza requerida para su desintegración en boca debe ser mayor.

Al transcurrir los 90 días de almacenamiento se observa disminución en todos los parámetros señalados, valores que se correlacionan proporcionalmente al incremento de la humedad observado en el producto al término del estudio. Este resultado es atribuible al incremento del agua disponible por efecto de ganancia en humedad, a la par de que la permeabilidad del empaque haya permitido ligera alteración del microambiente de llenado, con detrimento en parámetros texturales del producto.

Tabla 2. Parámetros de textura en cubos de mango control y osmodeshidratados tratados con NA y PS

Parámetro	Control		NA		PS	
	0 días	90 días	0 días	90 días	0 días	90 días
Firmeza (Kg)	1,78 ± 0,0a	1,04 ± 0,0b	1,54 ± 0,1a□	1,27 ± 0,10b□	0,96± 0,2a□	0,49± 0,3b□
Cohesividad	1,55 ± 0,0	0,33 ± 0,2b	2,89± 0,1a□	2,0± 0,2b□	2,11± 0,1a□	1,56± 0,0bf□
Gomosidad	2,75 ± 0,3a	0,34 ± 0,2b	4,45± 0,4a□	2,54± 0,3b□	2,03± 0,0a□	0,76± 0,1b□

Letras diferentes en las filas y entre tratamientos indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Segunda letra significa diferencias entre fila y entre dos tratamientos ($p \leq 0,05$).

Capacidad de rehidratación.

La Figura 5 ilustra el comportamiento de la capacidad de rehidratación para el tiempo 0 y luego de 90 días, a temperatura ambiente. En el presente estudio se cuantificó una tasa en incremento en la medida que transcurre el tiempo, casi lineal, siendo la mejor absorción de agua en muestras control y de NA al día 0, logrando alrededor de 50% de rehidratación en casi 5 horas, mientras que los cubos de mango tratados con PS lograron alcanzar alrededor de 20% de absorción de agua en el mismo lapso de tiempo. Luego de 90 días se cuantifica que la tendencia de rehidratación se mantiene, aunque no con la misma rapidez de absorción. La menor absorción en los cubos de mango tratados con PS pudo deberse a los enlaces químicos establecidos en la matriz de los cubos de mango tratados con ósmosis previa en jarabe de sacarosa y en presencia de PS, causando como consecuencia de la caramelización en azúcares, ocasionando la formación de capa superficial de endurecimiento que pudo afectar la absorción de agua en las paredes celulares del tejido, disminuyendo su permeabilidad.

El método de conservación aplicado en los cubos de mango demuestra buenas prácticas de fabricación al día 0, traducido en un despreciable incremento de microorganismos alterantes que pudieran deteriorar el alimento (datos no mostrados). Para el tratamiento con NA se observó luego de 90 días se reduce ampliamente la proliferación mohos y levaduras, siendo aceptable el recuento de microorganismos mesófilos y acidúricos para este lapso de tiempo.

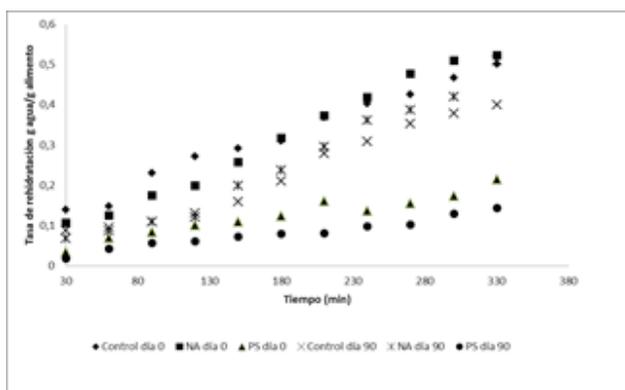


Figura 5. Tasa de rehidratación en cubos de mango control, con NA y PS.

Para el tratamiento con PS no existen diferencias significativas entre los recuentos microbiológicos del tiempo 0 y 90 días. Dado que los cubos tratados con ambos conservantes registran ser microbiológicamente seguros para su consumo, se procedió a realizar un estudio de aceptabilidad con un grupo de consumidores, a fin de evaluar aspectos sensoriales sobre la percepción del producto al transcurrir 90 días.

Aceptabilidad Sensorial.

La evaluación sensorial es un indicador directo de la calidad en almacenamiento y valor comercial de los productos. La Figura 6 ilustra la aceptabilidad sensorial de los cubos de mango osmodeshidratados luego de 90 días en un grupo de consumidores.

La apreciación global, sabor, dulzor, acidez, textura y aroma de los cubos de mango tratados con NA obtienen altos valores de aceptación por los consumidores, seguidos por los cubos de mango del grupo control. Los resultados en color coinciden con lo obtenido por el ensayo instrumental de evaluación, donde destaca la aceptabilidad en este atributo por encima de los cubos de PS, más opacos y parduzcos en relación a las otras muestras.

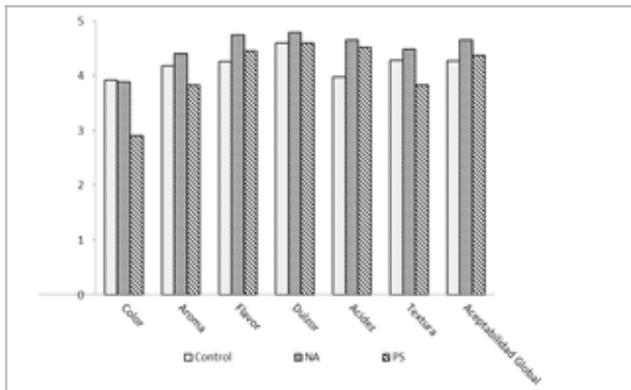


Figura 6. Aceptabilidad sensorial en cubos de mango control y osmodeshidratados con NA y PS luego de 90 días.

CONCLUSIONES

El NA como agente conservante en cubos de mango variedad Haden deshidratados y empaçado en bolsa aluminizada es factible para garantizar la inocuidad del producto empaçado a condiciones ambientales (25°C) en un lapso de 0 a 90 días, luego de los cuales se obtuvo buena aceptabilidad para el consumidor. La capacidad de rehidratación en agua es del 54% para los cubos de mango impregnados con NA, superior al obtenido para los cubos tratados con PS dentro de un lapso aproximado de 5 horas, lo cual permite su diversificación en aplicaciones como ingrediente en otras preparaciones de consumo. Luego de 90 días se afecta las propiedades de textura y capacidad de rehidratación.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Devenalsa S.A por apoyo, financiamiento y seguimiento durante el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (2001). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, Washington, DC, American Public Health Association (APHA).
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official methods of analysis of the association of AOAC international. 15th Ed. USA: Washington D.C.
- Cong F.S., Zhang Y.G., Dong W.Y., (2007). Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature. *Postharv. Biol. Technol.*, 46(1):71-75.
- CONASPROMANGO Comité Nacional Sistema Producto Mango 2014. "Tips útiles" Recuperado el 22 de Octubre de 2014 de, <http://mangomexicano.com.mx/consumidores/recetas/>

tienes-una-receta-con-mango/

- Chang H., Zhanquan Z., Boqiang L., Yong X., Shiping T. (2019). Effect of natamycin on *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*—Postharvest pathogens of grape berries and jujube fruit. *Postharvest Biology and Technology* 151, 134–141.
- Da Silva M.A., Iamanaka B.T., Taniwaki M.H., Kieckbusch T.G. (2013). Evaluation of the Antimicrobial Potential of Alginate and Alginate/Chitosan Films Containing Potassium Sorbate and Natamycin. *Packag. Technol. Sci:* 1-14.
- Doymaz I. (2014). Drying Kinetics and Rehydration Characteristics of Convective Hot-Air Dried White Button Mushroom Slices. *Journal of Chemistry*, (2014):1-8.
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) 2009. Scientific Opinion on the use of natamycin (E 235) as a food additive European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy *EFSA Journal* 7. (12). 1412.
- Gliemmo M.F., Campos C.A., Gerschenson L.N. (2006). Effect of sweet solutes and potassium sorbate on the thermal inactivation of *Z. bailii* in model aqueous systems. *Food Research International* vol. 39 pp 480–485.
- Gowen A.A., Abu-Ghannam N., Frias J., Oliveira J. (2008). Modeling dehydration and rehydration of cooked soybeans subjected to combined microwave hot-air drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 129–137
- Haros, C.L., Aguirre, R.J., Suarez, C., (2005). Modeling sulfur dioxide uptake in dent corn during steeping. *Lebensmittel- isseenschaft und Technologie* 38 (4), pp 393– 398.
- Moatsou G, Moschopoulou E, Beka A. (2015). Effect of natamycin-containing coating on the evolution of biochemical and microbiological parameters during the ripening and storage of ovine hard-Gruyère-type cheese. *Int. Dairy J.*, 50:1-8.
- Moreno, J., Bugueño, G., Velasco, V., Petzold, G., Tabilo-Munizaga, G., 2004. Osmotic dehydration and vacuum impregnation on physicochemical properties of chilean papaya (*Caricacanda maricensis*). *J. Food Sci.* 69 (3), 102–106.
- Quintero A., Sanabria N., Pérez L. (2019). Caracterización de cubos de Guayaba (*Psidium guajava* L.) osmodeshidratados para la Industria de Alimentos. *Agrollanía* (17): 1-9.

- Pipek P, Rohlik B., Lojkova A., Staruch L. (2010).
Suppression of Mould Growth on Dry Sausages.
Czech J. Food Sci. 28 (4): 258–263.
- Salcedo M.M., Lindon F.C. (2016). Food
preservatives – An overview on applications
and side effects. Emirates Journal of Food and
Agriculture. 28(6): 366-373.
- San Lucas Sánchez, C.H. (2012). Uso De Natamicina
en Pan de Molde sin Corteza para Aumentar el
Tiempo de Vida Útil. Facultad de Ingeniería en
Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela
Superior Politécnica del Litoral Guayaquil – Ecuador.
- Saxena S., Mishra B.B., Chander*R., Sharma
A. 2009. Shelf stable intermediate moisture
pineapple (*Ananas comosus*) slices using hurdle
technology. LWT - Food Science and Technology.
42: 1681–1687.
- Torres R., Montes E., Pérez O. A. y Andrade R.D.
(2012). Influencia del Estado de Madurez sobre las
Propiedades Viscoelásticas de Frutas Tropicales
(Mango, Papaya y Plátano). Información
Tecnológica. 23 (5). 115-124.
- Zou K., Teng J., Huang L., Dai X., Wei B. (2013).
Effect of Osmotic Pretreatment on
Quality of Mango Chips by Explosion Puffing
Drying Food Science and Technology vol. 51 pp
253-259.

REOMETRÍA

(Rheometry)

Nilza Quintero

Magister Scientiarum en Ingeniería Agroindustrial. Profesor Agregado adscrito al Programa de Ciencias del Agro y del Mar Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ. Barinas. Venezuela. nilzaquintero@gmail.com

Revisión Bibliográfica

Recibido: 29-03-2020

Aceptado: 15-04-2020

RESUMEN

Las mediciones de las propiedades reológicas son esenciales en el procesamiento de una gran variedad de materiales, incluidos productos químicos industriales, productos farmacéuticos, productos derivados del petróleo, tintas, pinturas, recubrimientos, adhesivos, alimentos, lodos minerales y polímeros. El comportamiento reológico de un producto puede ser determinado, definiendo y cuantificando relacionando variables tales como: viscosidad, esfuerzo cortante, tasa de cizalladura, temperatura, tiempo y en algunos casos, concentración. La técnica instrumental es necesaria para el análisis rutinario de calidad y para estudios fundamentales en investigación y desarrollo. Experimentalmente, los métodos por reometría más comunes utilizados en la industria son los rotacionales y de flujo mediante el uso reómetros y viscosímetros.

Palabras clave: *reometría, reómetros, viscosímetros*

SUMMARY

Measurements of rheological properties are essential in the processing of a wide variety of materials, including industrial chemicals, pharmaceuticals, petroleum products, inks, paints, coatings, adhesives, food, mineral mud, and polymers. The rheological behavior of a product can be determined, defining and quantifying relating variables such as: viscosity, shear stress, shear rate, temperature, time and in some cases, concentration. Instrumental technique is necessary for routine quality analysis and for fundamental research and development studies. Experimentally, the most common rheometry methods used in the industry are rotational and flow methods using rheometers and viscometers.

Keywords: *Rheometry, rheometers, viscometers.*

INTRODUCCIÓN

Cuando se aplica un esfuerzo a un líquido o un gas se deforma de manera irreversible y presenta cierta resistencia a fluir, la cual se denomina viscosidad. En cambio, cuando se aplica un esfuerzo a un sólido ideal, éste se deforma reversiblemente. Es decir, una vez que se libera al material del esfuerzo el sólido regresa a su forma original y se considera que es elástico. Según Schramm (2015), el estudio de las deformaciones de la materia es más simple para sistemas modelo como los fluidos que tienen viscosidad constante o sólidos perfectamente elásticos. Sin embargo, muchos líquidos y sólidos no presentan comportamiento cercano al ideal, sino que poseen una combinación de propiedades viscosas y elásticas, por lo tanto, es la reología la ciencia que se encarga de estudiar este tipo de materiales, los cuales son llamados fluidos complejos y la relación que se tiene con los esfuerzos sobre el material.

La reometría es una parte de la Reología que se encarga de evaluar experimentalmente algunas de estas propiedades, describe tanto los métodos de medida como los instrumentos que permiten obtener datos reológicos de un material, determina las relaciones cuantitativas, cualitativas entre la deformación y la tensión mecánica y sus derivadas. Una aplicación típica de la reometría sería la medida de la viscosidad.

Este documento pretende recoger, mediante una revisión bibliográfica los aspectos más relevantes sobre la Reometría, los tipos de reómetros y viscosímetros más utilizados y algunos ejemplos en la industria de alimentos

REVISION BIBLIOGRÁFICA

La Reometría utiliza una gran diversidad de reómetros para la caracterización de materiales. Se han utilizado numerosos tipos de reómetros para medir la viscosidad y la tensión de producción de los materiales que es la tensión a la cual el material empieza a fluir. (Tanner, 1985; Ferguson y Kemblowski, 1991; Macosko, 1994).

Un reómetro se refiere a un dispositivo que pueda medir la viscosidad y la tensión de producción de un material (esfuerzo umbral) a diferentes velocidades de cizalla, mientras que el viscosímetro puede medir solamente la viscosidad a una velocidad de cizalla fija.

Algunas de las propiedades más importantes que se pueden medir incluyen la viscoelasticidad, el flujo de cedencia, la tixotropía, la viscosidad extensional, la tensión de fluencia y el comportamiento durante la relajación de la tensión, así como parámetros pertinentes del proceso como el hinchamiento de extrusión y las fracturas de fundido.

Dependiendo del tipo de flujo generado, los reómetros se pueden dividir cinemáticamente en cortantes y extensionales (Macosko, 1994), siendo los primeros los que más frecuentemente se utilizan en el laboratorio para caracterizar un material. A su vez, los reómetros cortantes se pueden dividir en:

- Reómetros que utilizan flujos por arrastre. En este tipo de reómetro el flujo cortante es generado entre dos superficies sólidas, una fija y la otra móvil.
- Reómetros que utilizan flujos por diferencias de presión. En estos el flujo cortante es generado por una diferencia de presión sobre un canal cerrado. Para generar el flujo cortante, por arrastre o presión, los reómetros utilizan celdas o geometrías de flujo. Las geometrías pueden ser placas paralelas, cilindros concéntricos o también llamada geometría de Couette, cono y placa, tubo capilar o geometría circular o de Poiseuille, geometría plana de Poiseuille, etc. A partir de esta clasificación los reómetros más utilizados se describen a continuación

Reómetro capilar

El principio de un reómetro de tubo capilar se basa en la Ecuación de Hagen-Poiseuille la cuál es válida para los líquidos newtonianos. Fundamentalmente, con un viscosímetro capilar, se necesita medir la caída de presión y el caudal independientemente para medir la viscosidad. Puesto que la viscosidad de un líquido newtoniano no varía con la velocidad de deformación, es suficiente tener una medida a cualquier velocidad del flujo.

En este tipo de reómetro, el líquido es forzado a través de un tubo capilar cilíndrico con una superficie interna lisa. Los parámetros del flujo tienen que ser elegidos de una manera tal que el flujo pueda considerarse estacionario, isoterma y laminar. Conociendo las dimensiones del tubo capilar (diámetro y longitud interna), se puede determinar la dependencia funcional entre el caudal volumétrico y la caída de presión debido a la fricción. Los viscosímetros y reómetros capilares posiblemente sean los más utilizados (Wisniewski et al., 2005) Figura.1.



Figura 1.-Reómetro capilar tipo pistón. Fuente: Galiana ,1988.

Reómetros rotacionales

El funcionamiento de un reómetro rotacional se basa en la resistencia a la torsión que ofrece un líquido al giro de un husillo de características conocidas, sumergido en dicho líquido. El cilindro o disco (husillo) giratorio, está acoplado con un muelle al árbol motor que gira a velocidades determinadas. El ángulo de desviación del eje se mide electrónicamente dando la medida de torsión.

Los cálculos realizados dentro de los reómetros se realizan a partir de las medidas de la fuerza de torsión, de la velocidad del eje y de sus características y ofrecen una lectura directa de la viscosidad en centipoises o Pas. Para cualquier líquido de viscosidad determinada, la resistencia al avance aumenta proporcionalmente a la velocidad de rotación del husillo o al tamaño del mismo.

Los reómetros rotatorios son convenientes para las medidas de viscosidad altas, y permiten los ajustes de la velocidad de cizalla de manera sencilla. Con frecuencia se emplean dos geometrías en estos tipos de reómetros: placa-placa y cono-placa. Figura 2.



Figura 2. Reómetro rotacional. Fuente: Royer *et al.*, 2002.

Magnetoreómetro

Similar al viscosímetro de caída de esfera o cilindro,

$$F = 3\pi\eta rU_1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Siendo, F, la fuerza en la esfera (N), de, el diámetro de la esfera (m), U_1 , la velocidad terminal del líquido (m/s) y μ , la viscosidad del líquido (Pa·s). La fuerza aquí puede ser la gravedad (peso) para los viscosímetros de caída de cuerpos, aunque también puede ser una fuerza magnética como en este caso. El magnetoreómetro presenta buenos resultados tanto para medidas de baja como alta viscosidad (Mattischek y Sobczak, 1994). Comúnmente, esta técnica se limita a los fluidos de poca viscosidad.

Reómetro magnético de esfera levitada

Según Royer *et al.* (2002), este equipo hace situar una esfera en una posición fija en el interior del líquido de prueba por obra de un campo magnético dentro de un recipiente preparado para alta presión. Moviéndolo verticalmente el tubo cilíndrico en el que se encuentra la esfera, se genera un flujo de cizalla. La fuerza magnética que se necesita para mantener la posición de la esfera se relaciona con la viscosidad del líquido de prueba. La técnica requiere calibraciones especiales para medidas de viscosidad exactas. Ecuación 2:

$$\mu = \frac{K(I - I_0)}{U_p} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde, I e I_0 , son intensidades del campo magnético, K , constante especificada por la geometría del reómetro y la esfera y U_p es la velocidad del fluido en la pared del tubo.

Reómetro de extrusión de plato deslizante

El reómetro de alta presión de extrusión con plato deslizante es un reómetro capilar de extrusión, pero con pequeñas modificaciones, es conveniente para las medidas de gran viscosidad tales como algunos polímeros fundidos (Royer et. al, 2001; Lan y Tseng, 2002). Este reómetro se utiliza para la medida de grandes viscosidades con control en la velocidad de cizalla y puede tener acceso a materiales con comportamientos no newtonianos. Sin embargo, no es conveniente para los sistemas que demuestran viscosidad baja.

Reómetro extensional o elongacional

El estrechamiento y posterior rotura de filamentos como consecuencia de una extensión ofrece una valiosa información acerca de las propiedades físicas del material. Este análisis ofrece una determinación rápida de los siguientes parámetros: viscosidad, tensión superficial, elasticidad y límite de fluidez

VISCOSIMETROS Los viscosímetros se pueden dividir en tres categorías:

- **Viscosímetros para obtener viscosidades absolutas:** Se basan en la resistencia que ofrece el fluido al movimiento cuando una superficie sólida se mueve en su seno. Como ejemplo de estos viscosímetros se tienen los de caída de la esfera, de Codatte-Ratsahek, de Stormer, etc
- **Viscosímetros para obtener viscosidades cinemáticas:** determinan viscosidades cinemáticas se basan en el tiempo que requiere un determinado volumen de fluido en pasar libremente a través de un orificio normalizado, por ejemplo, los viscosímetros de Saybolt, Saybolt Furol, Engler, capilar, etc.
- **Viscosímetros para obtener viscosidades extensionales:** establece la viscosidad extensional por medio de la información que otorga efectuar un esfuerzo de tracción en el material.

También se propone otra clasificación:

- **Flujos de Poiseuille**, donde las paredes son estacionarias y el flujo es causado por la aplicación de una presión externa al fluido. Éste es el caso de los viscosímetros capilares, donde el líquido es forzado a atravesar un tubo muy estrecho y la viscosidad del líquido se determina a partir del caudal medido, la diferencia de presión aplicada y las dimensiones del tubo.

- **Flujos de Couette**, donde no existe diferencia de presión, sino que una de las paredes del sistema se mueve de manera que produce el flujo. De hecho, el fluido es arrastrado con la pared debido a la acción de las fuerzas viscosas (flujo de arrastre), que son función de la velocidad. El principio de medida se basa en la determinación simultánea de la velocidad de rotación del elemento rotatorio y el momento resultante de esta rotación.

Descripción de equipos

Viscosímetros rotacionales

Los viscosímetros rotacionales constan básicamente de dos partes que se encuentran separadas por el fluido a estudiar. Dichas partes pueden ser dos cilindros, dos superficies paralelas, una superficie y un cono de pequeño ángulo, un rotor en el interior de un cilindro.

El movimiento de una de estas partes provoca la aparición de un gradiente de velocidades a lo largo del fluido. Para determinar la viscosidad del fluido se mide el esfuerzo necesario para producir una determinada velocidad angular. Este tipo de viscosímetros son mucho más versátiles que los otros y pueden ser utilizados para fluidos no Newtonianos; sin embargo, su principal inconveniente es el precio. Los tipos de viscosímetros rotacionales más empleados:

- Viscosímetros de cilindros concéntricos, viscosímetros de placas paralelas y viscosímetros de cono-placa.

Viscosímetros capilares

El viscosímetro capilar es quizá el instrumento para la determinación de viscosidad más empleado, y también el más antiguo. En este tipo de viscosímetros un fluido es obligado a pasar a través de un tubo observándose una distribución de velocidades en el tubo de tipo parabólico, de forma que la porción del fluido que está en contacto con las paredes del capilar tiene una velocidad nula y la porción del fluido que se encuentra en el centro del tubo tiene una velocidad máxima.

En este tipo de viscosímetros la viscosidad se mide a partir del flujo medio y la presión aplicada. La ecuación básica es la ecuación de Hagen-Poiseuille (Ecuación 3), donde η es la viscosidad del fluido, ΔP es la caída de presión a lo largo del capilar, r es el radio del capilar, L la longitud del capilar y V el volumen de fluido que ha circulado en un tiempo t :

$$\eta = \frac{\Pi r^4 \Delta P t}{8 V L} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Los viscosímetros capilares son útiles para la medida de viscosidades de un gran número de fluidos, desde disoluciones de polímeros hasta polímeros fundidos. Los perfiles de velocidades de cizalla producidos en el capilar dependen en gran medida del viscosímetro empleado.

Viscosímetros de cuerpo móvil

Los viscosímetros más conocidos son los de caída de esferas (Fig. 6), los cuales se basan en la Ley de Stokes, que relaciona la viscosidad de un fluido con la velocidad de caída. Si una esfera cae en el interior de un fluido libremente se acelera hasta que la fuerza de la gravedad se iguala a la fuerza de rozamiento que ejerce el fluido sobre ella. La ecuación de Stokes (Ecuación 4) muestra la viscosidad del fluido en función de la velocidad límite de la esfera:

$$\mu = \frac{2r^2(\rho_s - \rho_l) g}{9 U_{\max}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

siendo, ρ_s , la densidad de la esfera (kg/m³), ρ_l , la densidad del líquido (kg/m³), r , radio de la esfera (m), U_{\max} , velocidad límite alcanzada por la esfera (m/s). Esta ecuación es válida siempre y cuando la esfera caiga en régimen laminar con fuerzas viscosas dominantes y el diámetro de ésta sea pequeño comparado con el diámetro del tubo.

En este equipo se obtiene la viscosidad de un fluido midiendo la velocidad límite de caída de una esfera en el seno del mismo. Figura 3. Esta velocidad se medirá entre los dos aforos del equipo. La densidad de la esfera se deberá determinar con mucha exactitud, por cualquier método conocido. Se harán mediciones con distintas esferas y luego se compararán los resultados.



Figura 3. Viscosímetro de caída de bola. Fuente: Wisniewshi, 2005.

Viscosímetro Saybolt

Este equipo consiste en un recipiente (Figura 4), destinado a contener el fluido cuya viscosidad se quiere determinar y donde en su parte inferior dispone un orificio de diámetro normalizado. Este recipiente se halla a su vez dentro de otro que le sirve de baño termostático para poder determinar viscosidades a distintas temperaturas. Está dotado de un sistema de calentamiento integrado.

El viscosímetro Saybolt Universal sirve para líquidos que tengan entre 32 y 900 segundos de tiempo de vaciado (fuera de esos extremos se observan viscosidades erróneas). Antes de comenzar a trabajar con este equipo debe ser limpiado totalmente con el solvente adecuado y luego secado con una corriente de aire. Además, el orificio debe permanecer libre de obstrucciones. Se deberán realizar mediciones a tres temperaturas diferentes. Para cada temperatura de trabajo, se determinará la densidad del fluido empleado con el objetivo de obtener viscosidades absolutas.



Figura 4. Viscosímetro Saybolt. Fuente: Lan, 2002.

CONCLUSIONES

El comportamiento del flujo y la deformación son parámetros esenciales en la caracterización del material.

La reometría es el conjunto de técnicas desarrolladas para llevar a cabo mediciones de parámetros reológicos.

El reómetro es capaz de generar diferentes velocidades de cizalla con el fin de generar un reograma, en cambio, el viscosímetro siempre trabaja con igual velocidad de cizalla. Los viscosímetros y reómetros son herramientas idóneas para ver si su muestra fluye adecuadamente.

Por medio de un reómetro se puede obtener propiedades, como: medición de viscosidad, de visco-elasticidad, de elasticidad y límite de fluidez

Wisniewski, R., Siegoczynski, R. M., Rostocki, J. (2005). Viscosity measurements of some castor oil-based mixtures under high-pressure conditions. *High Pressure Research*, 25 (1), 63-70.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferguson J, Kemblowski Z. (1991) *Applied Fluid Rheology*, Elsevier, London, pp. 47
- Galiana Mingot, Tomás. 1988. *Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas*, Editorial Científico-Técnica. Pág. 892.
- Lan, H. Y., Tseng, H. C. (2002). Study of the rheological behavior of PP/supercritical CO₂ mixture. *J. of Polymer Research*, 9, 157-162.
- Tanner RI. (1985) *Engineering Rheology*, Clarendon. Oxford, 15, pp. 355-370.
- Macosko, C. (1994). *Rheology: Principles, measurements and applications* En cap. 1 a 3, VCH Publishers, Inc., New York.
- Mattischek, H. P., Sobczak, R. (1994). A new cell for measurement of viscosity under high pressure. *Meas. Sci. Technol.*, 5, 782-785.
- Royer, J. R., Gay, Y. J., Adam, M., DeSimone, J. M., Khan, S. A. (2002). Polymer melt rheology with high-pressure CO₂ using a novel magnetically levitated sphere rheometer. *Polymer*, 43, 2375-2383
- Royer, J. R., DeSimone, J. M., Khan, S. A. (2001). High-pressure rheology and viscoelastic scaling predictions of polymer melts containing liquid and supercritical carbon dioxide. *J. of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 39, 3055-3066
- Schramm, L.L. 2005. *Emulsions, Foams and Suspensions: Fundamentals and Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany.

DINÁMICA DE LÍQUIDOS TIXOTRÓPICOS Y DEPENDIENTES DEL TIEMPO (Thixotropic and time dependent fluid dynamics)

Wilmer Peña

Magister Scientiarum en Ingeniería Agroindustrial. Profesor Agregado adscrito al Programa de Ciencias del Agro y del Mar Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ. Barinas. Venezuela.
wjpr58@gmail.com

Revisión Bibliográfica

Recibido: 30-03-2020

Aceptado: 04-04-2020

RESUMEN

La investigación consistió en una revisión de la dinámica que rige el comportamiento de líquidos tixotrópicos y dependientes del tiempo, estableciendo algunas definiciones y características de este tipo de fluido. La cinética reológica de los materiales tixotrópicos implica una complejidad que se puede dilucidar sobre la base de una microestructura que es el resultado de las fuerzas de atracción relativamente débiles entre las partículas, en comparación de los esfuerzos mecánicos que producen el flujo. La viscosidad va disminuyendo al aplicar una fuerza y acto seguido vuelve a aumentar al cesar dicha fuerza debido a la reconstrucción de sus estructuras y al retraso que se produce para adaptarse al cambio se denomina fenómeno de histéresis. La tixotropía por su definición presenta cambios reversibles de la microestructura dependientes del tiempo y se expresa por el efecto de la historia de cizalla. Finalmente se desarrolla la caracterización de los fluidos tixotrópicos y se indican algunos modelos teóricos y empíricos utilizados en la industria.

Palabras clave: *Tixotropía, caracterización reológica, modelamiento.*

SUMMARY

The research consisted of a review of the dynamics that govern the behavior of thixotropic and time-dependent liquids, establishing some definitions and characteristics of this type of fluid. The rheological kinetics of thixotropic materials implies a complexity that can be elucidated on the basis of a microstructure that is the result of the relatively weak forces of attraction between the particles, compared to the mechanical stresses that produce the flow. Viscosity decreases when a force is applied and then increases again when force ceases due to the reconstruction of its structures and the delay that occurs to adapt to the change is called a hysteresis phenomenon. Thixotropy by its definition presents reversible changes in the time-dependent microstructure and is expressed by the effect of shear history. Finally, the characterization of thixotropic fluids is developed and some theoretical and empirical models used in industry are indicated.

Keywords: *Thixotropy, rheological characterization, modeling.*

INTRODUCCIÓN

Los fluidos no newtonianos son aquellos en los que la relación entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad no es constante. En este caso en lugar de coeficiente de viscosidad o viscosidad newtoniana se habla de coeficiente de viscosidad aparente.

Los líquidos tixotrópicos pertenecen a una categoría de fluidos clasificados conforme a su comportamiento reológico como no newtonianos y dependientes del tiempo, esto debido a que su viscosidad disminuye al aplicar un esfuerzo cortante.

Con base a su dependencia o no con el tiempo de cizalla impuesto, los fluidos pueden clasificarse en dos grandes grupos: fluidos independientes del tiempo y fluidos dependientes del tiempo.

En este trabajo se presenta una revisión sobre la tixotropía en líquidos, alcanzando temas relativos a la reología de líquidos, clasificación, definición, comportamiento y modelamientos.

Aun cuando el análisis y tratamiento de los fluidos no-newtonianos es menos preciso matemáticamente que el de los newtonianos, el estudio de este tipo de materiales tiene características muy interesantes y un espectro de aplicación práctico mucho más amplio.

Conocer el comportamiento tixotrópico de los alimentos en las operaciones unitarias de los procesos a los cuales son sometidos y los efectos asociados por la interacción de sus componentes permite aumentar el espectro de investigación y los modos de experimentación del fenómeno tixotrópico para nuevos productos.

Reología

Es la ciencia de la deformación y flujo de la materia, o sea, la manera como los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada (Quintáns, 2008). En otras palabras...

” la reología estudia cómo se deforma y fluye la materia cuando se le somete a una presión. Esta puede ser una tensión, una compresión o una fuerza de cizalla. Aunque en general los sistemas dispersos y coloidales se comportan de forma muy similar a los líquidos cuando son sometidos a una tensión o una compresión, su comportamiento es, en cambio, muy diferente cuando se les aplica fuerzas de cizalla” (García 2010, p. 5).

Viscosidad

Se define la viscosidad como la resistencia a fluir, es decir, es la propiedad del fluido que da lugar a las fuerzas que se oponen al movimiento relativo en el

fluido. Se debe a las fuerzas de atracción entre las distintas moléculas de un fluido que, al fluir, hace que se produzca una cierta fricción. Los líquidos tienen una viscosidad más alta que los gases. Para determinar lo que es la viscosidad se somete a deformación un líquido aplicándole una tensión tangencial. Se comprueba que la velocidad con la que fluye una capa del líquido respecto a otra adyacente es uniforme y origina una fuerza tangencial F proporcional al área de las capas A y al gradiente de dv/dz en dirección normal a la que avanza el fluido (Ramírez, 2006) citado por Domínguez (2018, p.7).

$$F=A\eta dv / dz$$

Donde η es la constante de proporcionalidad llamada viscosidad.

La viscosidad de un fluido está directamente relacionada con la interacción entre las moléculas que la conforman. Además de las interacciones existentes entre las partículas y el medio de dispersión, el comportamiento reológico de un sistema disperso, va a depender de la viscosidad, propiamente dicha, del medio de dispersión, la concentración de la fase dispersa, y la forma y el tamaño de las partículas.

Clasificación de los fluidos

Según la respuesta que tengan los fluidos ante un esfuerzo cortante, estos pueden clasificarse en newtonianos o no newtonianos. La relación entre esfuerzos cortantes y velocidades de deformación se puede expresar del siguiente modo: $\tau = \mu\dot{\gamma}$, si se verifica que existe proporcionalidad lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, se está en presencia de fluidos newtonianos, si por el contrario, no hay proporcionalidad lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, el fluido es no newtoniano.

La Ley de la viscosidad de Newton establece que en movimientos fluidos laminares existe una relación lineal entre las tensiones tangenciales y los gradientes de velocidad, siendo la constante de proporcionalidad una propiedad física del fluido llamada viscosidad dinámica o absoluta (μ).

$$\sigma = \mu dv/dx = \mu\dot{\gamma}$$

Muchos fluidos comunes tanto líquidos como gaseosos se comportan siguiendo la relación anterior. Existen sustancias industrialmente importantes que no se comportan siguiendo la Ley de Newton de la viscosidad, ya que su viscosidad a una temperatura y

presión dadas es función del gradiente de velocidad o velocidad de deformación (Ibarrola, s/f).

Clasificación de los fluidos No newtonianos.

Chhabra y Richardson (2008), citado por Crespi (2015., pp.25-26), clasifica los fluidos no newtonianos en: 1) Independientes del tiempo: 1.1) Sin esfuerzo umbral: 1.1.1.) Pseudoplástico, producen una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación. 1.1.2) Dilatantes, se produce un aumento de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación. 1.2) Con esfuerzo umbral: 1.2.1) Plásticos, se comportan como sólidos hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de dicho valor se comportan como un líquido. 2) Dependientes del tiempo: 2.1) Tixotrópicos, se produce una disminución de la viscosidad al aplicar un esfuerzo cortante y recupera su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo (Armstrong, Beris y Wagner, s.f., p. 1). 2.2). Reopécticos, se produce un aumento de la viscosidad al aplicar un esfuerzo cortante y recupera su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo. 3) Viscoelásticos, se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos, y con propiedades tanto viscosas como elásticas (Figuras 1 y 2).

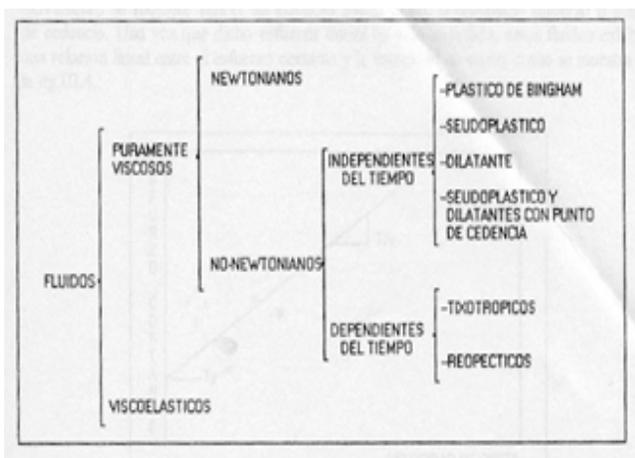


Figura 1. Clasificación de los fluidos.

No obstante, tanto la tixotropía como la reopexia pueden ser irreversibles, reversibles o parcialmente reversibles. Generalmente, existe el acuerdo de considerar a la tixotropía como un fenómeno reversible y darle el nombre de reomalaxis, o Steffe (1996) citado por Chiralt, Martínez, González, Talens y Moraga (2012, p. 150 eodestrucción cuando el comportamiento es el mismo, pero se trata de un fenómeno irreversible”).)

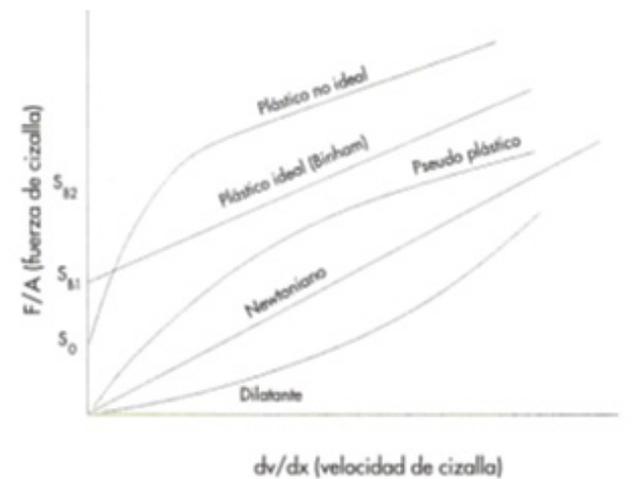


Figura 2. Reograma correspondientes a flujos newtonianos y no newtonianos. “S” representa el valor de la fuerza de ruptura para los diferentes casos (So, SB1, SB2).

Fluidos tixotrópicos

La viscosidad aparente de los fluidos tixotrópicos es una función tanto de la tensión tangencial como de la velocidad de deformación:

$$\mu_a = f(\tau, \dot{\gamma})$$

Al actuar una tensión tangencial en este fluido desde el estado de reposo, sufre un proceso de fraccionamiento a escala molecular seguido de una reconstitución estructural a medida que transcurre el tiempo. Eventualmente y en ciertas circunstancias, se logra un estado de equilibrio donde el fraccionamiento molecular iguala a la reconstitución. Si la tensión tangencial cesa, el fluido se recupera lentamente y vuelve a adquirir su consistencia original en un proceso que se caracteriza por su reversibilidad (Armstrong, Beris, Norman Wagner s/f, p.1.). En la Figura 3 se muestra la tensión tangencial en función de la velocidad de deformación de un fluido tixotrópico cuando se lo somete a una tensión y luego de sucesivos tiempos de reposo. Inicialmente la curva que se muestra es la de un fluido newtoniano, pero esta no es la regla, y puede inicialmente ser no newtoniano. Otra característica de los tixotrópicos es que cuando se la aplica una tensión tangencial creciente, dan una curva cerrada similar a un lazo de histéresis como se muestra en la Figura 4 para un fluido pseudoplástico tixotrópico.

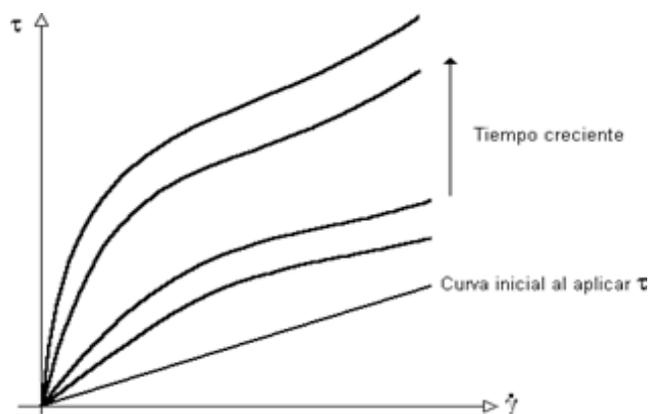


Figura 3. Comportamiento de un fluido tixotrópico en el tiempo.

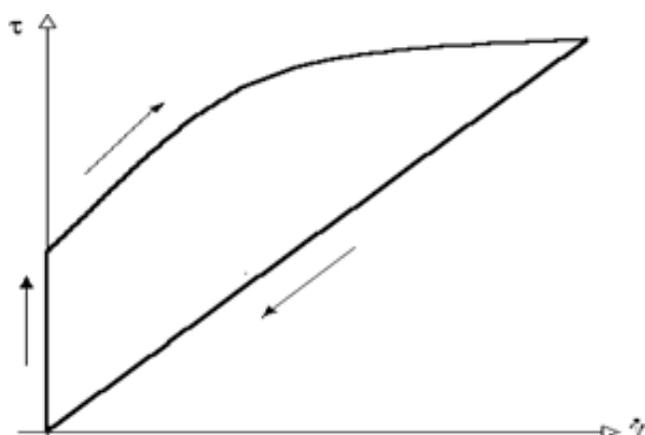


Figura 4. Histéresis de un fluido pseudoplástico tixotrópico.

Algunos plásticos de Bingham tienen comportamiento tixotrópico, pero si la tensión tangencial es suficientemente alta se fraccionan molecularmente y posteriormente van reconstruyendo paulatinamente su estructura molecular, y terminan comportándose como fluidos newtonianos. A estos se los denomina **plástico de Bingham tixotrópico verdadero** y su diagrama tensión – velocidad de deformación se muestra en la Figura 5. Sin embargo, algunas sustancias llamadas cuerpos **falsos**, retienen una tensión de fluencia cuando cesa la deformación, y luego de transcurrido cierto tiempo recuperan su resistencia de fluencia original como se muestra en la Figura 6. (Ibarrola, s/f). Ejemplos de alimentos con comportamiento tixotrópico son algunos zumos concentrados, mieles, leche condensada o Este grupo incluye aquellos materiales que poseen una estructura cuya descomposición es función tanto del tiempo como del esfuerzo aplicado. A velocidad de cizallamiento constante, el valor de la tensión de corte disminuye con el tiempo. En la comportamiento

reológico de tres tipos de fluidos mientras la estructura se derrumba.

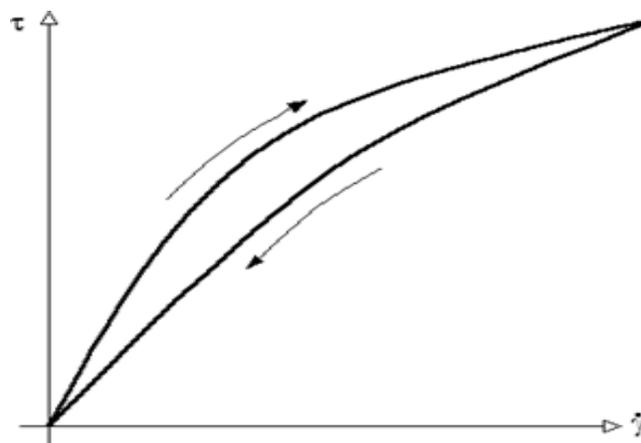


Figura 5. Plástico de Bingham tixotrópico verdadero. mostaza entre otros.

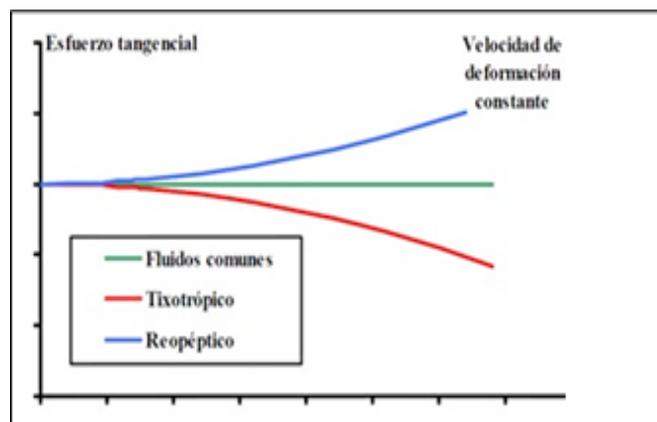


Figura 7. Diagrama típico del comportamiento de tres fluidos incluyendo el tixotrópico (Valentas 1997).

RhaV(1978), citado por Barbosa, Ibarz y Peleg (1993) afirma que su viscosidad aparente y el esfuerzo de corte disminuyen con el tiempo al mantener una velocidad de deformación constante debido al cambio continuo de la estructura del material que puede ser en cualquier caso reversible o irreversible. La tixotropía indica una continua ruptura o reorganización de la estructura dando como resultado una disminución de la resistencia al flujo. Ramírez (2006) explica que los fluidos tixotrópicos se caracterizan por un cambio de su estructura interna al aplicar un esfuerzo. Esto produce la rotura de su larga cadena que forman sus moléculas. Dichos fluidos, una vez aplicado el esfuerzo cortante, solo se puede recuperar su Figura viscosidad inicial tras un tiempo de reposo. La viscosidad va disminuyendo al aplicar una fuerza y acto seguido vuelve a aumentar

al cesar dicha fuerza debido a la reconstrucción de sus estructuras y al retraso que se produce para adaptarse al cambio se denomina fenómeno de histéresis. Entonces, los fluidos tixotrópicos son aquellos cuya viscosidad disminuye con el tiempo manteniendo el esfuerzo de corte constante, por tanto, la viscosidad aparente depende no solo de la relación de la deformación, sino también de la duración (tiempo) de la deformación. La estructura de estos fluidos es destruida debido al esfuerzo de corte aplicado, regenerándose dicha estructura cuando deja de actuar el esfuerzo de corte.

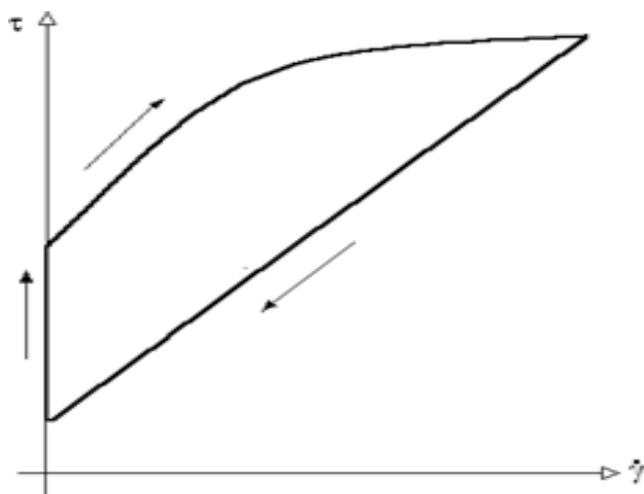


Figura 6. Comportamiento de un cuerpo falso.

Cuando se recupera el valor de la viscosidad inicial se habla de tixotropía reversible y si no se alcanza de nuevo el valor original se habla de tixotropía irreversible (jugo concentrado de naranja) llamada también reomalaxia o reodestrucción.

Según García (2010), el comportamiento del fluido tixotrópico es similar al de pseudoplásticos y dilatantes, aunque estos fluidos presentan un comportamiento viscoso independiente del tiempo. Es importante tener en cuenta la diferencia entre un fluido tixotrópico y otro pseudoplástico. El primero muestra una disminución de la viscosidad a lo largo del tiempo a una velocidad de corte constante, mientras que en la última muestra esta disminución al aumentar la velocidad de corte. A los fluidos que exhiben la propiedad opuesta, en la que la agitación a lo largo del tiempo provoca la solidificación, se les llama reopéticos, a veces anti-tixotrópicos, y son mucho menos comunes.

Tixotropía vs pseudoplasticidad

Los factores que contribuyen a la tixotropía también contribuyen a la pseudoplasticidad, y los factores causantes de la reopexia también causan la dilatancia. La tixotropía es debida a la dependencia del tiempo, semejante a la dependencia de cizalla, y es el resultado de la reorganización estructural, con una disminución de la resistencia al flujo. (Barbosa, Ibarz y Peleg, 1993, pp. 39). Este comportamiento se debe a fuerzas de tipo electroestático que originan un cambio de iones dentro del fluido, provocando atracciones y repulsiones que dan lugar a cambios estructurales. Estos cambios estructurales son los que hace que disminuya la viscosidad con el tiempo. Hay tres tipos de estructuras para la fase dispersa, la formada por una serie de capas denominada Card House, si se forman diferentes varillas se denomina armadura y si la fase dispersa toma formas esféricas se denomina estructura de perlas encadenadas (Ramírez, 2006., p. 13). Representaciones de estos comportamientos se pueden ver en la Figura 8.

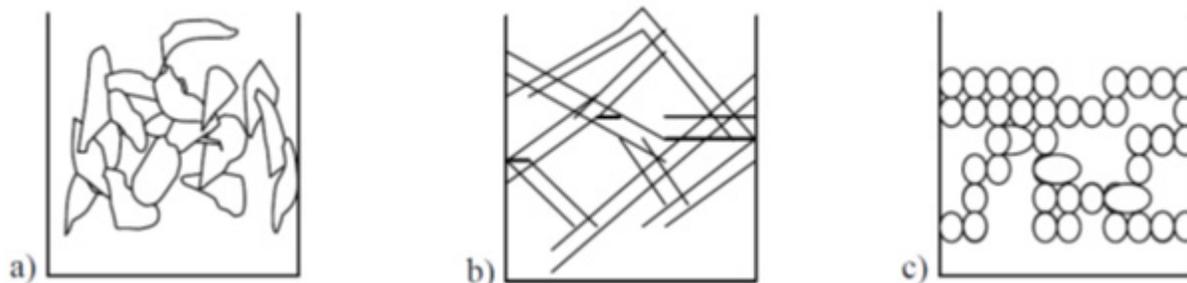


Figura 8. a) Estructura tipo Card House o “Castillo de cartas”. b) Estructura tipo armadura. c) Estructura tipo perlas encadenadas. [1].

Caracterización de un alimento fluido tixotrópico

La forma de identificar si un fluido sigue un comportamiento tixotrópico se consigue aumentando la velocidad de cizalladura durante ciertos intervalos hasta un máximo, y luego haciéndola descender del mismo modo hasta alcanzar el valor inicial. Cuando la velocidad de deformación descende el fluido se espesa hasta su comportamiento inicial. Si esta representación depende del tiempo se forma un ciclo de histéresis, es decir que en la representación los valores obtenidos durante la carga y los obtenidos durante la descarga son distintos, por tanto, se debe tener en cuenta a la hora de realizar la representación gráfica de estos fluidos los intervalos de tiempo en que son realizadas las mediciones (Muller 1977), citado por Domínguez (2018, p.13). Si estos barridos se realizan varias veces, se puede llegar al comportamiento a tiempo infinito, cuando el tiempo ya no influye. Talens (s.f., p. 2) afirma que en los fluidos tixotrópicos... "el comportamiento no se debe a un retardo en la respuesta del producto al esfuerzo o deformación aplicados, la cual es instantánea, sino que se debe a cambios en la estructura del material como consecuencia de la cizalla. Estructuralmente, el área de histéresis se relaciona con el grado de ruptura estructural del producto".

Modelamiento de fluidos tixotrópicos

Se han propuesto diferentes enfoques para la incorporación de la tixotropía en modelos reológicos. Mewis y Wagner, (2009), citado por Alvarado, (2014), argumentaron que este enfoque de modelos tixotrópicos se basa en una ecuación constitutiva en la que los parámetros reológicos son función de un parámetro λ .

Este parámetro expresa el grado instantáneo de estructura (t) y no se refiere a un aspecto físico específico de la estructura. La mayoría de los investigadores lo utilizan como un parámetro escalar que varía entre los valores de 0 de una estructura totalmente desglosada y 1 para la estructura completamente desarrollada.

Los modelos cinéticos estructurales se pueden clasificar de acuerdo a:

la ecuación constitutiva básica;

la manera en que los parámetros reológicos han sido vinculados al parámetro estructural;

la ecuación cinética para λ .

Chiralt, Martínez, González, Talens y Moraga (2012, p. 151-153), establecen algunos modelos

que se utilizan para caracterizar la degradación estructural en productos dependientes del tiempo a un gradiente de velocidad constante:

a) Modelos teóricos

a.1.) Modelo de Tiu y Boger

$$\sigma = \lambda(\sigma_y + K\dot{\gamma}^n) \quad \text{Ec.1}$$

K y n son las constantes reológicas que se determinan a tiempo cero. λ es un parámetro de ruptura estructural, función del gradiente de velocidad empleado y que depende del tiempo según una ecuación cinética de segundo orden

$$\frac{d\lambda}{dt} = k_1(\lambda - \lambda e)^2 \quad \text{Ec. 2}$$

despejando de la ecuación anterior, derivando y sustituyendo en la ecuación cinética se llega a la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{\sigma - \sigma_e} - \frac{1}{\sigma_0 - \sigma_e} + at \quad \text{Ec. 3}$$

Donde a está relacionada con K_1 . De los datos experimentales a gradiente de velocidad constante, representando $1/(\sigma - \sigma_e)$ frente a t , se obtiene el valor de K_1 , que permite predecir el valor de a a un tiempo dado de flujo.

a.2) Modelo de Figoni y Shoemaker

Se suponen la acción simultánea de varios mecanismos (i) de rotura estructural de primer orden, con constantes de velocidad diferentes (K_i). A un gradiente de velocidad constante, la variación del esfuerzo en función del tiempo viene dada por la siguiente ecuación.

$$\sigma = \sum_i \sigma_{ei} + \sum_i (\sigma_{0i} - \sigma_{ei}) e^{-k_i t} \quad \text{Ec. 4}$$

En la práctica la ecuación se aplica con solo dos términos de la sumatoria, ajustándose a los datos experimentales mediante ajuste no lineal.

b) Modelos empíricos para el ajuste de las curvas a gradiente de velocidad constante.

b.1) Modelo de Weltman

$$\sigma = A - B \ln t \quad \text{Ec. 5}$$

Aguarda relación con el esfuerzo a tiempo cero y B con la velocidad de ruptura estructural, amos son función del gradiente de velocidad.

b.2) Modelo de Hahn

Asume una cinética de primer orden para la ruptura estructural, para lo que asimila la ruptura estructural a la variación de desde tiempo cero hasta un tiempo determinado.

$$\ln (\sigma - \sigma_e) = a - pt \quad \text{Ec. 6}$$

siendo p la constante de velocidad específica de ruptura estructural y el valor del esfuerzo en la situación de flujo de equilibrio. La constante a se corresponde con el ln de la diferencia entre el esfuerzo a t=0 y el valor de equilibrio.

c) Modelos empíricos para el ajuste de las curvas a gradientes de velocidad obtenidas a diferentes tiempos de cizalla.

Estos modelos requieren la obtención de reogramas a diferentes tiempos de cizalla y el ajuste de cada uno de ellos para obtener los correspondientes parámetros reológicos (ej. $\tau(t)$, $K(t)$ n $\tau(t)$). Ahora hay que buscar un modelo que permita ajustar la variación de estos parámetros en función del tiempo. Algunos de estos modelos son los siguientes:

c.1) Modelo de Herschel- Bulkley modificado introduciendo t

$$\sigma = \sigma_0 + K \gamma^n t^{-P} \quad \text{Ec. 7}$$

P: índice tixotrópico

c.2) Ley de Potencia modificad introduciendo t

$$\sigma = K \gamma^n t^{-P} \quad \text{Ec. 8}$$

Un modelo utilizado para definir el comportamiento tixotrópico de alimentos es el de Pauletti y colaboradores (1986), citado por (Alvarado, 2014 p. 196)

$$\tau = (AT) - (BT) \ln t \quad \text{Ec. 9}$$

Donde (AT) es la presión tangencial necesaria para iniciar el cizallamiento [N/m²] y (BT) es el coeficiente de ruptura tixotrópico [N.s/m²], que representa el valor de la disminución de la presión tangencial ocurrida durante un determinado período de cizallamiento, a un gradiente de deformación constante.

CONCLUSIONES

El estudio de la tixotropía en líquidos, bajo diversas condiciones, provee un conocimiento científico específico sobre el comportamiento reológico que permite diferenciarlos con respecto a otros materiales; además su análisis provee información básica para la tecnología industrial y en particular para la de alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. (2014). “Comportamiento tixotrópico en alimentos fluidos”. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Tesis de pregrado. Trujillo. Perú. Recuperado de : http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hUh12r6iKh4J:dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/870/3Forder%3DASC%26rpp%3D20%26sort_by%3D2%26etal%3D1%26offset%3D40%26type%3Ddateissued+%&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ve&client=firefox-b-d. [Consultado el 03/04/2020]
- Alvarado, J. (2014). Principios de ingeniería aplicados en alimentos. Segunda edición. Secretaría de la Organización de los Estados Americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Proyecto multinacional de biotecnología y tecnología de alimentos. Ecuador. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/302119863>. Consultado el [02/04/2020]
- Armstrong, M., Beris, A. y Wagner, N. (s.f.). Dynamic Shear Rheology of Thixotropic Suspensions: Comparison of Structure-Based Models with Large Amplitude Oscillatory Shear Experiments. Center for Molecular and Engineering Thermodynamics, Department of Chemical and Biomolecular Engineering, University of Delaware, Newark, DE 19716. Submitted to Journal of Rheology.
- Barbosa, G., Ibarz, A., y Peleg, M. (1993). Propiedades Reológicas de los Alimentos Fluídos. Revisión. Alimentaria, 242: 39-89. https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3481/0630_D%C3%ADaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Consultado el 03/04/2020]

- Barnes, H. A. (1997). Thixotropy a review. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mech.* 70: 1-33. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-0257\(97\)00004-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-0257(97)00004-9)
- Chiralt, A., Martínez, N., González, Ch., Talens, P. y Moraga, G. (2012). *Propiedades físicas de los alimentos (Reimpresión 2012)*. España. Editorial UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Crespí, D. (2015). *Comportamiento de fluidos no newtonianos en intercambiadores de calor tubulares con rascador alternativo*. TESIS DOCTORAL. Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4888/dcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consultado el 01/04/2020]
- Domínguez, I. (2018). “Caracterización del comportamiento de fluidos dilatantes a diferentes temperaturas”. Trabajo de fin de grado. Universidad Carlos III de Madrid. España. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29542>. [Consultado el 28/03/2020]
- García, R.S., (2010). *Sistemas heterogéneos: Reología*. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de farmacia. Departamento de tecnología farmacéutica. Tecnología farmacéutica II. Recuperado de <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/295/1/Guia%20Reolog%C3%ADa2010RG.pdf>. [Consultado el 02/04/2020].
- García, G. (2006). *Reología básica aplicada, Petroquim.* [Consultado el 03/04/2020].
- Ibarrola, E. (s.f.). *Introducción a los fluidos no newtonianos*. Documento en preparación. Cátedra de Mecánica de los Fluidos- UNCor. [Consultado el 28/03/2020]
- Mewis, J y Wagner, N. (2009). Thixotropy. *Journal of Advances in Colloid and Interface Science* 147–148; 214–227. [https://www.scrip.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1530483](https://www.scrip.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1530483). [Consultado el 03/04/2020]
- Muller, H. (1973). *Introducción a la reología de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza. España
- Quintáns, L. 2008. *Reología de Productos Alimentarios*. Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Santiago de Compostela: Disponible en http://dspace.usc.es/bitstream/10347/2556/1/9788498872187_content.pdf. [Consultado el 02/04/2020]
- Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de la reología de alimentos, Introducción a la reología*, E-books, Colombia.
- Rha, C. (1978). Rheology of foods, *Food Technol.* 22, 77-82. https://www.researchgate.net/publication/284594190_Rheology_of_fluid_foods. [Consultado el 30/03/2020]
- Steffe, J. (1996). *Rheological Methods in Food. Procees engineering*. Segunda edición. East land sing. USA. Freeman Press Michigan State University. <https://www.coursehero.com/file/14656418/Rheological-methods-in-food-processing-engineering/>. [Consultado el 30/03/2020]
- Talens, P. (2007). *Caracterización del comportamiento reológico de un alimento fluido tixotrópico*. Universitat Politècnica de Valencia. Departamento Tecnología de los Alimentos. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68327/Talens%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20del%20comportamiento%20reol%C3%B3gico%20de%20un%20alimento%20fluido%20pseudopl%C3%A1stico.pdf?sequence=1>. [Consultado el 03/04/2020]
- Velásquez, H. J. (2006). *Reología de fluidos y su aplicación en el área de los alimentos*. Bdigital. Repositorio institucional. SINAB. Sistema Nacional de Bibliotecas-Vri. Vicerrectoría de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/57124/>. [Consultado el 28/03/2020]
- Velásquez F., y Velezmoro C. (2018). *Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos*. *Scientia Agropecuaria* vol.9 no.2 Trujillo abr. /jun. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>

REOLOGÍA DE POLÍMEROS

(Polymers rheology)

William Zambrano-Herrera

MSc. en Ingeniería Agroindustrial. Profesor Asociado a Dedicación Exclusiva, Programa Ciencias del Agro y del Mar-UNELLEZ-VIPI. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Área de Conocimiento: Química-Biología. williamz@unellez.edu.ve

Revisión Bibliografica

Recibido: 26-03-2020

Aceptado: 04-04-2020

RESUMEN

El objetivo de esta revisión técnica fue documentar la información disponible sobre la reología de polímeros, enfocando particularmente hacia los biopolímeros o biomoléculas de interés, como los son las proteínas y los polisacáridos, presentes en grandes cantidades en diversos alimentos. La reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de éstos cuando son sometidos a esfuerzos cortantes. En alimentos, resulta útil conocer las propiedades reológicas de estos para un mejor manejo durante el procesamiento. Las operaciones unitarias a la que son sometidos, las materias primas de origen animal y vegetal contribuyen a formar dispersiones de monómeros, oligómeros y polímeros, cuyo comportamiento define en gran medida la calidad del producto final. En virtud que muchos de estos polímeros poseen un carácter no newtoniano, y por ende se clasifican como tixotrópicos, viscoelásticos, entre otros tendrán diferentes grados reología en el material particulado fluido, asociando esto con la viscosidad y los fenómenos de transporte. Las proteínas y los carbohidratos, en sus condiciones poliméricas (polipéptidos y polisacáridos) generan diversos parámetros reológicos medibles en cada caso.

Palabras clave: *Reología, polímeros, proteínas, polisacáridos.*

SUMMARY

The objective of this technical review was to document the available information on the rheology of polymers, focusing particularly on the biopolymers or biomolecules of interest, such as proteins and polysaccharides, present in large quantities in various foods. Rheology is the science that studies the flow and deformation of these when subjected to shear stresses. In food, it is useful to know the rheological properties of these for better handling during processing. The unit operations to which the raw materials of animal and plant origin are subjected contribute to the dispersion of monomers, oligomers and polymers, whose behavior largely defines the quality of the final product. Because many of these polymers have a non-Newtonian character, and therefore are classified as thixotropic, viscoelastic, among others they will have different rheology degrees in the fluid particulate material, associating this with viscosity and transport phenomena. Proteins and carbohydrates, in their polymeric conditions (polypeptides and polysaccharides) generate various measurable rheological parameters in each case.

Keywords: *Rheology, polymers, proteins, polysaccharides.*

INTRODUCCIÓN

LA REOLOGÍA

El origen etimológico de la reología se refiere a estudio del flujo (del griego reos: fluid and logos: tratado, ciencia) fue propuesta por Eugene Cook Bingham, profesor de química del Lafayette College (Easton, PA, USA) para definir aquella rama de la Física cuyo objetivo es el conocimiento fundamental y práctico de la deformación o flujo de la materia (Hernández, 2014). Dada la diversidad de aplicaciones en que la reología está implicada, se podrían distinguir cuatro ramas principalmente (Ferguson y Kemblowski, 1991; Bames et al., 1993), que responderían a las principales direcciones en la investigación actual en Reología: la macroreología o reología fenomenológica, la microreología o reología estructural, la reometría y la reología aplicada.

Hernández (2014), explica que la reología fenomenológica o macroreología describe los fenómenos macroscópicos que ocurren durante la deformación de los materiales de forma que se ignora la naturaleza molecular de la materia y se aprovecha el concepto de continuo. Por su parte, la microreología, se ocupa de la relación entre la estructura microscópica real del material y sus propiedades reológicas. En este sentido se ha realizado un esfuerzo especialmente intenso, con más o menos éxito, para predecir las propiedades de compuestos macromoleculares a partir de modelos matemáticos de estructura y dinámica de largas cadenas de polímeros. La reometría, se ocupa de la determinación cuantitativa de las propiedades reológicas del sistema investigado de forma experimental, resulta de gran importancia en control de procesos y control de calidad, así como a la hora de comprobar la utilidad de cualquier modelo constitutivo propuesto. Finalmente, la reología aplicada se ocupa de problemas de deformación y flujo de sustancias reológicas complejas con geometrías de interés práctico (por ejemplo, en ingeniería química), que han de ser estudiados utilizando métodos numéricos.

POLÍMEROS Y BIOPOLÍMEROS

Los polímeros resultan de la unión de varias unidades de un monómero, resultando un compuesto químico de origen natural o sintético basado en sus unidades estructurales constitutivas. En el campo de la química orgánica, a los polímeros se les denomina biopolímeros. Hay macromoléculas de interés

biológico como los carbohidratos y proteínas que, al ser intrínsecos de las materias primas animales y vegetales utilizadas para la formulación de alimentos, generan dispersiones alimenticias que poseen determinados comportamientos reológicos. Será este el enfoque que el autor le dará a esta revisión bibliográfica, enfocado a la reología de biomoléculas poliméricas.

REOLOGÍA DE SISTEMAS DISPERSOS

Badui (2006), explica que la estructura de los alimentos está definida por el acomodo a niveles micro y macroscópicos de sus diversos constituyentes. Su grado de organización y estabilidad depende del nivel de cohesión entre sus componentes, así como de las fuerzas físicas y químicas que intervienen. A pesar de la complejidad estructural y la heterogeneidad de los alimentos, casi todos pueden clasificarse en dos grandes categorías: 1) tejidos celulares intactos, y 2) dispersiones, también llamadas coloides, estos últimos son el resultado de los diversos procesos a que son sometidos los tejidos intactos, lo cual implica, cortado, licuado, trituración, molienda, amasado, mezclado, entre otras operaciones comunes en el procesamiento de alimentos. Un coloide muy común resultado de ello son los soles, dispersión formada por un sólido disperso en un líquido. En este caso, las partículas de la fase dispersa están constituidas por grandes macromoléculas tales como proteínas, polisacáridos y lípidos.

En el caso de los soles y otros coloides fluidos, al aplicar una fuerza se obtiene un flujo o deformación por unidad de tiempo. La resistencia del sol al flujo se define como viscosidad. Si para un fluido la relación entre esfuerzo y tasa de corte es directamente proporcional, se tiene un comportamiento ideal conocido como “newtoniano”, es decir, obedecen la Ley de Newton de la viscosidad, que se expresa como:

$$\tau = \eta \left(\frac{dv}{dy} \right) \quad \text{Ecuación [1]}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (N/m² = Pa)

η : Coeficiente de viscosidad (Pa·s)

$\left(\frac{dv}{dy} \right)$: Tasa de velocidad o corte.

La mayoría de los soles alimenticios presentan desviaciones marcadas del comportamiento ideal y, por lo tanto, su viscosidad cambia al aplicar diversos valores de esfuerzo y/o tasa de corte, y presentan un comportamiento no-lineal entre estos dos parámetros. Los fluidos no newtonianos han sido denominados “pseudoplásticos”, “dilatantes” y “plásticos”. Estos últimos se subdividen en Bingham o lineales y no-Bingham o exponenciales. Los soles pseudoplásticos y dilatantes muestran flujo al aplicar cualquier valor de esfuerzo cortante, mientras que los fluidos plásticos requieren un valor inicial finito de esfuerzo (esfuerzo de umbral o cesión) antes de que presenten flujo. En los soles pseudoplásticos y plásticos no Bingham se presenta una disminución de la viscosidad conforme aumenta la tasa de corte; en los dilatantes, la viscosidad aumenta al aumentar la tasa de corte; y los plásticos de Bingham presentan una viscosidad constante una vez que se logra el flujo. El comportamiento pseudoplástico es el más común en los soles alimenticios. Ejemplos de estos soles son dispersiones de gomas, pastas proteicas diluidas, dispersiones de pectinas, suero de leche y aderezos para ensalada. Los soles hidrofílicos concentrados, tales como salsa catsup, purés de frutas, pastas proteicas concentradas, masa de gluten y masa de maíz, presentan un flujo plástico no-Bingham. El comportamiento dilatante, aunque no muy común, se ha observado en dispersiones de almidón en agua. El flujo plástico Bingham no es común en soles alimenticios (Badui, 2006).

REOLOGÍA DE LAS PROTEÍNAS

Nelson y Cox (2014), indica que las proteínas son polímeros de los aminoácidos, que se unen o polimerizan entre sí a través de enlaces covalentes denominados peptídicos, formando largas cadenas polipeptídicas. Algunas proteínas consisten en una sola cadena polipeptídica, pero otras pueden estar conformadas por más de dos, en ese caso reciben el nombre de proteínas multiméricas. Fennema (2010) indica que las proteínas juegan un papel fundamental en los sistemas biológicos, y pueden usarse como proteínas alimentarias. Sin embargo, con fines prácticos, las proteínas de los alimentos se pueden definir como aquellas que son fácilmente digestibles, no tóxicas, nutricionalmente adecuadas, funcionalmente útiles y abundantes.

Tradicionalmente, la leche, la carne (incluyendo el pescado y las aves), los huevos, los cereales, las leguminosas y las semillas oleaginosas han constituido las fuentes principales de proteínas alimentarias.

Badui (ob. cit), indica que el comportamiento pseudoplástico de las proteínas se explica por la posibilidad de que las moléculas de proteína, que son grandes, puedan orientar su eje mayor respecto de la dirección del flujo de su solución. La desagregación de proteínas multiméricas contribuye a este comportamiento. Al cesar el esfuerzo de cizalla o detenerse el flujo, las proteínas requieren de un tiempo de relajación para perder la orientación que habían ganado, si es que recobran su estado original. Las soluciones de proteínas fibrilares como la gelatina o la actomiosina usualmente permanecen orientadas, y por lo tanto, no recobran rápidamente su viscosidad original, a diferencia de las soluciones de proteínas globulares como las proteínas de suero y de soja que recobran su viscosidad rápidamente cuando el flujo se detiene, dichas soluciones se llaman tixotrópicas (Fennema, ob cit).. El coeficiente de viscosidad de la mayoría de las soluciones de proteínas sigue una relación exponencial con la concentración de la proteína debido a las interacciones proteína-proteína e interacciones entre las esferas de hidratación de las moléculas de las proteínas. En altas concentraciones de proteínas o en geles donde las interacciones proteína-proteína son numerosas y fuertes, se observa un comportamiento viscoelástico. En este caso se requiere, para iniciar el flujo, de una fuerza específica también conocida como yield stress. La viscosidad de las soluciones de proteínas es una manifestación de interacciones complejas, que incluyen el tamaño, la forma y las interacciones con el solvente de la proteína, el volumen hidrodinámico y la flexibilidad molecular en el estado hidratado, que resulta mucho más voluminoso que cuando se trata de la proteína no hidratada.

Por otra parte, la gelación de proteínas se refiere a la transformación de una proteína en el estado “sol” a un estado “gel”, que se facilita por calor, enzimas, o cationes divalentes bajo condiciones apropiadas y que inducen la formación de una estructura de red, cuyos mecanismos de formación pueden diferir considerablemente. La gelificación es necesaria en los embutidos, proteína de pescado triturada y calentada, proteínas vegetales texturizadas por extrusión o hilado, masas para panificación y algunos alimentos

tradicionales como el tofu. La gelificación no sólo se utiliza para formar geles sólidos viscoelásticos, sino también para mejorar la absorción de agua, los efectos espesantes, la fijación de partículas (adhesión), y para estabilizar emulsiones y espumas.

Un caso representativo de esta condición lo constituye la gelatina, que es una proteína fibrosa que tiene numerosas aplicaciones principalmente en la industria farmacéutica y alimenticia debido a sus propiedades químicas y físicas; tiene la habilidad de formar geles térmicamente reversibles (Saxena et al., 2009), puede ser usada como agente emulsificante, estabilizante, o para mejorar algunas características como textura y capacidad de retención de agua. Las propiedades reológicas de viscosidad y poder gelificante dependen de la materia prima, de su pretratamiento (alcalino ó ácido), del método de extracción e hidrólisis del colágeno, del método de concentración de la solución, y del método de secado.

Al respecto, Serna-Cock, Velázquez y Ayala (2010) realizaron un estudio en el que evaluaron el efecto de la Ultra Filtración (UF) sobre las propiedades reológicas de gelatina comestible tipo B y compararon los resultados con las propiedades reológicas de gelatina comestible concentrada mediante evaporación. Los parámetros reológicos medidos fueron viscosidad y poder gelificante durante las primeras 13 horas de proceso. Los investigadores concluyeron que la ultrafiltración es una tecnología adecuada que permite reemplazar la evaporación al vacío en la primera etapa de concentración, y mejora las propiedades reológicas de viscosidad y poder gelificante; propiedades que inciden directamente sobre el precio, dado que a mayores valores de Bloom y de viscosidad en la gelatina comestible, mayor es el precio en el mercado internacional. El uso de UF como método de concentración de gelatina tipo B, mejora las propiedades de viscosidad y de Bloom especialmente cuando se lo utilizaron en una mezcla 50:50 de carnaza entera y de carnaza desorillo-sebo.

Otro estudio tiene que ver con la caracterización reológica de las masas de colágeno durante el proceso de extrusión de envolturas comestibles, realizado por Olaia (2019), en el que el autor desarrolló un procedimiento reológico capaz de caracterizar las propiedades viscoelásticas de las masas de colágeno. En el estudio se realizaron curvas de flujo y ensayos de tixotropía, así como ensayos dinámicos capaces de determinar los módulos de G' y G'' . Asimismo, se ejecutaron ensayos de fluencia y recuperación. En

la caracterización se analizaron tres formulaciones de masa: A, B y C. Los resultados indicaron que las masas de colágeno son materiales no newtonianos y pseudoplásticos, además de tixotrópicos. La masa tipo C fue el material más consistente ($K=2243$ Pa.s) y con un área de histéresis superior (362 Pa/s). También fue la muestra con mejores propiedades viscoelásticas ($G'=13420$ Pa) y la que mejor soportó las velocidades de cizalla propias de los procesos de extrusión.

REOLOGÍA DE LOS POLISACÁRIDOS

Murray et al. (2013) explica que los polisacáridos son polímeros de carbohidratos producto de la condensación de más de diez (10) unidades de monosacáridos; los ejemplos son los almidones y las dextrinas, que pueden ser polímeros lineales o ramificados. Fennema (2010) indica que los polisacáridos solubles en agua y los polisacáridos modificados utilizados en los alimentos y otras aplicaciones industriales son conocidos como gomas o hidrocoloides.

Existen dos tipos generales de flujo exhibidos por las soluciones de polisacáridos: pseudoplástico (con mucho el más común) y tixotrópico. La viscosidad de los fluidos pseudoplásticos depende de la fuerza de cizalla. En el flujo pseudoplástico el incremento de la rapidez del flujo resulta de un incremento en la fuerza de cizalla; esto es, cuanto más rápido fluye el fluido, menos viscoso es. La velocidad de flujo puede ser incrementada aumentando la fuerza aplicada por vertido, masticación, deglución, bombeo, mezclado, entre otros. El cambio en la viscosidad es independiente del tiempo, es decir, la velocidad de flujo cambia instantáneamente al modificar la fuerza de cizalla. Las moléculas de polímeros lineales forman soluciones cuya viscosidad disminuye con la fuerza de cizalla, normalmente pseudoplásticas (Badui, 2010).

En general, las gomas de mayor peso molecular son más pseudoplásticas. Las soluciones de gomas menos pseudoplásticas dan lugar a lo que se conoce como de “flujo largo”, tales soluciones son percibidas generalmente como «limosas». De las soluciones más pseudoplásticas se dice que tienen un “flujo corto”, y generalmente se las percibe como «no limosas». En la Ciencia de los Alimentos, un material limoso es el que posee las características de ser espeso, de adherirse a la boca y de ser difícil de deglutir. La limosidad está inversamente relacionada con la pseudoplasticidad; esto es, para ser percibido como

no limoso, debe producirse una marcada pérdida de viscosidad a las bajas fuerzas de cizalla derivadas de la masticación y la deglución. El flujo tixotrópico es un segundo tipo de flujo dependiente de la fuerza de cizalla. En este caso, la reducción de la viscosidad que resulta del incremento de la velocidad de flujo no ocurre instantáneamente. La viscosidad de las soluciones tixotrópicas disminuye bajo una fuerza de cizalla constante de manera dependiente del tiempo, y vuelve a alcanzar la viscosidad original cuando cesa la fuerza, también sólo después de un intervalo de tiempo definido y medido. Este comportamiento es debido a que se produce una transición gel- solución-gel. En otras palabras, una solución tixotrópica en reposo es un gel débil (capaz de ser vertido).

Para las soluciones de la mayoría de las gomas, el incremento de la temperatura resulta en una disminución de la viscosidad (la goma xantano es una excepción entre 0 °C y 100°C). Con frecuencia ésta es una propiedad importante, puesto que significa que una concentración mayor de sólidos va a poder ser disueltos a una temperatura más alta, y la solución puede entonces ser enfriada para producir el espesamiento. Estas gomas se comercializan en forma de polvo de diversos tamaños de partícula, se utilizan mayoritariamente para espesar y/o gelificar soluciones acuosas, para modificar y/o controlar las propiedades de flujo y la textura de los alimentos líquidos y las bebidas, así como para modificar las propiedades de deformación de productos semisólidos. En los productos alimenticios se usan generalmente a concentraciones 0,25-0,50%, lo que indica su gran capacidad de producir viscosidad y formar geles (Fennema, 2010).

Existen diversas investigaciones que buscan explicar las propiedades reológicas de distintos polisacáridos. Una de ellas es la de Bello-Lara et al., (2014), que realizaron una extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano 'Pera' (Musa ABB), el objetivo fue cuantificar la extracción y caracterizar reológicamente el almidón y la pectina de frutos de plátano 'Pera' (Musa ABB). Por cada 100 g de harina seca de frutos de plátano 'Pera' se tuvo un rendimiento de extracción de 56,53% de almidón y 9,73% de pectina. El perfil reológico de los polisacáridos tuvo un índice de consistencia ($Pa \cdot sn$) de 0,0325 (almidón) y 0,0140 (pectina) e índices de flujo (n , adimensional) de 0,7225 (almidón) y 0,7800 (pectina). Ambos polisacáridos presentaron un flujo no Newtoniano y un comporta-

miento pseudoplástico.

De igual forma, Rodríguez et al. (2006), en su estudio "Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca", investigaron el efecto de las condiciones de proceso sobre las harinas de yuca precocidas verificando su comportamiento reológico en un medio acuoso. La inclusión en el procesamiento de una etapa de reposo a baja temperatura del parénquima de yuca precocido influyó ampliamente en las características de la harina de yuca obtenida. La viscosidad aparente de suspensiones acuosas de harina de yuca elaborada con parénquima precocido y reposado a baja temperatura fue más baja comparada con la viscosidad de las suspensiones de harina de yuca precocida sin período de reposo. Las suspensiones de las harinas preparadas con trozos de yuca precocidos sin y con reposo a baja temperatura tuvieron un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico.

Siguiendo con otra investigación relevante, Velásquez-Barreto y Velezmoro (2018), investigaron las propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos en el que determinaron sus características fisicoquímicas, propiedades reológicas y viscoelásticas. Para ello utilizaron tubérculos de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), oca (*Oxalis tuberosa* M.) y olluco (*Ullucus tuberosum* C.) del distrito de Paucarará (Huancavelica, Perú). Los almidones fueron extraídos por sedimentación, tamizado, lavado y posterior secado a 40 °C durante 48 h en estufa. Luego se determinaron el contenido químico proximal de los tubérculos, rendimiento de almidón, contenido de amilosa aparente (AA), las propiedades reológicas y viscoelásticas. El contenido de AA estuvo entre 21,13% a 26,13%, las pastas de mashua, oca y olluco presentaron un comportamiento tixotrópico y pseudoplástico ($n < 1$), también observaron un comportamiento más elástico que viscoso ($G' > G''$) en las pastas de los tres almidones y la viscosidad compleja (η^*) fue mayor en las pastas de almidones de mashua y olluco. Los resultados mostraron que pastas de almidones de mashua, oca y olluco mostraron un comportamiento tixotrópico y pseudoplástico y tuvieron un comportamiento más elástico que viscoso, asimismo los almidones de mashua mostraron una mayor viscosidad compleja y aparente.

Las pectinas, por su parte, al ser polisacáridos que aportan viscosidad y propiedades gelificantes a diversos alimentos, también resulta útil estudiar

sus propiedades reológicas. Se trata de polisacáridos muy complejos formados principalmente por un dominio de unidades de ácido D-galacturónico con enlaces α -(1-4) y otro de ramnogalacturonano con cadenas laterales de arabinosa y galactosa, entre otros (Badui, 2006). En este sentido, Moreno, Montilla y Villamiel (2016) realizaron un análisis reológico de pectinas industriales procedentes de subproductos de cítricos dirigidas a la elaboración de distintos tipos de alimentos. Para ello se prepararon geles de pectinas al 3% empleando placa magnética o agitador de varillas con y sin ultrasonidos (US). El sonicador (Biogen Científica S.L.), provisto de una sonda de 12,7 mm de diámetro trabajó a 20 kHz de forma pulsada (2 s on/ 5 s off) siendo la amplitud del 30% (106,6 W/cm²). En los geles preparados se estudió, a 25 °C, el efecto del tiempo ($\gamma=0$ -1000 s⁻¹ (300 s) / $\gamma=1000$ s⁻¹ (60 s) / $\gamma=1000$ -0 s⁻¹ (300 s)) y de la velocidad de cizalla (1000 s⁻¹) sobre la viscosidad. Para ello, se utilizó un reómetro rotacional de cono-placa (DC60/2°, Haake, Germany). Según el estudio reológico las pectinas presentan un comportamiento no newtoniano y pseudoplástico, ya que la viscosidad disminuye con la velocidad de cizalla. Además, al aumentar el tiempo disminuye la viscosidad, por lo que se trata de materiales tixotrópicos. Por otra parte, el estudio arrojó que los métodos de preparación y, en particular, la aplicación de US posibilita la obtención de geles con una más amplia gama de valores de viscosidad, diversificando aún más las posibilidades de uso de las pectinas como ingredientes alimentarios.

Por otra parte, otros de los polisacáridos con influencia en fenómenos de transporte y fluidez de alimentos son los alginatos, los cuales son una sal, la mayoría de las veces la sal sódica, de un ácido poliurónico, el ácido alginico, que se obtiene a partir de algas pardas. Los alginatos son muy utilizados para proporcionar altas viscosidades a bajas concentraciones. Una viscosidad aún mayor en condiciones de baja fuerza de cizalla puede ser conseguidas introduciendo una pequeña cantidad de iones calcio. Si se usa alginato de propileno (PGA), se produce una pequeña cantidad de entrecruzamiento entre las cadenas por medio del calcio, que se une a los grupos carboxílicos restantes. Esto da lugar al espesamiento de las soluciones, más que a su gelificación (Fennema, 2010).

Al respecto, Gómez-Díaz y Navaza (2002), realizaron una caracterización reológica de dispersiones

agua-alginato sódico con aplicación en la industria alimentaria. Este estudio concluyó que el polímero estudiado se comporta de forma no newtoniana y de tipo pseudoplástico, o sea, que al aumentar el gradiente de velocidad aplicado sobre el fluido su viscosidad disminuye. De igual manera se observó que un aumento de temperatura producía una pérdida de este comportamiento pseudoplástico ya que hacía que afectase en menor medida el gradiente de velocidad sobre la viscosidad de la muestra. Se comprobó que los modelos de Ostwald y de Sisko permitían modelizar el comportamiento reológico de disoluciones acuosas de alginato. Finalmente, este estudio permitió caracterizar al alginato sódico como un agente espesante, el cual se puede emplear con el fin de aportar texturas determinadas a distintos alimentos con el fin de adaptarlos a las peticiones de los consumidores.

CONCLUSIÓN

La reología de polímeros, y en particular de los biopolímeros es de interés en la ciencia y tecnología de alimentos, ya que permiten caracterizar los patrones de flujo durante el procesamiento, lo cual facilita el manejo y las condiciones operación, además de las propiedades sensoriales del producto final. Los polímeros de carbohidratos, como los almidones, las pectinas, las gomas y los alginatos confieren viscosidad a sus dispersiones, que tienden a gelificar cada uno con sus respectivas particularidades. Igualmente, las proteínas tienen diferentes propiedades funcionales, resaltando la humectación, viscosidad y gelificación en sus diversas aplicaciones en alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Mexico. Editorial Pearson Education.
- Bello-Lara, J. E.; Balois-Morales, R.; Sumaya-Martínez, M. T.; Juárez-López, P.; Rodríguez-Hernández, A. I.; Sánchez-Herrera, L. M. y Jiménez-Ruiz, E. I. (2014). Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano 'Pera' (Musa ABB) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. Núm. 8 16 de mayo - 29 de junio, [1501-1507]
- Fennema, O. R. (2010). *Química de los Alimentos*. España. Editorial Acirbia.
- Gómez-Díaz, D.; Navaza, J. M. (2002). Caracterización reológica de dispersiones agua-alginato sódico con aplicación en la industria alimentaria. *Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol. 3, No. 5, [pp. 302-306].

- Hernández M. (2014). Caracterización reológica de hidrogeles de MCC-NaCMC + almidón. Tixotropía y sinergismo. (Tesis Doctoral). Publicado por Proquest, Miami EE.UU.
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kenelly, P., Rodwell, V. y Weil, P. (2013) Harper Bioquímica Ilustrada. 29ª Edición. Mc Graw-Hill Interamericana Editores, México.
- Nelson, D. y Cox, M. (2014). Principios de Bioquímica de Lenhinger 6º Edición (versión portuguesa). ARMET editora LDTA, Porto Alegre.
- Olaia, B. M., (2019) Portal académic-e. Recuperado de <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/35070?show=full>
- Rodríguez, S., Eduardo; Fernández Q., A.; Alcalá, L. A.; Ospina P., B. (2006). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca Revista Ingeniería y Desarrollo, núm. 19, enero-junio, pp. 17-30 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia
- Saxena, A.; Tripathi, B.P; Kumar, M. y Shahi, V.K. (2009). Membrane-Based Techniques for the Separation and Purification of Proteins: An Overview. Adv Colloid Interfac.: 145 (1-2), [1-22].
- Serna-Cock, L.; Velásquez, M.; Ayala, A. (2010). Efecto de la Ultrafiltración sobre las Propiedades Reológicas de Gelatina Comestible de Origen Bovino. Información Tecnológica Vol. 21(6): 91-102.
- Velásquez-Barreto, Frank F.; Velezmoro, C. Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de de tubérculos andinos. Scientia Agropecuaria 9(2):[189 – 197.

GÉNERO *Corymbia* COMO ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE PULPA PARA PAPEL Y OTROS USOS

(The *Corymbia* genus as an alternative to produce pulp, paper, and other uses)

Joao Leite de Souza ¹ y Carmen Morante ²

¹ Trabajo de Grado. UNELLEZ - Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. joledeso@gmail.com

² TUTORA. UNELLEZ - Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. Grupo de Estudios Ecológicos y Biodiversidad, cmorante50@gmail.com.

Autor de correspondencia: Carmen Morante²

Recibido: 26-03-2020

Aceptado: 06-04-2020

RESUMEN

El objetivo de esta investigación, es proponer el género *Corymbia* y sus híbridos, como alternativa de producción de pulpa, papel y otros usos maderables en la empresa Desarrollos Forestales San Carlos (DE-FORSA), estado Cojedes, Venezuela. La investigación es de campo, no experimental, proyectiva bajo la modalidad de proyecto aplicado. Los resultados obtenidos comparando los géneros *Corymbia* y *Eucalyptus* fueron: densidad básica de la madera, siendo el *Corymbia* (Híbrido Toreliodora-TLD) superior a 10,6%. El Incremento Medio Anual presentó un aumento de 18,29%, el porcentaje de sobrevivencia fue del 100%; y el Volumen Sólido sin Corteza, arrojó valores similares. En la planta, la energía en el proceso de astillado fue alta, pero estable; la pulpa producida de la madera TLD presentó una blancura de aproximadamente 5% GE en refinación indicando una concentración más baja de lignina; y, en los efluentes los parámetros físicos químicos presentaron una disminución considerable de las cargas iónicas, Sólidos Solubles Totales, Demanda Química de Oxígeno y concentraciones de Nitrógeno y Fósforo. Se concluyó que el *Corymbia* y sus híbridos generaron perspectivas como una alternativa potencial para la producción comercial de pulpa para papel, estantillos y carbón vegetal.

Palabras clave: *Corymbia*, torelidora (TLD), pulpa, carbón vegetal, *Eucalyptus*.

SUMMARY

The objective of this project is to propose the use of the genus *Corymbia* and its hybrids as an alternative to produce pulp, paper, and other forest products at the company Desarrollos Forestales San Carlos (DE-FORSA), in the Venezuelan State of Cojedes. Rather than experimental, this is a field research, projective under the applied project mode. After comparing the *Corymbia* to the *Eucalyptus* genus, it was observed that the specific gravity of the *Corymbia* genus' wood (Toreliodora-TLD hybrid) was above 10.6%. The Mean Annual Increment (MAI) increased by 18.29%, the survival rate was 100%, and the Stem Volume, without Bark, presented similar values for both genera. At the pulp and paper mill, the energy consumption during the chipping process was high but stable. The pulp produced with the TLD wood presented a whiteness value of 5% GE, indicating a lower lignin concentration. Additionally, the physical-chemical parameters observed on the effluents presented considerably lower values of ionic charges, Total Soluble Solids, Chemical Oxygen Demand, and Nitrogen and Phosphorus concentrations. In conclusion, the *Corymbia* genus and its hybrids represent a potential alternative to produce commercial pulp, paper, and other forest products.

Keywords: *Corymbia*, torelidora (TLD), pulp, charcoal, *Eucalyptus*.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de papel es casi toda de fibras de especies vegetales leñosas de crecimiento rápido y extensivamente cultivadas, siendo los géneros *Pinus*, *Acacia*, *Eucalyptus* y *Corymbia* los más importantes (Adaptado de la FAO, 2012). Entre los diversos usos se mencionan: madera para aserradero (muebles, techos, pisos), madera para pulpa (papel y cartón en todos sus grados; papel sanitario, de imprenta, servilletas, papel periódico, sacos y bolsas, cartón, corrugados, pañales, toallas); madera para la producción de energía (leña y carbón) y otros usos (extracción de aceites esenciales, jarabes, cosméticos, estantillos, postes). También hay una gran variedad de productos generados con la fibra de celulosa, por ejemplo: pinturas, barnices, estructuras de acetato, telas, productos de limpieza del hogar, entre otros; no siendo posible imaginar la humanidad vivir sin ellos.

Para la producción de productos maderables: principalmente pulpa, papel y carbón; se requiere desarrollar materiales genéticos que generen calidad en el producto y productividad; es por ello, que las especies de árboles más usadas en todo el mundo se limitan a pocos géneros, como el *Eucalyptus*, *Pinus*, *Acacia* y *Corymbia*; este último género recientemente clasificado.

Los desafíos y obstáculos de los proyectos de la industria de base forestal; principalmente pulpa, papel y carbón, ha conllevado a innovadoras investigaciones de nuevas fuentes de fibras y biomasa. Este esfuerzo ha sido enormemente recompensado con el rescate de especies del género *Corymbia*. Hace algunas décadas, este género se encontraba botánicamente dentro del grupo de los eucaliptos; a partir de la década de los 90, botánicos australianos lo describieron como otro género dentro de la familia Myrtaceae (Hill y Johnson, 1995).

Investigadores en el tema; como Smith, Henson, y Boyton (2007), han encontrado bajo porcentaje de enraizamiento de *Corymbia* pura; y la *Corymbia torelliana* forma híbridos naturales con otras especies de *Corymbia* spp (Hill & Johnson 1995).

Valente (2017), concibió el interés del género como especie potencial para la industria de pulpa, que requerían además; resistencia al déficit hídrico, a plagas y enfermedades. López y Vera (2018), señalan que la *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*

presenta un mejor comportamiento en crecimiento volumétrico y rectitud del fuste. García, Oliveira, Nascimento, y Souza (2014), indican que la madera de las especies de *Eucalyptus* presentaron alta densidad, color más oscuro y presencia de pigmentos, mientras que la madera de *Corymbia citriodora*, presentaron alta densidad, color claro y poco pigmento rojo.

Con el programa de desarrollo forestal llevado a cabo por las Empresas Desarrollos Forestales San Carlos S.A. (DEFORSA), filial de Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA) en Venezuela, y Papelera Internacional S.A. (PAINSA) y Plantaciones Forestales de Guatemala (PLANFORGUA), pertenecientes al mismo grupo industrial y localizado en Guatemala, fue oportuno el intercambio de material genético.

Al respecto, desde Guatemala se trajeron materiales genéticos del género *Corymbia*, encontrados en abundancia en aquel país, los cuales fueron plantados en las áreas de la empresa DEFORSA. Después de los 3 años de establecidas estas plantaciones, en el año 2013, fueron identificados varios individuos (árboles) híbridos naturales entre las especies *Corymbia citriodora* x *Corymbia torelliana* nombrados e identificados en el sector forestal como “Toreliodora” (TLD). Estos ejemplares fueron incorporados, de manera inmediata, al programa de investigación y desarrollo de DEFORSA.

En este contexto, ha surgido la necesidad de proponer el uso de nuevos materiales genéticos del género *Corymbia* y sus híbridos en la empresa DEFORSA, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela, como alternativa de producción sustentable, evaluando los resultados del comportamiento en campo, en la planta de pulpa para papel, perspectivas de impacto ambiental en el procesamiento de la pulpa y tratamiento de efluentes, así como los materiales de larga trayectoria, como es el caso del *Eucalyptus* ya establecido. Y en función de estos resultados se creó la estrategia de establecimiento de especies del género *Corymbia* y sus híbridos en DEFORSA. El período de estudio comprendió desde 2017 a 2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de campo, no experimental enmarcada en el enfoque cuantitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), nivel proyectivo

(Palella y Martins, 2012), adaptada a la modalidad de Proyecto Aplicado según Barrios (2009).

El área de estudio fue la Empresa DEFORSA, ubicada en San Carlos, estado Cojedes; en los Llanos Centro Occidentales de Venezuela, cuya superficie es 10742 ha. Entre las características agroclimáticas específicas de la unidad de estudio se tienen: las temperaturas promedio oscilan entre 27 a 32°C (Paredes, 2009); precipitación: 1410 mm/año concentradas entre los meses de abril a septiembre; evaporación: 1807 mm/año; relieve: plano (87%); altitud: 110 – 130 m.s.n.m; y suelos con textura media a arcillosa; poco profundos y con limitaciones en fertilidad, drenaje y erosión.

Las plantaciones son establecidas durante el período de lluvias, en los meses de mayo hasta septiembre. Los materiales vegetales utilizados se obtienen por medio de propagación vegetativa (clones). La preparación de terreno es de modalidad mínima labranza con uso de equipo múltiple (subsulado y alomado). La fertilización es realizada en dos etapas: pre-plantación (1 mes) y post-plantación (a los 6 y 12 meses) con fórmulas químicas completas (N-P-K y micronutrientes). El mantenimiento de las plantaciones (control de malezas) es realizada de 4 formas: manual, mecánica, química y biológica. Este último control se basa en el sistema silvopastoril con ganadería bovina (vacuno y bufalino). La cosecha forestal del género *Eucalyptus* se realiza entre los 6 y 7 años con equipo mecanizado multifuncional denominado “harvester” (corta, desrama, descorteza, secciona y apila); de la misma forma, con el género *Corymbia* a los 4 años.

Los híbridos del material *Corymbia* fueron evaluados a los 4 años de edad. En esta evaluación se consideraron los siguientes parámetros: 1) Mediciones Volumétricas: Diámetro Altura de Pecho (DAP), altura de los árboles (m), Incremento Medio Anual (IMA), entre otros. 2) Mediciones con software Selegen–Reml/Blup donde se procesaron las estimaciones de los parámetros genéticos necesarios para selección de material, como: valores genéticos y genotípicos, valores fenotípicos, ganancia por la selección y heredabilidad de las características. 3) Estudios de las propiedades físicas de la madera (densidad básica), estudio del comportamiento del astillador en planta de pulpa, evaluación visual de la blancura de la madera y calidad de los efluentes líquidos en la entrada del clarificador.

Luego de los resultados obtenidos en las pruebas tanto en campo como en planta; se generó la estrategia de mejoramiento genético forestal que se creó para el género *Corymbia* Esta se basó en la Selección Recurrente Reciproca Intra Población Sintética (SRRIPS); adaptada por Osvaldo Navegante Cancio de la metodología descrita por Resende y Barbosa (2005).

En la selección de áreas para la plantación de los híbridos de *Corymbia* TLD fueron estudiadas las unidades de manejo de suelo y los requerimientos del material genético. En virtud de la gran variedad de suelos existentes en DEFORSA (18 tipos) según Ker y Pereira (2013) fue desarrollado un sistema que consistió en la creación de 4 Unidades de Manejo de Suelos basado en criterios como: textura, formación y características físicas del suelo; siendo la unidad I la mejor y la Unidad IV, suelos con restricciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de los resultados del comportamiento de las plantaciones en campo y en la planta de pulpa en todo su proceso:

Evaluación en Ensayo Clonal

Los resultados de la tabla 1, arrojaron una densidad básica de 575 kg/m³ en TLD 13, presentando un incremento de 10,60% con respecto al mejor clon de *Eucalyptus* (clon 1503) cuyo valor fue de 514 kg/m³; el Volumen Sólido sin Corteza(SC m³) del clon TLD 20 arrojó un incremento similar al clon 1846 con 0,20 SC m³; el IMA (t/ha/año) del clon TLD 61 con un valor de 39,69 t/ha/año, este fue superior en 18,29% en comparación con el clon 1503 con un valor de 32,43 t/ha/año; y en relación a la sobrevivencia a los 4 años, el clon TLD 20 logró un 100% de sobrevivencia sobre el mejor clon de eucalipto (clon 1503) con un 96%.

Tabla 1. Ensayo de clones híbridos de *Corymbia subsp citriodora* x *Corymbia torelliana* (TLD). Parcela 6. Lote V, a los 4 años.

CLON	DENSIDAD BÁSICA Kg/m ³	VOLUMEN SC m ³	IMA (t/ha/año)	SOBREVIVENCIA (%)
TLD 61	562	0,19	39,69	70
TLD 17	537	0,19	38,27	25
TLD 20	521	0,20	37,83	100
TLD 13	575	0,18	37,67	55
TLD 54	547	0,18	36,10	85
1846	439	0,20	32,13	80
1503	514	0,17	32,43	96
TLD 21	510	0,17	31,40	80
TLD 66	527	0,15	30,09	96
TLD 22	421	0,17	26,05	65
241	489	0,10	17,30	90

Fuente: Propia.

Primera prueba de astillado de la madera

El propósito fue evaluar el proceso de astillado; obteniendo como resultado relevante, una uniformidad de la carga energética del astillador y una astilla de acuerdo a los patrones establecidos. Aunque la carga energética fue más alta cuando se comparó con el proceso de astillado de madera de *Eucalyptus*, la uniformidad presentada indicó una menor amplitud de variación de carga, consecuentemente una mayor estabilidad en el uso de energía (Figura 1), las astillas producidas presentaron una blancura superior al *Eucalyptus* (Figura 2).

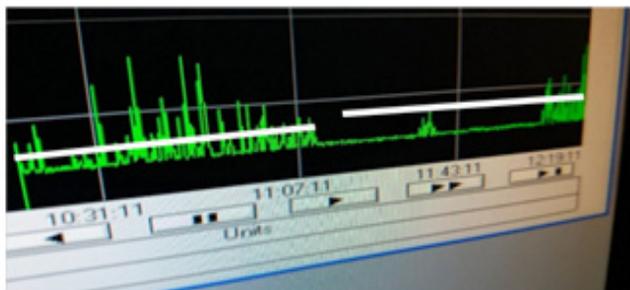


Figura 1. Pantalla de la oficina de control de astillado en la planta de pulpa, indicando el consumo de energía en el astillador. A la izquierda clon de *Eucalyptus* y a la derecha híbrido de *Corymbia*.
Fuente Propia.

Segunda prueba de astillado de madera y refino

Esta fue realizada en julio del año 2018, con el objetivo de probar la madera del híbrido natural de *Corymbia* (TLD), con la edad de 4 años, para evaluar su comportamiento en la fabricación de astillas y en el proceso de refinación. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2: la blancura de la madera del híbrido de *Corymbia* (TLD) fue superior a la del clon 57 (aprox. 5° GE) en refinación, una indicación de la concentración de lignina más baja que en el clon de *Eucalyptus*.



Figura 2. Astillas de madera híbrido de *Corymbia* TLD (a). Astillas de madera clon de *Eucalyptus* (b).
Febrero de 2018.
Fuente Propia.

El “Breaking Length” (BL) de la madera del híbrido de *Corymbia* fue mayor en refinación a lo registrado normalmente y superior al clon 57.

Obviamente con un “freeness” menor, es posible tener un mejor BL, pero en vista a las magnitudes de los números de CSF y BL, se infiere que la madera tiene un BL favorable.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de laboratorio con la madera del híbrido *Corymbia*.

Tipo de Madera	Cs RP1	CSF RP1	Blancura RP1	CSF CMR1	Blancura CMR1	B.L. CMR1	Shives CMR1
Toreliodora	23,5	525	46,1	287	50,0	2712	>0,60
Clon 57 (Eucalipto)	25,9	503	40,5	325	45,2	<1800	0,33

Leyenda: Cs: Consistencia de la pulpa. RP1: Refinador primario. CSF: Canadian Standard Freeness, que indica el grado de refinación afectando el drenaje de agua de la pulpa. CMR1: Torre de consistencia media de refinación. B.L: Breaking Length (Viscosidad de la pulpa).Shives: tiras de fibra.

Observar que la pulpa de prueba empieza con un valor de “freeness” (grado de drenabilidad de la pulpa refinada) superior al clon testigo y finaliza con valores más bajos, indicando una mejor facilidad de refinación, es probable que este comportamiento se deba a que la presencia de hemicelulosa es mayor en *Corymbia* que en los *Eucalyptus*, facilitando la interacción con el medio acuoso en el molino. El valor de “shives” (tiras de fibras) en refinación fue alto, posiblemente debido a la falta de ajustes en el proceso debido al corto periodo de operación. Se observó mejor blancura y “Breaking Length” (viscosidad de la pulpa) favorable en la madera híbrido de *Corymbia* (TLD) con 4 años de edad, respectos a los clones que están siendo utilizados actualmente, de los cuales todos superan los 7 años de edad. La planta de pulpa presenta un histórico con excelentes resultados en clones de *Eucalyptus* (010, 066, 1084 y 1636 entre 6 y 7 años de edad).

Evaluación preliminar de efluentes primarios en planta de pulpa

Las pruebas de efluentes primarios en planta de pulpa se realizaron por un período de 12 horas (estándares de procedimiento de la planta) durante 3 días. La primera y tercera pruebas fueron analizadas con efluentes resultados de la producción de pulpa con clones de *Eucalyptus*. La segunda prueba se analizó con efluentes resultados de la producción de pulpa con madera de híbrido de *Corymbia* (TLD).

Los resultados obtenidos en los parámetros físicos químicos de los efluentes en la entrada del clarificador presentan una disminución considerable en todos sus valores. La carga iónica (μg) los valores obtenidos para TLD presentan una considerable disminución de iones en los efluentes; es decir, menor cantidad de químicos y sustancias químicas reactivas. Los Sólidos Solubles Totales (SST-ppm), el efluente del proceso con TLD en la entrada del clarificador presenta valores bajos significativos en comparación con el *Eucalyptus*. Esta disminución de los valores, representan menor pérdida en el proceso de producción de pulpa, y también; una reducción en los esfuerzos de su remoción del efluente en la unidad de tratamiento.

La reducción de los parámetros de color significa una menor cantidad de fenoles (lignina y extractivos) disueltos en los efluentes y reflejan la menor cantidad de estos químicos en la madera. Esto representa una reducción de la utilización de químicas para blanquear la pulpa y por ende, una reducción de los costos. La Demanda Química de Oxígeno (DQO-ppm) representa las cantidades de elementos y sustancias químicas que necesitan ser neutralizados o reducidos antes de la disposición final de los efluentes. Estos valores tan bajos en los efluentes de TLD conllevan a una sustancial reducción de químicos en tratamiento final del efluente y consecuentemente, un menor costo.

Las concentraciones de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) encontradas en el efluente producido por el TLD son muy por debajo de las encontradas en los efluentes producidos por *Eucalyptus*. Esto facilita el tratamiento del efluente en la planta biológica; y representa un menor impacto ambiental en los cuerpos de agua receptores finales. En el pH, no se observaron variaciones significativas.

Es importante destacar, que el efluente del proceso con la madera de TLD en la entrada del clarificador en todos los parámetros, fueron inferiores a los valores de la salida de efluente del proceso con la madera de *Eucalyptus*.

Creación de la estrategia de mejoramiento genético forestal

La población de las especies puras del género *Corymbia* se encuentra localizadas en Guatemala. Las matrices de *Corymbia torelliana* se desarrollan en huerto semillero, a través de injertos. Las dos especies complementarias: *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* y *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, dispersas en distintas regiones de Guatemala, sirven de fuentes de polen. La especie *Corymbia torelliana* será utilizada siempre como árbol madre, en las hibridaciones. El huerto localizado en Guatemala producirá los híbridos para ensayos de progenies en Venezuela y otras regiones.

Las progenies de *Corymbia torelliana* de Guatemala rescatadas por semilla, están siendo plantadas en las unidades forestales de DEFORSA, por su buena adaptación y con el propósito de mantener una buena base genética con excelente variabilidad. En las unidades forestales de DEFORSA en Venezuela, existe un grupo de matrices de *Corymbia torelliana* y *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* que siguen siendo utilizadas en el programa de mejoramiento genético, manteniendo la especie *Corymbia torelliana* como madre.

La estrategia de mejoramiento genético forestal para el género *Corymbia* es la Selección Recurrente Recíproca Intra Población Sintética (SRRIPS); donde los híbridos son obtenidos por polinización controlada o abierta, entre las 3 especies nominadas (Adaptado por Osvaldo Navegante Cancio de la metodología descrita por Resende y Barbosa, 2005).

Los híbridos del primer cruce (híbrido simple), son llevados a prueba en ensayos de progenie, después de evaluados los mejores (árboles plus) son establecidos en ensayo clonales, y por último llevados a plantaciones piloto.

Los híbridos simples seleccionados que contengan un mejor valor genético, son también direccionados para poblaciones sintéticas. En estas poblaciones son realizados cruzamientos entre híbridos y retro cruzamientos con las especies originales; estos cruces son hechos con la finalidad de mejorar algunas características deseadas; por ejemplo: volumen, forma, resistencia a plagas y enfermedades, etc. De igual manera, los nuevos híbridos mejorados (múltiplos) siguen la misma rutina de pruebas en ensayos de progenies, selección, ensayo clonal y luego plantaciones pilotos.

Actualmente la población de híbridos de DEFORSA está compuesta por clones provenientes de híbridos naturales localizados en los ensayos clonales, instalados en los años 2014, 2015 y 2016, y en ensayos de progenie con materiales originarios de Guatemala plantados en el año 2015.

Luego de realizadas las pruebas pilotos en la planta de pulpa de PAVECA, se incorporó al programa de mejoramiento genético al género *Corymbia*, con las tres especies, *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, *Corymbia torelliana* y *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, así como sus híbridos denominados “toreliodora” resultantes de las varias combinaciones del cruzamiento entre las especies. Las plantaciones comerciales son realizadas en las áreas donde los suelos son aptos para el género, determinados por el mapa de unidad de manejo de suelos desarrollado en DEFORSA.

CONCLUSIONES

El género *Corymbia* y sus principales especies a través de su alto potencial de hibridación ha permitido la formación de híbridos que se presentan como una alternativa viable en la producción de pulpa, papel y otros productos maderables, aunque han sido poco estudiadas.

Los híbridos del género *Corymbia* (Toreliodora – TLD) evaluados presentaron una serie de características favorables en comparación con los mejores clones de *Eucalyptus*; mayor sobrevivencia en el campo a los 4 años de edad. El Incremento Medio Anual (t/ha/año) y el volumen sólido sin corteza (V SC m³) fue superior a los clones de *Eucalyptus*. Se constató, que las plantaciones de los híbridos de *Corymbia* a los 4 años de edad se encontraban aptos para la cosecha forestal por su calidad de fibra que se desarrolla más precoz que *Eucalyptus*; como consecuencia, se infiere una reducción de costos.

La densidad básica de la madera de los híbridos de *Corymbia* son superiores a los clones de *Eucalyptus* en valores significativos; esto representa ganancias en la calidad de la madera, en el transporte, uso estable de la energía del picador de astilla y en el rendimiento de la producción de pulpa.

Los valores de lignina en los híbridos de TLD son menores que los encontrados en los clones de *Eucalyptus*. En el proceso de producción de pulpa BCTMP; este factor es importante, una vez que en el proceso no hay la extracción de lignina; como resultado, la pulpa producida presenta un índice de blancura superior a la pulpa de los clones de *Eucalyptus*; esto influye en los efluentes producidos en el proceso ya que causan menor impacto ambiental y una reducción considerable en el uso de químicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las conclusiones anteriores, se creó una adaptación a la estrategia de mejoramiento genético forestal para el género *Corymbia*; la Selección Recurrente Recíproca Intra Población Sintética (SRRIPS), utilizando las especies *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, *Corymbia torelliana* y *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, así como sus híbridos denominados “toreliodora”.

En la investigación con los híbridos de *Corymbia* TLD se determinó; que su mejor crecimiento y desarrollo se consigue en suelos correspondientes a las unidades de manejo 1 y 2; representando el 38% de la superficie; y un 43% (potenciales) de la unidad de manejo 3.

La estimación de crecimiento esperado en las plantaciones con los híbridos de *Corymbia* TLD en las unidades de manejo 1 y 2 que representa el 38% del área total (2100 ha) alcanzaría un Incremento Promedio Anual (IMA) de 55 t/ha/año; considerando la ganancia de productividad de biomasa y la reducción del tiempo de cosecha.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones en planta que se sugieren son: hacer una prueba con cantidad o volumen de madera que permita un seguimiento en el proceso evaluando los impactos en toda la cadena productiva, evaluar los efectos de las características de la madera de TLD en la calidad del producto final (pulpa y papel), evaluar el impacto de la madera TLD en los rendimientos en la planta de pulpa; y realizar estudios de comparación de la madera de TLD y *Eucalyptus* en sus componentes anatómicos, físicos y químicos.

Las recomendaciones en campo que se sugieren son: seguir incursionando en los estudios de selección de clones de este género a través del mejoramiento genético en sus diferentes modalidades; establecer un banco de germoplasma en la empresa; cuantificar los efectos del cultivo de TLD sobre los costos de control de malezas, plagas, enfermedades y en el manejo silvopastoril; y establecer relaciones inter-institucionales a nivel científico, educativo, productivo y comercial para interactuar en el tema de estudio y mejorar en los aspectos ya mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrios, A. (2009). Guía metodológica para la Elaboración de Proyecto. Recuperado de <http://seminariotgesap.blogspot.com/2009/06/seminario-de-trabajo-de-grado-esap.html>.
- FAO. (2012). Los bosques y la evolución del mundo moderno. En el estado de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. Cap 2: 7-23.
- García1, R., Oliveira1, N., Nascimento, A., Souza, N. (2014). Colorimetría de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica, RJ, Brasil, CERNE 20(4), 509-517.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. 6ta ed. Mc Graw Hill, México. 600 pp.
- Hill, K.D, y Johnson, L.A.S. (1995). Systematic studies in the eucalypts - 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea*, 6:185-504.
- Ker, J. C. & Pereira, T. T. C. (2013). Relatório Final dos Recursos de Solos - Desenvollos Forestales San Carlos. San Carlos – Venezuela. 54 pp.
- Lopez, J. y Vera, C. (2018). Crecimiento y rectitud del fuste de orígenes geográficos de *Corymbia* spp. en la Mesopotamia argentina. RIA/Trabajos en prensa. Recuperado de <http://ria.inta.gov.ar/sites/default/files/trabajosenprensa/lopez-castellano-2a.pdf>
- Palella, S., y Martins, F. (2012). Metodología de la Investigación Cuantitativa. 3ra ed. FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas. Venezuela. 284 pp.

- Paredes, F. (2009). Nociones elementales de la climatología e hidrología del estado Cojedes. Coordinación de Estudio de Postgrado de UNELLEZ-VIPI. Serie Investigación N° 1. 262 pp.
- Resende, MDV., y Barbosa, MHP. (2005). Melhoramento genético de plantas de propagacao assexuada. Colombo: Embrapa Florestas. 130 p.
- Smith, H.J., Henson, M., y Boyton, S. (2007). Forests NSW's spotted gum (*Corymbia* spp.) tree improvement and deployment strategy. In: AUSTRALASIAN FOREST GENETICS CONFERENCE: breeding for wood quality, 2007, Hobart. Proceedings... Hobart: [s.n.], 24 p. Recuperado de <http://www.proceedings.com.au/afgc>.
- Valente, B. M. (2017). Avaliação de clones híbridos de "*Corymbia*" para crescimento, qualidade da madeira e carvão vegetal na região do Rio Doce (Tesis de Doctorado). Universidad Federal de Viscosa, Brasil.

DIAGNÓSTICO SOCIOPRODUCTIVO-AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLE HONDO, MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA, COJEDES

(Environmental Socio-productive diagnosis of the Quebrada Valle Hondo microbasin, Ezequiel Zamora municipality, Cojedes)

Yuleimi ¹Peña, Inidira ²Loreto, Geila ³González, y Yadira ⁴Flores

^{1,2,3,4}MSc., Doctorando en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". Cojedes State. Venezuela. Email: yuleimiprofeunellez@gmail.com

Autor de correspondencia: Yuleimi Peña. Email: yuleimiprofeunellez@gmail.com

Ensayo

Recibido: 31-03-2020

Aceptado: 30-04-2020

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar un diagnóstico socio-productivo-ambiental de la Microcuenca Quebrada Valle Hondo, municipio Ezequiel Zamora, Cojedes, para lo cual se ejecutó un abordaje a la comunidad que habita en la Microcuenca, empleándose una observación participante de las condiciones físicas de la misma, las entrevistas semi-abiertas a los productores, maestros y habitantes, así como también análisis documental o revisión bibliográfica. Entre los mayores problemas detectados en el estudio están, la falta de conciencia ambiental de la comunidad vinculante, la quema de residuos vegetales sin control, el vertido de residuos y desechos en el cauce, el empleo indiscriminado de agroquímicos en los cultivos y la deforestación de especies vegetales. Otra acción comprometedoras que afecta a la microcuenca es el cultivo a favor de la pendiente, lo que disminuye la capacidad de retención del agua en el horizonte de la superficie del suelo, disminuyendo la infiltración del agua, que aunado a la eliminación de la capa vegetal genera mayor erosión del suelo y menores reservas de agua en la cuenca. A partir de estas y otras insuficiencias se recomienda elaborar un plan estratégico para minimizar el impacto de la actividad antrópica en la zona en estudio.

Palabra clave: *microcuenca, diagnóstico, comunidad, ambiente.*

SUMMARY

The objective of the work was to carry out a socio-productive-environmental diagnosis of the Quebrada Valle Hondo Micro basin, Ezequiel Zamora municipality, Cojedes, for which an approach to the community living in the Valle Hondo Micro basin was carried out. Participant observation of the physical conditions of the Micro basin, semi-open interviews with producers, teachers and residents, as well as community interviews and documentary analysis or bibliographic review. Among the major problems detected through the diagnosis in the micro-basin, the lack of environmental awareness of the binding community, the burning of plant residues without control, the dumping of residues and wastes, the indiscriminate use of agrochemicals in crops and deforestation of plant species. Another compromising action for the preservation of the micro-basin is the cultivation in favor of the slope, which decreases the capacity of water retention in the horizon of the soil surface, reducing the infiltration of water, which together with the decrease of the vegetal layer generates more soil erosion and less water reserves in the basin. It is recommended to develop a strategic plan to minimize the impact of anthropic activity in the study area.

Keywords: *microbasin, diagnosis, community, environment.*

INTRODUCCIÓN

Para garantizar una buena calidad de vida y el desarrollo sustentable en las comunidades se deben desarrollar prácticas que permitan una gestión racional y equilibrada de los recursos naturales. Todo esto ante la evidencia del deterioro ocasionado por la contaminación, el aprovechamiento y uso de la tierra, la deforestación desenfrenada, dilapidación y destrucción de los ecosistemas, desastres por efectos antrópicos, cambio climático, construcción de viviendas y carreteras, entre muchos factores complejos que se pueden mencionar que están asociados al crecimiento de las poblaciones sin ningún tipo de planificación.

La humanidad a través de los siglos ha dependido siempre del uso adecuado y racional del recurso agua. Las fuentes acuíferas son un factor casi obligatorio para la formación de ecosistemas y de asentamientos humanos, ya que las mismas garantizan la subsistencia de las especies. En la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce “El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible” (2001), se plantea que: “la clave de la armonía a largo plazo con la naturaleza y con nuestros semejantes reside en arreglos de cooperación a nivel de cuenca hidrográfica, siendo el marco de referencia indicado para la gestión de los recursos hídricos” y se destaca que las “cuencas hidrográficas, las cuencas fluviales, los lagos y los acuíferos deben ser el marco de referencia primario para la gestión de los recursos hídricos” y que es “preciso crear mecanismos institucionales y participativos a este nivel”.

Venezuela a pesar de poseer una enorme cantidad de recursos hídricos; entre ellos grandes ríos, lagos y zonas pantanosas, también es drenado por más de un millar de ríos, 124 de los cuales poseen cuencas mayores de 1.000 Km². Sin embargo, según Martínez (2011), la nación no escapa a la realidad del manejo ineficiente del agua, además posee un problema con la escasez de agua que se presenta en la región norte del país, la cual es la región más poblada por lo que requieren mayores niveles de distribución. Agravado por la estacionalidad de las lluvias, la misma provoca sequía una parte del año, mientras en la otra se producen inundaciones. Este problema ha traído como consecuencias que se tenga que abastecer el agua para las ciudades desde lugares y ríos cada vez más alejados.

El estado Cojedes no escapa a la problemática

antes planteada, las principales poblaciones presentan déficit de suministro, existe también contaminación en varias de sus principales cuencas y hacia el sur del mismo se presentan áreas inundables. La población de Valle Hondo I y Valle Hondo II posee una micro cuenca, que tiene grandes riquezas naturales, fuente de un ecosistema variado y un abastecimiento de agua importante ya que proporciona el vital líquido a estas comunidades, pero debido al mal uso de sus recursos, de la deforestación, al manejo de las aguas servidas de forma incorrecta, ya presenta signos de deterioro que ponen en riesgo la salud y supervivencia de los seres vivos que en ella habitan. Por lo anteriormente expuesto, se define como objetivo del artículo, diagnosticar las características socioproductivo-ambientales para la detección de los factores que propician el deterioro de la Microcuenca Valle Hondo en el Estado Cojedes.

Caracterización de la zona de estudio

La microcuenca de la Quebrada Valle Hondo, se encuentra ubicada en el sector Valle Hondo del municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes, y de acuerdo a Morante et al., (2013), se delimita por los puntos extremos norte y sur de coordenadas UTM: 542297E-1079850N y 548533-E-1071274N, perteneciente a la zona 19. Está ubicado aproximadamente a 9,45 kilómetros de la ciudad de San Carlos de Austria, capital del municipio Ezequiel Zamora, a 272 msnm. En cuanto al clima, es de bosque tropical con pequeñas variaciones, con temperaturas que oscilan entre 27 y 32 °C, y una precipitación anual cerca de 1500 mm. Una humedad relativa media anual de 74%.

Así mismo, la hidrología, de acuerdo a Muñoz (2013), por tener una topografía ondulada, su escurrimiento es natural o por gravedad, dicha microcuenca forma parte de los tributarios de la cuenca media del Río San Carlos, siendo la principal fuente hídrica para el consumo de los habitantes del sector. El mismo autor afirma que la zona posee niveles freáticos o aguas subterráneas a escasos metros de profundidad. La mencionada microcuenca tiene un cauce principal de régimen permanente y tributario con régimen intermitente.

Respecto a los suelos existentes en la microcuenca, según Strebin, citado por Muñoz (2013), se clasifican de acuerdo a las características físicas y químicas. Siendo los de mayor predominancia los

pertenecientes a la clase VII (1639,48 Ha), clase IV (255,23 Ha), clase I (99,37 Ha). En cuando a los cultivos agrícolas, estos ocupan una superficie de 63,76 has y comprende los siguientes rubros: raíces y tubérculos, cereales, leguminosas, frutales, otros.

En ese mismo escenario de ideas, los parámetros morfométricos son: sistema hidrográfico al cual pertenece: cuenca del río Tírgua. Punto de cierre de la cuenca: desembocadura al río Tírgua área drenada: 18.604.407 m². Perímetro de la divisoria: 25.154 m. Longitud del cauce principal: 11.528 m. Elevación mínima del terreno: 174 msnm. Elevación máxima del terreno: 518 msnm, Elevación media del terreno: 312,43 msnm; Pendiente media del terreno: 33,71%. (Paredes, 2009).

METODOLOGÍA

Se realizó un abordaje a la Microcuenca Quebrada Valle Hondo, empleándose una observación participante de las condiciones físicas de la misma, se obtuvo información de los habitantes de la zona con relación al uso, preservación y manejo del agua. Además, se contó con un diagnóstico socioeconómico realizado por Agüero y Jiménez (2016). Las técnicas utilizadas fueron: la observación participante, las entrevistas semi-abiertas a los productores, maestros y habitantes de la comunidad y análisis documental o revisión bibliográfica. Los instrumentos utilizados fueron: la cámara fotográfica, libreta de campo y documentos (estudios previos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización socioeconómica de la cuenca

El uso de la tierra es en su mayoría agrícola, prevaleciendo el cultivo de ñame brasilero; el sistema productivo predominante es el conuco, constituyendo el principal medio de subsistencia para los habitantes. El marco de referencia poblacional inicial se obtuvo de la información general aportada por los dos Consejos Comunales de “Valle Hondo”, quienes afirmaron que entre los dos sectores identificados (Valle Hondo I y Valle Hondo II), se distribuyen unas 180 viviendas donde residen alrededor de 600 habitantes de las cuales, el 50,7% son hombres y el 49,3% son mujeres. De la población total, el 26,3% se dedica a la agricultura; el 23,2% se ocupa de labores del hogar. En el área de servicios trabaja el 5,3%. El 0,9% son comerciantes, el 1,1% ejerce la docencia, el 6,8% labora como obreros, el 23% se dedica a estudiar (jóvenes y niños), y el 13% está desocupado (Agüero y Jiménez 2016).

A juicio de Morante et al., (2013), el agua que consume la población proviene de un sistema de bombeo directo contra la red que se abastece de 3 pozos poco profundos, el suministro del servicio es discontinuo sin potabilización, así mismo se evidenció que también consumen el agua proveniente de pozos y aljibes; algunas viviendas cuentan con pozos sépticos donde se disponen las aguas servidas (excretas), pero hay un numeroso grupo que hace sus deposiciones al aire libre. En cuanto al tipo de vivienda, hay predominio de autoconstrucción, de interés social, y ranchos dispersos.

En referencia a las características socioculturales y según Agüero y Jiménez (2016), una de las características más resaltantes es la existencia de elementos ancestrales en la dinámica existencial de esta comunidad, fundamentalmente en actividades vinculadas a su cotidianidad y al proceso productivo y del trabajo. Existe la presencia de ciertos modos de trabajo casi extinguidos en los sectores rurales, tales como la denominada “mano vuelta” y la “cayapa” o “convite”.

La agricultura es la ocupación más importante para sus habitantes; abastece el autoconsumo y genera significativos márgenes para la comercialización para los habitantes de esta zona, especialmente con el cultivo de ñame. Hay predominancia de la agricultura tradicional como el conuco, donde se usan técnicas de manejo convencional, tala, quema, uso indiscriminado de agroquímicos y siembra a favor de las pendientes (prevaleciendo el monocultivo, especialmente el ñame) y en muchos casos en las cercanías a los cauces de agua. Respecto al número de productores agrícolas se tienen: 107 cultivadores de ñame y 63 que combinan este cultivo con otros rubros; el resto solo se dedican a cultivar el ñame.

Diagnóstico de los principales problemas ambientales

Entre los mayores problemas detectados a través del diagnóstico en la microcuenca se evidenció la falta de conciencia ambiental de la comunidad vinculante, la quema de residuos vegetales sin control, el vertimiento de residuos y desechos, el empleo indiscriminado de agroquímicos en los cultivos y la deforestación de especies vegetales. Otra acción comprometedor para la preservación de la microcuenca es el cultivo a favor de la pendiente, lo que disminuye la capacidad de retención del agua en el horizonte de superficie del suelo, disminuyendo

la infiltración del agua, que aunado a la disminución de la capa vegetal genera mayor erosión del suelo y menores reservas de agua en la cuenca.

La comunidad habitante en la microcuenca Quebrada Valle Hondo, no hace una correcta disposición de los residuos y desechos sólidos, ya que los depositan a orillas de la quebrada por no contar con un servicio de recolección. En cuanto a la producción agrícola, las pendientes predominantes en estos suelos están entre 3 y 20 % (Morantes et al., 2013), lo cual representa un riesgo de erosión debido básicamente a la forma en que los productores trabajan la tierra; la cual consiste en tala y quema; lo que trae como consecuencia suelos desnudos, sobre todo en la época de lluvia. Lo anterior acarrea problemas de erosión hídrica. Específicamente el sistema de siembra empleado por los productores, quienes hacen esta labor a favor de la pendiente, lo cual agrava más la situación ya mencionada.

Se debe acotar que en esta microcuenca hay predominio de suelos clase VII ubicados en su mayoría en zonas con pendientes superiores al 15%; lo que representa alto riesgo de erosión debido a que allí es la zona donde los productores realizan sus actividades de explotación agrícola (tala, quema, siembra, aplicación de agroquímicos). Todo lo anterior, trae como consecuencia que los sedimentos producidos, por estas acciones antrópicas, son arrastrados al cauce de la quebrada afectando su ciclo natural y alterando la cobertura vegetal produciendo un impacto negativo sobre el hábitat de la fauna silvestre; además es posible que se produzca un impacto potencial sobre la calidad de las aguas alterando su composición física, química y biológica, las cuales son usadas por los habitantes para consumo.

Así mismo, la quema desmedida ocasiona la destrucción del hábitat animal, afectando principalmente a las especies con menor movilidad, como también genera desequilibrio ambiental debido al desplazamiento de otras especies, las cuales se refugian en otras zonas, lo que afecta las fuentes de agua y la alimentación de especies autóctonas de la zona, estas terminan adaptándose a condiciones más difíciles y de mayor competencia con otras especies de animales.

En cuanto a la cubierta vegetal, la desaparición de la misma impide que el agua de las lluvias se retenga y se infiltre en el terreno. Del mismo modo,

el agua de lluvia al no encontrar obstáculos que la retengan (ya que los suelos están desnudos) éstos quedan expuestos a la erosión por la lluvia debido a que provocan corrientes de agua que corren sin reparos lavando la materia orgánica acumulada en la superficie. Por lo antes mencionado, las lluvias y la luz solar penetran rápidamente dañando la capa superior del suelo cuando no existe capa vegetal; y el suelo no es el más apropiado para uso agrícola durante largo tiempo, ya que ha perdido sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Para la conservación de la cuenca es imprescindible la existencia de los árboles, ya que son altamente efectivos en la absorción de cantidades de agua, manteniendo el nivel de agua en las cuencas hidrográficas a una altura manejable. Una vez que se han eliminado los árboles, se genera una mayor escorrentía y menor capacidad de infiltración, se debe recalcar que en la zona de estudio existen construcciones de viviendas a orillas de la microcuenca, lo que puede traer como consecuencia pérdidas materiales y humanas.

Referente a la afectación de zonas protectoras de la quebrada, se evidencia la ubicación de viviendas y unidades de producción (conucos) dentro del área de protección del cauce, lo cual contradice lo establecido en la Ley de Aguas (2007), donde establece que se debe mantener una distancia de 300 m, a ambos lados del cauce. Este sector se encuentra ubicado en la zona protectora de las corrientes de agua, lo cual genera vulnerabilidad del mismo. Aunado a lo anterior, se encuentra el uso indiscriminado de agroquímicos los cuales son persistentes y de alta toxicidad, ya que al producirse las precipitaciones se propicia el escurrimiento del agua lavando los residuos del mismo, las que son arrastrados hacia el cauce de la quebrada, es decir, el agua de lluvia que entra en contacto con el cultivo donde se utilizó el agroquímico es conducida a las fuentes hídricas causando contaminación, además de esto se presenta la disposición inadecuada de los envases luego de su uso.

Otro aspecto, es la falta de capacitación de los productores en cuanto a la manipulación, preparación y uso del agroquímico en el equipo de aspersión, lo que implica un riesgo de contaminación de agua, suelo y aire, afectando la calidad de vida y salud humana. En cuanto a los tanques sépticos la mayoría presenta problemas estructurales y de

funcionamiento, lo que trae como resultado que haya infiltración de estas aguas al subsuelo; aunado a esto se le suma las aguas de uso doméstico que son vertidas directamente al cauce de la quebrada. En base a lo antes expuesto se puede aplicar el modelo Fuerzas Motrices Presión Impacto Respuesta (FMPEIR), el mismo se pueden apreciar en el Cuadro 1.

CONCLUSIONES

El diagnóstico biofísico y socioeconómico de la microcuenca Quebrada Valle Hondo indica que existe una alta intervención de la zona, así como también áreas montañosas con alto riesgo de erosión.

la microcuenca Quebrada Valle Hondo indica que existe una alta intervención de la zona, así como también áreas montañosas con alto riesgo de erosión.

Los servicios públicos existentes son inconstantes lo que favorece la intervención de la microcuenca, presentando problemas con la disposición de la basura, ya que en su mayoría los desechos son quemados o lanzados al ambiente; igualmente el uso de agroquímicos para la producción constituye otro problema grave que afecta al ambiente y por ende a la calidad de vida.

Cuadro 1. Modelo Fuerzas Motrices Presión Impacto Respuesta (FMPEIR) para la Microcuenca Quebrada Valle Hondo.

Fuerzas motrices	Presiones	Estado	Impacto	Respuesta
Población	Descargas de desechos sólidos	Contaminación del aire	Ecosistemas Calidad de vida y salud humana	Incentivar y promover la cultura ambiental Gestión correcta de los residuos
Sistema de producción agrícola	Uso del suelo	Desjoramamiento del paisaje Perdida Biodiversidad y de fertilidad del suelo	Economía rural	Manejo Agroecológico del suelo Recuperación de áreas degradadas.
Ocupación territorial	Descargas de residuos líquidos	Contaminación del agua	Agua, aire, suelo Biodiversidad	Construcción de acueducto (aguas blancas y aguas residuales)

Fuente: Los autores (2018).

En cuanto al agua de consumo de los pobladores de Valle Hondo, es proveniente de pozos perforados en el subsuelo, o de las vertientes naturales, lo que abre espacio de entrada a enfermedades que afectan la calidad de vida de los pobladores.

El cultivo del ñame en Valle Hondo se ejecuta tradicionalmente, es de bajo nivel tecnológico y los esfuerzos para su mejor aprovechamiento y desarrollo adecuado son escasos, por lo tanto los rendimientos tienden a ser bajos, lo que pudiera incidir en el nivel de pobreza de la población.

En esta microcuenca no existe la cultura de proteger las áreas naturales, por lo que no hay una correcta aplicación de la normatividad ambiental, así como tampoco la ejecución de programas de

ordenamiento ecológico-territorial, las cuales unidas a la falta de infraestructura ambiental (plantas de tratamiento de aguas residuales, disposición de desechos, otros), favorecen a la afectación y degradación de la microcuenca Quebrada Valle Hondo. Por el estado actual de la microcuenca se recomienda elaborar un plan estratégico para minimizar el impacto de la actividad antrópica en la zona en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero, A. y Jiménez, A. (2016). Diagnóstico integral de la comunidad “Valle Hondo”, municipio Ezequiel Zamora, estado Cojedes. Fundación la Salle Campus Cojedes. IUTEMAR. Trabajo no publicado.

- Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce. (2001). El agua: una de las claves del desarrollo sostenible. Recuperado de http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo_bkp/gaye/archivos_pdf/ciaInternacionalsobreelaguaDulceBonn2001.pdf
- Martínez, Z. (2011). Situación de los recursos hídricos en Venezuela. Recuperado de: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-situacion-recursos-hidricos-venezuela.pdf
- Morante, C., Vivas, I., Hernández, E., Quiroz, I., Millano, J., Jaimes, E., Mendoza, J. (2013). Evaluación rápida del deterioro agroecológico y ambiental del sector Valle Hondo. Recuperado de file:///C:/Users/WINDOWS%207/Downloads/ACTII_ADAA_Sector_Valle_Hondo_Cojedes_2014.pdf
- Muñoz, C. (2013). Desarrollo sustentable y estrategias de recuperación y preservación de la microcuenca de la Quebrada Valle Hondo, municipio San Carlos, estado Cojedes. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniería Agrícola UNELLEZ San Carlos. Sin publicar.
- Paredes, F. (2009). Nociones elementales de la climatología e hidrología del estado Cojedes. UNELLEZ
- Venezuela (2007). Ley de las Aguas (2007). Recuperado de http://www.uc.edu.ve/mega_uc/archivos/leyes/d_Ley_de_Aguas.pdf

EFEECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FINALES DE ELEMENTOS DE CONCRETO USANDO CONCHA DE MANIHOT ESCULENTA (Effect on the final characteristics of concrete elements using *Manihot esculenta* shell)

Gómez, L¹. Aparicio, J². Rivas, F³.

^{1,2,3} Docentes del Programa Ingeniería Arquitectura y Tecnología de la Unellez – San Carlos, Cojedes. Venezuela
luisandresgomez@gmail.com; jmal.unellez@gmail.com; osnaosmi@gmail.com

Autor de correspondencia: Gómez, L. email: luisandresgomez@gmail.com

Recibido: 01-02-2020

Aprobado: 18-03-2020

RESUMEN

El uso de agregados reciclados para la producción de concreto, contribuye al desarrollo sostenible de la construcción, debido a que mediante las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de industrias diferentes a la de construcción se reducen los impactos ambientales y es una solución viable al agotamiento de recursos naturales de explotación de cantera. En este sentido se generó la idea de usar la concha de yuca (*Manihot esculenta*) como agregado fino en la elaboración de elementos de concreto, con el objetivo de evaluar el efecto sobre las características finales del concreto luego del proceso de fraguado del mismo, ya que la misma posee propiedades de absorción y retención de humedad. Mediante el paradigma positivista usando un diseño experimental, se realizaron pruebas de laboratorio siguiendo la Norma Covenin 1976:2003, para medir las características resultantes de los elementos fabricados con la incorporación de la concha de yuca (*Manihot esculenta*), de esta manera se utilizaron dos diseños de mezclas, con sustituciones de 0,5% y 1% de concha de yuca (*Manihot Esculenta*), concluyendo que al sustituir el 1% de concha de yuca (*Manihot esculenta*), la resistencia del concreto se ve altamente comprometida. Sin embargo, la mezcla con un 0,5% de sustitución del agregado fino alcanzó una resistencia mayor a la resistencia de diseño, en un lapso menor que el diseño de mezcla patrón, otra característica como la durabilidad se evalúa actualmente.

Palabras clave: *Concreto, Manihot esculenta, agregado fino.*

SUMMARY

The use of recycled aggregates for the production of concrete contributes to the sustainable development of construction, since by means of the activities of use and treatment of waste from industries other than construction, environmental impacts are reduced and it is a viable solution to depletion of natural resources from quarry exploitation. In this sense, the idea was generated of using the cassava shell (*Manihot esculenta*) as a fine aggregate in the elaboration of concrete elements, with the aim of evaluating the effect on the final characteristics of the concrete after its setting process, since that it has moisture absorption and retention properties. Through the positivist paradigm using an experimental design, laboratory tests were carried out following the Covenin 1976: 2003 Standard, to measure the resulting characteristics of the elements manufactured with the incorporation of the cassava shell (*Manihot esculenta*), in this way two mix designs, with substitutions of 0.5% and 1% cassava shell (*Manihot esculenta*), concluding that by replacing 1% cassava shell (*Manihot esculenta*), the strength of the concrete is highly compromised. However, the mix with 0.5% substitution of the fine aggregate achieved a higher resistance to the design resistance, in a shorter period than the standard mix design, another characteristic such as durability is currently evaluated

Keywords: *Concrete, Manihot esculenta, fine aggregate*

INTRODUCCIÓN

En Venezuela el incremento de la población ha sido acompañado por un avanzado crecimiento urbanístico, la construcción de viviendas y a su vez la demanda de los materiales de construcción. El poder adquisitivo de la población es cada vez menor haciendo casi imposible la compra de los materiales de construcción, por esta causa surge la necesidad de buscar alternativas y nuevas técnicas que avancen el proceso constructivo y al mismo tiempo se consiga la economía reduciendo los costos de construcción. Dentro del mundo de la construcción, el concreto es en sus diversas variantes, el material de uso más extendido en zonas urbanas.

Se estima, en general, que este material es el segundo en cantidad que usa el hombre, después del agua, donde hay actividad humana organizada, hay concreto. Cada año se produce un tercio de tonelada de concreto por cada ser humano del planeta, unos 2000 millones de toneladas de concreto en el año 2002. (Porrero, 2014)

Se ha estudiado la posibilidad de incluir un agregado que pueda influir en la resistencia y la durabilidad del concreto obteniendo mayor economía y trabajabilidad en ciertos elementos estructurales. Por lo expuesto anteriormente, se busca la manera de proponer una alternativa constructiva la cual consiste en la utilización de la concha de *Manihot esculenta* para evaluar su comportamiento en el sistema de fraguado y resistencia a los días requeridos.

Es de importancia comentar que no hay registros de trabajos de investigación anteriores donde se proponga el uso de la concha de *Manihot esculenta* como agregado fino en la elaboración de concreto, sin embargo (Salas, 2010) en su trabajo de grado para optar a la licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto” obtuvo resultados desfavorables respecto a la resistencia de bloques fabricados con la ceniza de la cascara de arroz, los cuales no cumplieron con las especificaciones mínimas de resistencia, así como la factibilidad económica negativa en el uso de la cascarilla de arroz.

En esta investigación se escoge la concha de *Manihot esculenta*, para lograr el objetivo principal

que es verificar cuanto es el aporte de la misma para el curado del concreto y su resistencia. Según pruebas realizadas por Jorge Egúsqiza Loayza en febrero de 2006 en Lima, Perú a temperatura promedio de 22 grados centígrados, nos dice que:

Con base a pruebas sobre 50 gramos de cáscara de yuca seca, triturada a partículas menores a un cm² se ha determinado que se rehidrata como si fuera una esponja y alcanza un peso de 75, 80, 95, 105, 110, 115, 125, 130, 130, 130 gramos a 1, 3, 7, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, minutos de inmersión en agua potable. Esto significa que 50 gramos de cáscara de yuca seca en 25 minutos, se rehidrata y adquiere un peso adicional de 80 gramos o 160% más. Dicho de otro modo, 50 gramos de cáscara seca de yuca absorben 80 gramos de agua en 25 minutos. (p.1)

Es decir, posee una cualidad de retención de agua que podría convertirla en un agregado excepcional, al permitirnos incluir una cantidad de agua a la mezcla del concreto que será dosificada lentamente y, a medida que la concha de yuca vaya secándose, el agua será absorbida por el concreto, lo que nos ahorraría la necesidad de hacer el curado del concreto durante el tiempo de fraguado. Dado esto se presenta la oportunidad de obtener materiales de concreto con características innovadoras que podrían repercutir en la calidad del mismo, tributando de manera ambiental y económica a las organizaciones dedicadas a la construcción.

METODOLOGÍA

Paradigma y Tipo de investigación

Los métodos, técnicas, tácticas y estrategias no son genéricos para cualquier investigación; los métodos son diferentes en función del tipo de investigación y del objetivo que se pretende lograr. En tal sentido, el paradigma que soporta esta investigación es el positivista y el tipo de investigación usada es cuasi-experimental, así Palella (2010), indica que el tipo cuasi-experimental se usa cuando no es factible utilizar un diseño experimental verdadero. Es un método de control parcial, basado en la identificación de los factores que pueden intervenir en la validez interna y externa del mismo.

Diseño de la Investigación

El diseño de investigación hace explícitos los aspectos operativos de la misma. Si el tipo de

investigación se define con base en el objetivo, el diseño de investigación se define con base en el procedimiento. Se refiere a donde y cuando se recopila la información, así como la amplitud de la información a recopilar, de modo que se puede dar respuesta a la pregunta de investigación de la forma más idónea posible. Este trabajo está enfocado en un diseño experimental, la cual según el autor Arias (2006), “es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).”

Formulación del sistema de variables.

Variable independiente.

Proporción de concha de Manihot esculenta

Variable dependiente.

Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²).

Asentamiento de la mezcla.

Durabilidad

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio con respecto a los estudios realizados a la concha de Manihot esculenta, con el fin de conocer sus propiedades de absorción y almacenamiento de humedad, así como los resultados en cuanto a la resistencia a la compresión de los cilindros elaborados.

Cálculo del porcentaje de absorción de agua.

Para calcular la capacidad de absorción de la concha de yuca se procedió de la siguiente manera: se tomó una muestra de concha de Manihot esculenta seca y fue pesada, arrojando como resultado 25,2 gr. Se introdujo la muestra seca en un Tabla 1. Peso de la concha de *Manihot Esculenta* húmeda en los diferentes intervalos de tiempo.

Tabla 1. Peso de la concha de Manihot Esculenta húmeda en los diferentes intervalos de tiempo.

TIEMPO (MIN)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
PESO (gr)	25,2	32	35	36,8	39	39,9	40,1	40,3	40,5	40,5

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

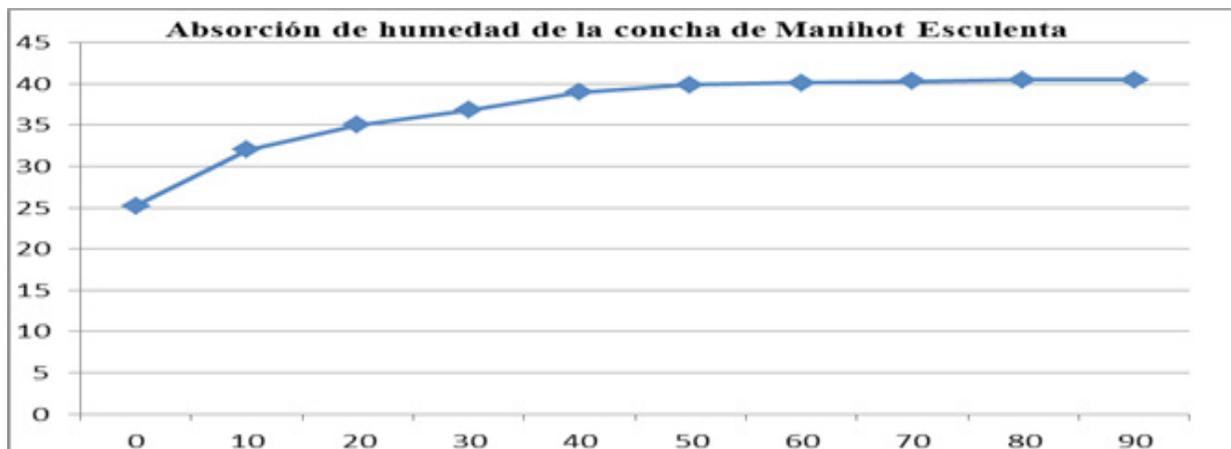


Figura 1. Peso vs tiempo, para cálculo del porcentaje de absorción de la concha de *Manihot esculenta*.

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

recipiente con agua durante intervalos de diez (10) minutos después de los cuales se extrajo y pesó la muestra, por un total de noventa (90) minutos, obteniendo los siguientes resultados.

Se puede observar que a partir de los ochenta (80) minutos, la muestra llegó a su estado de saturación, aumentando su peso en un sesenta por ciento (60%). El porcentaje de humedad se calculó mediante la ecuación 1:

$$\%H = \frac{Psat - Pseco}{Psat} * 100 = \%H = \frac{40,5 - 25,2}{40,5} * 100$$

$$= \%H = 37,78\% \quad (1)$$

Cantidad final de materiales para el diseño de mezclas.

A continuación, se muestran las diferentes dosificaciones del diseño de mezcla. Cabe destacar que los cilindros empleados son de dimensiones 15x30 cm considerando un 10% de desperdicio de los materiales. Las cantidades mostradas a continuación son para un volumen de 0,00530 m³ de concreto, que es igual a una probeta cilíndrica. Cada uno de los valores será multiplicado por seis (06), cantidad de cilindros por diseño.

Tabla 2. Diseño de mezcla patrón.

Volumen de concreto= 0,0053m ³		
Material		Cantidad
Cantidad de agua	<i>a</i>	0,7977 Lts
Cantidad de cemento	<i>C</i>	1,3077 Kg
Cantidad de arena	<i>A</i>	3,8630 Kg
Cantidad de piedra	<i>G</i>	10,7236 Kg

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

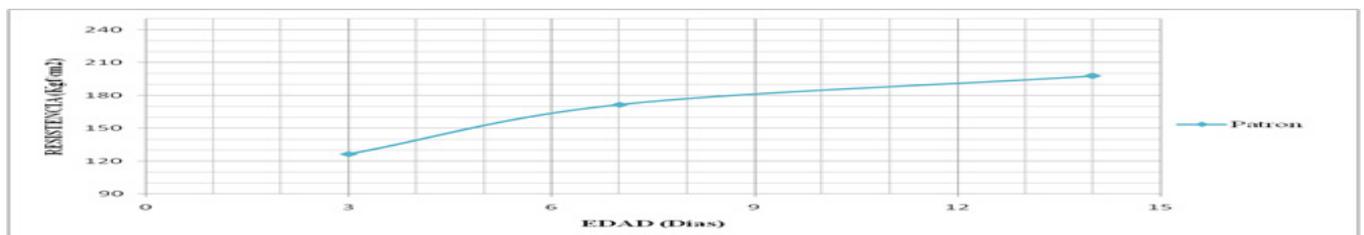


Figura 2. Gráfica de la resistencia vs edad (Mezcla Patrón)

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

Tabla 3. Diseño de mezcla 1: 0,5% concha de Manihot esculenta.

Volumen de concreto= 0,0053m ³		
Material		Cantidad
Cantidad de agua	<i>a</i>	0,7977 Lts
Cantidad de cemento	<i>C</i>	1,3077 Kg
Cantidad de arena	<i>A</i>	3,8630 Kg
Cantidad de piedra	<i>G</i>	10,7236 Kg
Concha de yuca	<i>Y</i>	0,0193 Kg

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

Tabla 4. Diseño de mezcla 2: 1% concha de Manihot esculenta.

Volumen de concreto= 0,0053m ³		
Material		Cantidad
Cantidad de agua	<i>a</i>	0,7977 Lts
Cantidad de cemento	<i>C</i>	1,3077 Kg
Cantidad de arena	<i>A</i>	3,8630 Kg
Cantidad de piedra	<i>G</i>	10,7236 Kg
Concha de yuca	<i>Y</i>	0,0386 Kg

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

Valoración de la resistencia de los elementos de concretos fabricados, con la incorporación de la concha de Manihot esculenta como agregado fino

En esta etapa se presentan los resultados y gráficas obtenidos al evaluar la resistencia a los 3, 7 y 14 días, mediante el método de curado nebulización o rocío, tanto de los dos diseños de mezcla como de la mezcla patrón.

Tabla 5. Resistencia de mezcla patrón.

Edad	Resistencia (Kgf/cm ²)
3 días	128,5
7 días	171,6
14 días	197,9

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

En la Figura 2 se muestra la resistencia alcanzada por el diseño de mezcla patrón en las diferentes edades establecidas. Se observa que a los 14 días (50% del lapso de curado) alcanza una resistencia de 197,9Kgf/cm², es decir el 94% de la resistencia establecida.

Tabla 6. Resistencia del diseño 1: 0,5% concha de Manihot esculenta.

Edad	Resistencia (Kgf/cm ²)
3 días	97,3
7 días	217,8
14 días	261,6

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

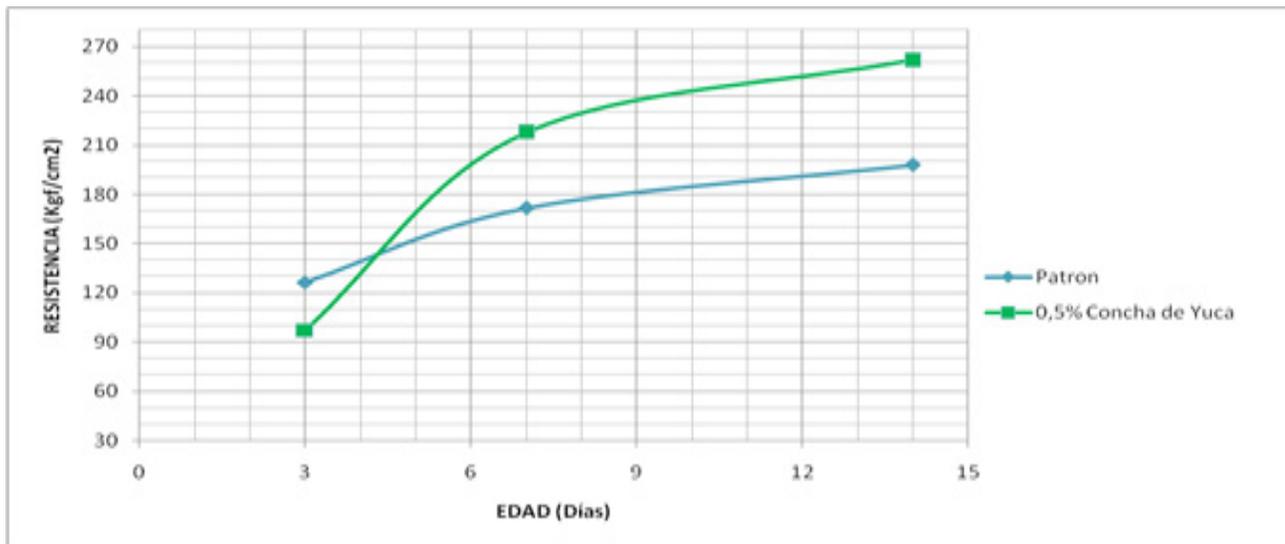


Figura 3. Gráfica de la resistencia vs edad (Mezcla Patrón-Diseño 0,5% concha de Manihot esculenta)

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

En la gráfica anterior se muestra la resistencia obtenida por el diseño 1, con 0,5% de concha de Manihot esclulenta, comparado con la mezcla patrón. Se puede notar que a los 3 días el diseño tuvo una resistencia mucho menor que el patrón, sin embargo, a los 7 y 14 lo supero considerablemente, incluso superando la resistencia de diseño establecida. Según lo aportado por el departamento técnico de productos CAVE, S.A. nos dice que:

El proceso de hidratación del cemento es lento, requiriendo algunos días para alcanzar un mínimo de reacción que asegure al hormigón o mortero propiedades satisfactorias. Cada componente del cemento, silicato o aluminato, requiere de tiempos distintos, ya que sus velocidades de reacción son diferentes, siendo el Aluminato Tricálcico (C3A) el más rápido, seguido por el Silicato Tricálcico (C3S), Silicato Di cálcico (C2S) y Ferro Aluminato Tetra cálcico (C4AF), que aportan sus propiedades a la mezcla en distintas etapas, desde el primer contacto con agua. (p, 1)

Por lo tanto, en una corta edad, el agua aun esta retenida considerablemente en la concha de yuca, sin embargo, en un lapso mayor esta va menguando, agilizando las reacciones del fraguado y aumentando la resistencia.

Tabla 7. Resistencia del diseño 2: 1% concha de Manihot esclulenta.

Edad	Resistencia (Kgf/cm ²)
3 días	97,3
7 días	217,8
14 días	261,6

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

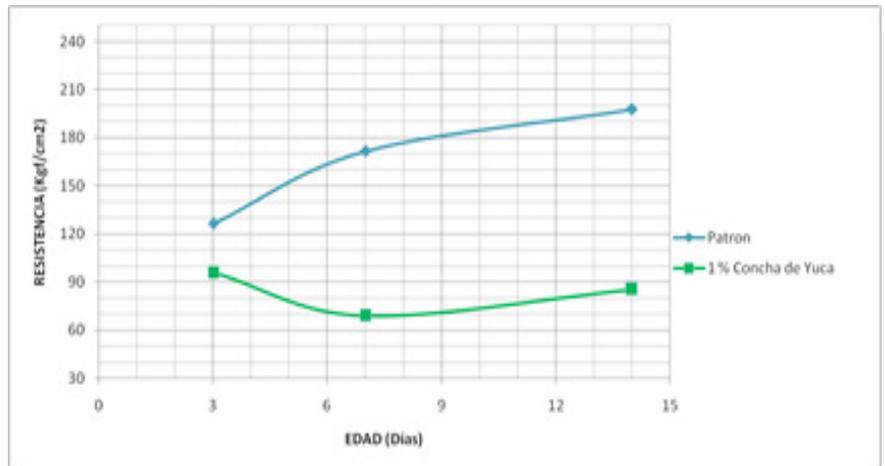


Figura 4. Gráfica de la resistencia vs edad (Mezcla Patrón-Diseño 1% Concha de Manihot esclulenta)

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

En la gráfica mostrada se puede observar la comparación de la resistencia de la mezcla patrón con el diseño 2, con 1% de concha de yuca, notándose que este diseño no cumple con la resistencia establecida. Puede acotarse que la concha de yuca en esta cantidad absorbe gran cantidad de agua, la cual permanece por más tiempo en la misma, retrasando el fraguado y sus reacciones correspondientes, trayendo como consecuencia una disminución en la resistencia.

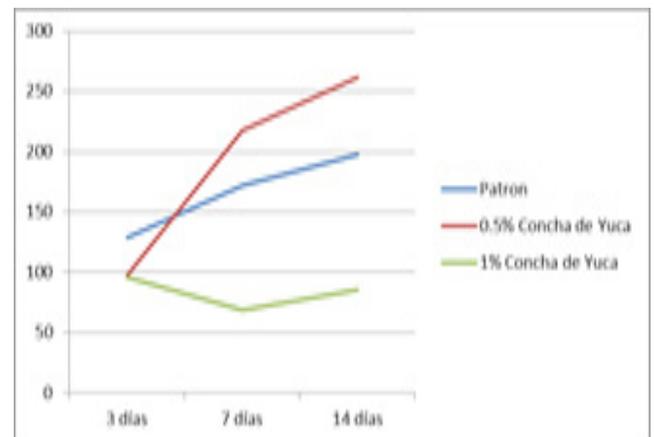


Figura 5. Gráfica de la resistencia vs edad (Mezcla Patrón-Diseños 0.5% y 1% Concha de Manihot esclulenta).

Fuente: Gómez, Aparicio y Rivas (2020)

Como se observa en la Figura 5 las mezclas experimentaron comportamientos diferentes, siendo el modelo con 0,5% de sustitución de la concha de yuca por el agregado fino (arena), la mezcla con mayor desarrollo del curado y resistencia a la compresión.

Finalmente, se puede decir que al agregar 0,5% de concha de *Manihot esculenta* a la mezcla de concreto, se logra mantener el agua durante el proceso de curado con el fin de lograr que las reacciones ocurrientes en el proceso se realicen efectivamente, ya que nuestro diseño de mezcla con esta cantidad de material alcanzó y superó la resistencia establecida en un periodo de tiempo tres veces menor que el usual. Por lo tanto, la concha de *Manihot esculenta* puede ser usada como sustituto parcial del agregado fino para lograr una mayor resistencia en elementos de concreto hasta el momento de tipo secundarios, ya que se deben realizar mayores estudios para determinar el comportamiento de los elementos de concretos primarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias (2006). Proyectos de investigación, introducción a la metodología científica. Sexta edición, editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
Departamento Técnico de PRODUCTOS CAVE S.A. disponible en
- Jorge E. Loayza (2006). “Rehidratación de cascara de yuca, Prueba de laboratorio”. [Blog en línea] Disponible en: <https://www.engormix.com/mbr-164844/jorge-egusquiza-loayza>. [Consulta: Abril 24, 2018].
- Porrero y Colaboradores, (2014). “Manual del Concreto Estructural”. Caracas, Junio, 2014. Primera Edición Digital.
- Salas, E. (2010). “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto”. Tesis de Pregrado. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción. Pp.24
- Palella, S. (2006). Stracuzzi, Feliberto Martins Pestana. “Metodología de la Investigación Cuantitativa”, edit. Fedupel. 2da edición, Caracas, Venezuela, 2006
- Palella, S. (2010). Stracuzzi, Feliberto Martins Pestana. “Metodología de la Investigación Cuantitativa”, edit. Fedupel. 2da edición, Caracas, Venezuela, 2010
- Venezuela. FONDONORMA. Norma Covenin 1976:2003.

SINCRONIZADA TEMPORAL ENTRE EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN NDVI Y LA PRECIPITACIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus* spp.

(Temporal Synchronization between the NDVI Vegetation Index and Precipitation in a Plantation of *Eucalyptus* spp.)

Zorilla Eleazar Vásquez¹ y Franklin Paredes-Trejo²

¹ Desarrollos Forestales San Carlos, S.A., eleazar.zorrilla@paveca.com.ve.

² Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales 'Ezequiel Zamora', San Carlos, estado Cojedes, Venezuela franklinparedes75@gmail.com

Autor de correspondencia: Zorilla Eleazar Vásquez¹

Recibido: 04-04-2020

Aceptado: 30-04-2020

RESUMEN

Recientemente, los índices de vegetación (IV) derivados de plataformas satelitales han atraído la atención del sector forestal como una novedosa herramienta para monitorear la biomasa aérea en plantaciones de eucaliptos. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), resalta sobre otros IV por su simplicidad, fiabilidad y uso generalizado en el sector forestal. Pese a lo anterior, el uso operacional del NDVI en las plantaciones de eucaliptos venezolanas no se ha generalizado. En este estudio se valoró el NDVI derivado del producto GIMMS MODIS Terra y su relación con la precipitación (P) en la Empresa Desarrollos Forestales San Carlos II, S.A (DEFORSA). El periodo de estudio abarcó desde mayo 2017 hasta junio 2019. Los resultados revelaron que: (i) el NDVI máximo a 30 días (NDVI30) provee información confiable sobre la generación de biomasa aérea; (ii) una vez que la plantación alcanza su máximo desarrollo a nivel del dosel superior, el NDVI30 guarda una estrecha relación lineal con la P.

Palabras clave: *NDVI, Eucalipto, crecimiento forestal.*

SUMMARY

Nowadays, satellite-based vegetation indices (IV) are receiving increasing attention of the forestry sector as a novel tool to monitor aerial biomass in eucalyptus plantations. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) stands out in relation to other IVs because its simplicity, reliability and extensive use within the forestry sector. Despite these features, the operational use of NDVI has not been generalized in Venezuelan eucalyptus plantations. In this study, the NDVI derived from the GIMMS MODIS Terra product and its linear relationship with precipitation (P) was assessed at the Empresa Desarrollos Forestales San Carlos II, S.A (DEFORSA). The study period spanned from May 2017 to June 2019. The results revealed that: (i) the maximum 30-day NDVI (NDVI30) provides reliable information on the generation of canopy-level biomass; (ii) once the plantation reaches its canopy-level maximum development, NDVI30 shows a strong linear relationship with P.

Keywords: *NDVI, Eucalyptus, forest growth.*

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de Eucalyptus de rápido crecimiento (i.e. 5-7 años) tienen gran importancia en las regiones tropicales como sumideros de carbono (Zhou et al. 2017), siendo una alternativa para afrontar el incremento de los gases de efecto invernadero (Luna et al. 2016) y proveer servicios ecosistémicos a las comunidades donde se establecen (Teixeira et al. 2019). En términos de cobertura espacial y velocidad de crecimiento, Brasil es líder en Latinoamérica con 7,7 millones de hectáreas (ha) plantadas de eucalipto (IBA, 2017).

Venezuela cuenta cerca de 1 x 10⁶ ha de Eucalyptus plantados, las cuales proveen materia prima para elaborar pulpa de papel, paletas, estantillos, carbón entre otros productos (Hillstrom y Hillstrom, 2004). Debido a la gran extensión espacial de las plantaciones forestales hay una ingente necesidad de desarrollar herramientas de bajo costo para monitorear su biomasa sobre el terreno. En este contexto, la percepción remota con sensores orbitales ha captado el interés del sector forestal. Por ejemplo, el Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) ha demostrado su utilidad como bioindicador de la producción de biomasa aérea en plantaciones brasileñas de Eucalipto (Marsden et al. 2010; Le Maire et al. 2011; Berra et al. 2017), también permite valorar el impacto que causa la sequía sobre ellas (i.e. ausencia prolongada de precipitaciones) (McMahon y Jackson, 2019). A pesar de estos hallazgos, las empresas venezolanas del ramo forestal con Eucalyptus no suelen contemplar en sus planes de manejo el uso operacional de índices de vegetación satelitales.

La Empresa Desarrollos Forestales San Carlos II, S.A (DEFORSA) se dedica a la producción de materia prima para la elaboración de pulpa del papel a partir de plantaciones de Eucaliptos. Motivada por los avances en el uso de índices de vegetación derivado de satélites sobre grandes plantaciones de Eucalyptus en Brasil, DEFORSA exploró la evolución del NDVI y su relación con

la precipitación (P) a lo largo de tres años con el objeto de evaluar su implementación operacional en el mediano plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas 21 (46,50 ha), 25 (10,69 ha) y 26 (8,55 ha) son la unidad de estudio (UE, Figura 1). Los criterios para su selección fueron: i) plantados en 2017; ii) manejo silvopastoril con densidad multiclonar de 1111 plantas/ha (en gran medida, *E. urophylla*); iii) superficie mayor a 10 ha; iv) historial sobre afectaciones bióticas (e.g. plagas) y abióticas (e.g. sequías) disponible.

De acuerdo a la base de datos LocClim de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), la UE se localiza a 142 metros sobre el nivel medio del mar (msnm); se categoriza como BSh según la clasificación climática de Köppen; con temperatura media, máxima y mínima del aire promedio anual de 26,60, 32,60 y 18,20 °C, respectivamente; P con un régimen unimodal y media anual de 1365 mm, siendo junio-agosto y enero-marzo los trimestres más húmedo y seco; con una evaporación media anual de 1066 mm (Gommes et al. 2004). Por capacidad de uso, los suelos son clase III (Strebin y Larreal, 1984). Bajo la clasificación de suelo de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), las parcelas presentan suelos PVA_{d5}, exceptuando las dos subparcelas 21 más al noreste donde prevalecen FX_{d2}.

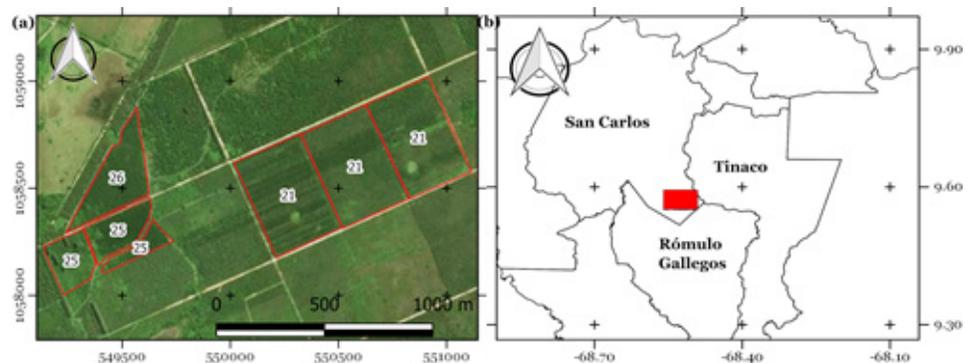


Figura 1. Se muestra la ubicación espacial de: (a) las parcelas estudiadas; (b) DEFORSA respecto a los municipios San Carlos, Tinaco y Rómulo Gallegos en Cojedes.

Nota: la imagen en Figura 1a fue tomada por PlanetScope™ (fecha: 04 julio 2019).

Los montos diarios de P (en mm) se tomaron del pluviómetro Lote 1 (549 982 E 1 058 622 N), por ser el más próximo a la UE, cubriendo desde 01/05/2017 hasta 31/07/2019 sin ocurrencia de datos faltantes (822 días). Del producto GIMMS MODIS Terra (i.e. GMOD09Q1) distribuido por la agencia The Global Inventory Modelling and Mapping Studies – National Aeronautics and Space Administration (GIMMS-NASA) se extrajeron 155 imágenes de NDVI compuesto a 8 días (<https://go.nasa.gov/2QyI4hd>) entre enero 2017 y junio 2019. Luego, sobre cada parcela (i.e. 21, 25 y 26) se promedió el NDVI vía media aritmética. Para preservar la coherencia temporal con P y minimizar el efecto de las nubes sobre el NDVI, se acumuló P a 30 días (P30) y extrajo el NDVI máximo sobre igual cantidad de días (NDVI30), resultando dos series cubriendo desde 30/05/2017 hasta 19/06/2019 (26 valores de NDVI30 y P30; en lo sucesivo, periodo de estudio). El NDVI de GMOD09Q1 se deriva de la reflectancia en las bandas espectrales rojo e infrarrojo cercano captada por el sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite de órbita baja Terra. La escogencia de este producto respondió a su uso frecuente en la valoración de biomasa aérea en plantaciones de Eucalyptus (Le Maire et al. 2011). Se refiere el lector a Marsden et al. (2010) para más detalles sobre NDVI-MODIS.

El sincronizado temporal entre NDVI30 y P30 se examinó con un análisis de correlación lineal de Pearson (R). La respuesta retardada entre ambas se exploró desfasando 'k' veces P30 con relación a NDVI30 en un tiempo 't', donde t representa intervalos de 30 días y 'k' al número de intervalos desfasados. Por ejemplo, P30 [t-k] versus NDVI30 [t] siendo k = 1, compara NDVI30 en un momento t con P30 registrada 30 días previos a t. Se partió de la hipótesis que la variabilidad del NDVI en el dosel superior del Eucalipto depende parcialmente de la humedad disponible en la zona radicular, por tanto, del aporte o ausencia de P antecedente. Por simplicidad, los resultados refieren al último día del intervalo de 30 días analizado. Por ejemplo, P30 el 19/06/2019, es la precipitación diaria acumulada entre el 21/05/2019 y 19/06/2019.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para el periodo de estudio (i.e. 30/05/2017 hasta 19/06/2019), P30 mostró una media de 113,08 mm. El máximo P30 sucedió el 29/06/2017 (284,60 mm), mientras que los mínimos (ausencia de lluvia) ocurrieron el 26/12/2017; en 2018, el 24/02 y 21/12; en 2019, el 20/01, 19/02, 21/03 y 20/04. Es decir, se observaron 1, 2 y 4 rachas secas, con al menos 30 días de duración en 2017, 2018 y 2019 respectivamente. En DEFORSA, la ocurrencia de rachas secas es frecuente durante estos meses (Carrero et al. 2018).

En las parcelas 21, 25 y 26 el NDVI30 varió desde 0,402 hasta 0,880 con media = 0,737; 0,556 hasta 0,874 con media = 0,767; y 0,388 hasta 0,884 con media = 0,758, respectivamente. Como se esperaba, el NDVI30 evolucionó en estrecha relación con el manejo y la típica fenología del eucalipto (Figura 2). Un rápido descenso del NDVI30 coincidió con la preparación del suelo precedente a las labores de plantación. El mínimo de NDVI30 fue cercano a 0,400 en las parcelas P21 y P26, y alrededor de 0,55 en la parcela 25. Aunque estos valores están dentro del rango reportado por Le Maire et al. (2011) para plantaciones con clones de *E. grandis* y *E. urophylla* en el estado brasileiro de São Paulo, son moderadamente altos con relación al promedio de 0,30 referido por Marsden et al. (2010) durante la etapa de corte y plantado. La discrepancia puede ser atribuida al manejo silvopastoril que lleva DEFORSA en la UE. En efecto, durante la preparación del suelo, este último no es totalmente desprovisto de vegetación, dada la presencia de pastos entre los hilos y en menor grado, residuos forestales.

En este caso, el NDVI30 refleja la actividad fotosintética del pastizal, explicando así, la ocurrencia de NDVI30 mínimos inusualmente altos.

El tiempo transcurrido entre la ocurrencia de los NDVI30 mínimo (labores de plantación) y máximo fue de 570, 600 y 510 días para las parcelas 21, 26 y 25 respectivamente. Sobre este particular, Le Maire et al. (2011) reportaron cerca de dos años (730 días), revelando que la velocidad de desarrollo de biomasa aérea es mayor en la UE. La prevalencia de condiciones ambientales más cálida en las plantaciones de DEFORSA (26,60 °C) que su contraparte brasilera (20,20 °C), podría haber favorecido la conformación del dosel en menor tiempo.

La Figura 2 revela que después de ocurrir el NDVI30 máximo, este índice manifiesta una marcada estacionalidad caracterizada por descender en los meses secos (ralentización en la producción de hojas y caída de hojas), y ascender en los meses húmedos. Lo cual está en línea con los hallazgos de Le Maire et al. (2011), siendo por tanto un rasgo propio del eucalipto.

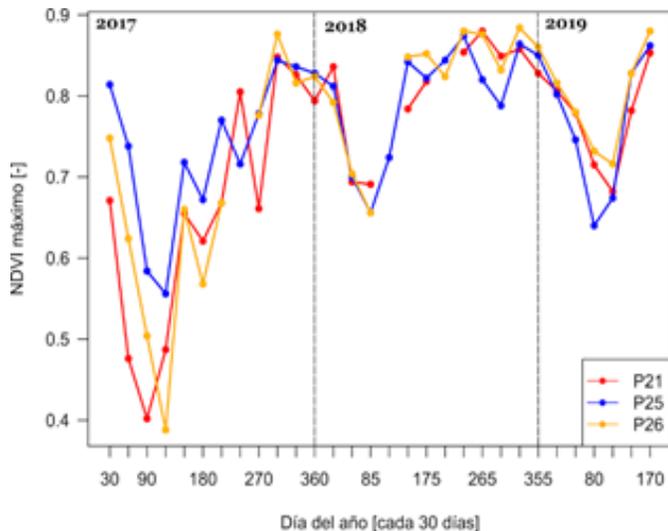


Figura 2. NDVI30 en las parcelas 21, 25 y 26 entre 30/05/2017 y 19/06/2019.

Nota: los vacíos en las series se deben a datos faltantes en el producto GMOD09Q1 (presencia de nubes).

La relación entre NDVI30 y P30 a través de R se resume en la Figura 3 y la Tabla 1. La mayor magnitud se observó con $k = 3$; es decir, la aportación o ausencia de P tiende a incrementar o decrecer ligeramente el NDVI unos 3 meses (90 días) después. Una inspección más profunda mostró que entre el momento de plantación y la ocurrencia del NDVI30 máximo (etapa 1), la relación NDVI-P es moderadamente débil, pero luego se robustece (etapa 2). A manera de ejemplo, en la parcela 25 se registró valores R de 0,201 y 0,609 respectivamente para las etapas 1 y 2, sugiriendo que la variabilidad de P en los primeros dos años es menos importante para la generación de biomasa aérea que en los años siguientes. Los datos colectados no proveen suficiente información para explicar el porqué de esta singularidad, siendo necesario su estudio en trabajos futuros; no obstante, el NDVI30 se muestra como un bioindicador de generación de biomasa aérea durante la etapa 2 de desarrollo de la plantación bastante confiable.

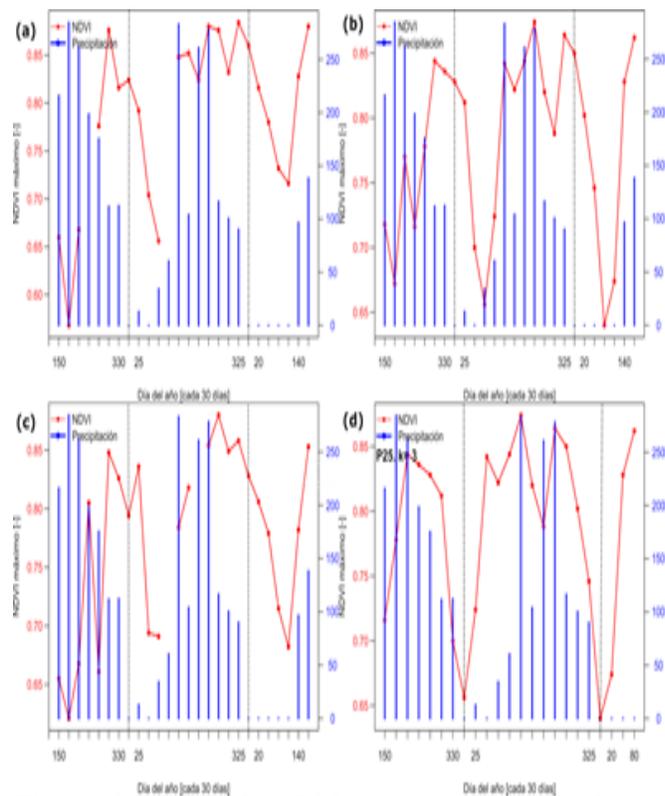


Figura 3. NDVI30 vs P30 en las parcelas: (a) 21; (b) 25; (c) 26; y (d) 25 con $k = 3$

Tabla 1. Correlación lineal de Pearson entre P30 [t-k] versus NDVI30 [t] para k desfases.

k [30 días]	P21	P25	P26
-5	0,111	0,016	0,027
-4	0,242	0,230	0,166
-3	0,268	0,331	0,262
-2	0,184	0,275	0,169
-1	0,113	0,260	0,113
0	-0,167	0,201	0,101

Nota: la correlación de mayor magnitud se indica en negrita para cada parcela.

CONCLUSIONES

La inspección del NDVI máximo (derivado del producto GIMMS MODIS Terra) a 30 días (NDVI30) sobre algunas plantaciones de eucaliptos ubicadas en DEFORSA, reveló su potencial operacional para monitorear la generación de biomasa aérea. Por otro lado, se evidenció que una vez la plantación alcanza su máximo desarrollo a nivel del dosel superior, el NDVI30 provee información indirecta sobre la variabilidad de la precipitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berra, E. F.; Fontana, D. C. & Kuplich, T. M. 2017. Tree age as adjustment factor to NDVI. *Revista Árvore*, 41(3).
- Carrero, O.; Stape, J. L.; Allen, L.; Arrevillaga, M. C. & Ladeira, M. 2018. Productivity gains from weed control and fertilization of short-rotation Eucalyptus plantations in the Venezuelan Western Llanos. *Forest Ecology and Management*, (430), 566-575.
- Figura 3. NDVI30 vs P30 en las parcelas: (a) 21; (b) 25; (c) 26; y (d) 25 con $k = 3$
- Gommes, R.; Grieser, J. & Bernardi, M. 2004. FAO agroclimatic databases and mapping tools. *Eur Soc Agron Newsl*, (22), 32-36.
- Hillstrom, K. & Hillstrom, L.(2004. Latin America and the Caribbean: A Continental Overview of Environmental Issues. ABC-CLIO. 266 p.
- IBA 2017. Indústria Brasileira de Árvores. Árvores Plantadas. Recuperado de <https://www.iba.org/arvores-plantadas>.
- Le Maire, G.; Marsden, C.; Nouvellon, Y.; Grinand, C.; Hakamada, R.; Stape, J. L. & Laclau, J. P. 2011. MODIS NDVI time-series allow the monitoring of Eucalyptus plantation biomass. *Remote Sensing of Environment*, 115(10), 2613-2625.
- Luna, R. K.; Thakur, N. S.; Gunaga, R. P. & Kumar, V.(2016. Biomass, carbon stock and carbon dioxide removal across different girth classes of Eucalyptus species in Punjab: Implication for Eucalyptus plantations. *Journal of Tree Sciences*, 35(1), 13-20.
- Marsden, C.; Le Maire, G.; Stape, J. L.; Seen, D. L.; Roupsard, O.; Cabral, O. & Nouvellon, Y. 2010. Relating MODIS vegetation index time-series with structure, light absorption and stem production of fast-growing Eucalyptus plantations. *Forest Ecology and Management*, 259(9), 1741-1753.
- McMahon, D. E. & Jackson, R. B. 2019. Management intensification maintains wood production over multiple harvests in tropical Eucalyptus plantations. *Ecological Applications*, 29(4). <https://doi.org/10.1002/eap.1879>.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araujo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. 2018. 5ta ed. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Solos). Brasília, DF. 356 pp.
- Strebin, S. J. & Larreal, M. 1984. Capacidad de uso de los suelos del estado Cojedes. In 8. Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay (Venezuela). 4-10 Nov 1984.
- Teixeira, F. Z.; Bachi, L.; Blanco, J.; Zimmermann, I.; Welle, I. & Carvalho-Ribeiro, S. M. 2019. Perceived ecosystem services (ES) and ecosystem disservices (EDS) from trees: insights from three case studies in Brazil and France. *Landscape Ecology*, 34(7), 1583-1600.
- Zhou, X.; Wen, Y.; Goodale, U. M.; Zuo, H.; Zhu, H.; Li, X. & Huang, X. 2017. Optimal rotation length for carbon sequestration in Eucalyptus plantations in subtropical China. *New Forests*, 48(5), 609-627.

AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA: IDEAS PARA EL DEBATE EN CAMINO A LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

(Agroecology and Food Sovereignty: Ideas for the Debate in the Way to Sustainable Agriculture)

Carelia Hidalgo López¹ y Leonel Sorondo²

¹Profesora Visitante en la Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Educación, Pos-graduación en Educación Ambiental, Rio Grande, estado Rio Grande do Sul, Brasil. Email: careliahidalgo@gmail.com

²MSc. Doctorando del Programa de Estudios en Ambiente y Desarrollo. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, Universidad Nacional Experimental de los Llanos “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ), San Carlos, estado Cojedes. Prof. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Cabudare Venezuela. Email: leonelsorondo@gmail.com

Autor de correspondencia: Carelia Hidalgo: Email: careliahidalgo@gmail.com

Recibido: 31-03-2020

Aceptado: 08-04-2020

RESUMEN

Los actuales patrones de consumo están acorde a los patrones de producción insustentables que dominan los campos, y se fortalecen del riesgo de los transgénicos y los monocultivos de alta dependencia tecnológica, energética y contaminante. Incluso, se pierden tierras agrícolas con la siembra cuestionable de los biocombustibles. En este panorama la valoración de la biodiversidad local, que fue sustento para los pueblos originarios, quedó en el olvido. Las políticas públicas se enfocan en la seguridad y no en la soberanía alimentaria, manteniendo la agroexportación como medida para satisfacer los mercados, más no las necesidades alimentarias locales. El presente artículo pretende exponer ideas para la reflexión crítica ante estos temas, que forman parte de discusiones necesaria en la construcción de la sostenibilidad, con nuevos caminos de acción para la producción y consumo. Estas ideas surgen del análisis reflexivo de revisión y discusiones de documentos. Los aportes se presentan en el sentido de reconocer la complejidad de la realidad agrícola y de consumo, contra la realidad de sectores campesinos y la necesidad de valorar la agroecología como ciencia aliada. Dialogar entre una economía que se mueve en el agronegocio de exportaciones contra modelos agroecológicos; entre una realidad social y ecológica subestimada de las posibles soluciones contra modelos depredadores de la naturaleza con reducido alcance social.

Palabras clave: *Producción sostenible, Agroecología y Soberanía alimentaria.*

SUMMARY

The current consumption patterns are in line with the unsustainable production patterns that dominate the fields and the risk of transgenics and monocultures of high technological dependence, energy and pollutants are strengthened. Also, agricultural lands are degraded due crop sowing to biofuels production. In this scenario, the valuation of local biodiversity, which was sustained by the native peoples, was forgotten. Public policies focus on security and not on food sovereignty, keeping agroexport as a measure to satisfy markets, but not local food needs. This paper aims to present ideas for critical reflection on these issues, which are necessary to construction of the sustainability, with new paths of action for production and consumption. These ideas emerge from reflective analysis of document review and analysis. The contributions are presented in the sense of recognizing the complexity of the agricultural and consumer reality and the need to value

of agroecology as a science, dialogue between economies that moves in the agribusiness of exports against agroecological models and between an underestimated social and ecological reality of possible solutions against unsustainable models with reduced social reach.

Key words: *Sustainable production, Agroecology and Food sovereignty*

Problema

A pesar de los “esfuerzos” para superar el hambre y la pobreza en el mundo, en particular en los países latinoamericanos, aún tenemos altos índices de desnutrición y pobreza no superados. Luego de datos que apuntaban a la superación del hambre en el mundo la ONU en el 2016 informó que volvían a aumentar, afectando a 815 millones de personas, el 11 % de la población mundial, sobre todo por el impacto de conflictos y desastres naturales. Calcularon para ese año 42,5 millones de personas padeciendo hambre en América Latina y el Caribe, donde se presentaban signos de que la situación empeoraría. Sigue estando en las agendas los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS, 2030) referidos a la Eliminación de la Pobreza; Hambre Cero y Producción Sustentable. Mirando las áreas prioritarias de cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), en las agendas de los países Latinoamericanos, se evidencia de manera compartida la necesidad de desarrollar políticas orientadas a fortalecer la agricultura familiar, seguridad alimentaria y nutricional, así como la gestión de riesgos y recursos naturales, realzando la adaptación a los cambios climáticos.

A pesar de tantos acuerdos y años de trabajo enfocados en soluciones, las debilidades no son superadas, como dice Max-Neff y col. (2010), quizás porque los problemas siempre se abordan con las mismas formulas, sin espacios reales para los cambios coyunturales. Vemos como los modelos de producción que dominan los campos siguen siendo los mismos que afectan los recursos naturales, los impactos positivos desde el punto de vista social son ínfimos, además de volvernos vulnerables ante las dinámicas del mercado. Peor aún, los transgénicos ganan más terreno a pesar de las evidencias de sus impactos negativos sobre la salud, biodiversidad y desplazamiento de comunidades campesinas hacia tierras marginales o zonas urbanas.

Las agendas reflejan claras debilidades conceptuales y de políticas incongruentes para superar los problemas que siempre se prometen superar. Así como la revolución verde prometió superar el hambre, resultó todo en aumento de alimentos sin llegar a las bocas de quienes lo requerían, pero sí al enriquecimiento de transnacionales de semillas e insumos que dominan la producción de alimentos. Igualmente se reconoce de manera crítica la pérdida de alimentos en la cadena de distribución; la producción de alimentos para animales como desperdicio energético y contaminación con gas metano; y la producción de biocombustibles (insólitamente siendo prioridad en agendas de algunos países). En este mismo sentido, la misma FAO (ob. cit.) dice que “Se estima que un tercio de todos los alimentos producidos a nivel mundial se pierden o se desperdician”. Claras evidencias de injusticia social.

Hay temas que poco se señalan como prioritarios en dichas agendas, contra otros que parecen contradictorios, unos pocos hablan de desarrollo rural otros de desarrollo empresarial, competitividad, economía verde y agroenergía, términos que requieren discusión en profundidad de los propósitos subyacentes en ellos. En esto también se requiere entender cómo se pretende el aumento de la productividad cuando se acompaña solo de innovación y tecnología, sin capacitación ni biodiversidad de la producción que poco se señalan en las prioridades. Seguimos haciendo lo mismo, y abusando de las palabras esperanzadoras de cambio.

Solo Chile señala en sus prioridades fortalecer el mercado local; pero unos cuantos hablan de mejorar el comercio de productos en el sector agrícola, silvoagropecuario y pesquero, cómo son usados estos discursos en la ejecución de políticas públicas. Cómo en el futuro conviven ideas de mercado local y agricultura de exportación, pensando en la sostenibilidad donde subyacen trasfondos tan

contrapuestos. Igualmente, en el análisis del discurso de prioridades la integración de las cadenas de valor y la transformación de alimentos, parecieran contradictorios en el sentido de integrar a quienes, a las cadenas existentes, o la posibilidad de quienes pueden ser parte en la transformación de alimentos. Existe la posibilidad real, en los contextos locales, de generar valor agregado a las materias primas subestimadas por las agroindustrias.

Se evidencia debilidad en el discurso de prioridades ante el desarrollo rural en Latinoamérica, para superar la pobreza, inclusión, mejorar la participación y asociación campesina, y alcanzar soberanía alimentaria. Siguen siendo temas recurrentes, ante la aplicación de fórmulas fracasadas, pero como dice Max-Neef y col (ob. cit.) los propósitos de políticas públicas se manejan a la discreción de los políticos de turno, con sentido populista y de manipulación social.

La tabla 1 muestra algunos valores que nos hacen pensar en la complejidad del problema, siendo aún el continente con menores densidades poblacionales del mundo, aún con buen porcentaje de áreas boscosas que también deberían ser definidas en el portal de la FAO. Aplicando un sentido crítico al término de áreas boscosas, referirlo así genera suspicacias sobre la intención de no describirlas como áreas naturales que tendrían un sentido más complejo de la realidad ecológica en la región. Sin embargo, se destacan Argentina, Uruguay y El Salvador con menos de 15% en áreas boscosas. Es insólito que los 7 países que para el 2017 tenían evidencia de hambre entre niveles de serio y moderado, con proyección de aumento, no incluyan en sus prioridades superar la pobreza que se asocia al hambre.

De la misma Tabla se pueden formular muchas preguntas que nos llevan a querer profundizar en los modelos de producción agrícola y las políticas públicas dominantes en dichos países. Costa Rica con igual porcentaje de tierra dedicada a la agricultura que Bolivia, pero con solo 1.777 (1000ha) contra 35.908 (1000ha) a su vez presentando densidades poblacionales de 9 a 1 respectivamente, el primero no presenta datos críticos de hambre. Pareciera, entonces, que no es un problema de necesitar más tierras para la agricultura como bien lo impulsó en el mes de agosto 2019 el gobierno Boliviano, con la generación de quemados que terminaron siendo una tragedia internacional.

Sin embargo podemos pensar en la ineficiencia de la producción; que se explica con la necesidad de mejorar la sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos, como prioridad declarada por dicho país. Pero parece claro que no son necesarias más tierras agrícolas, para enriquecer a unos pocos.

Igualmente importante en el análisis, es referir el desequilibrio poblacional dominante en los territorios, que coloca a la mitad o más de la población latinoamericana en las zonas urbanas. Esto se traduce en la necesidad de que las zonas rurales suplan la demanda creciente de alimentos de las urbanas. A pesar de los discursos pasados de agricultura urbana y ordenamiento territorial aún por resolver, hoy no aparecen como temas prioritarios. Álvarez (2019), refiriendo el contexto venezolano, señala que

La actual superficie dedicada a la agricultura, incluyendo la subutilizada por malas prácticas, expropiación o abandono, es suficiente para la producción nacional. Asimismo, la misma debe estar basada en el conocimiento de las capacidades y limitaciones ambientales de los diferentes espacios territoriales del país.

Irrisoriamente, en este contexto, la desnutrición se asocia a la vida rural, quizás entre otras cosas como resultado de los cambios de hábito nutricional insustentable con dependencia del mercado; cuando es en las zonas rurales donde existe la posibilidad de lograr autosustentabilidad alimentaria. En el 2017 el informe Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe, publicado por la FAO y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), indicaba que entre el 2014 y 2016 el hambre aumentó en cinco países de Latinoamérica: Argentina, Ecuador, El Salvador, Perú y Venezuela.

La serie de factores inmersos en la complejidad de la producción de alimentos, nos lleva a pensar en varias ideas posibles para enfrentar la problemática y así superar el hambre, reducir la pobreza como flagelo de nuestros países. Es discutir en profundidad ciertos conceptos que se manejan sin criterios de la complejidad subyacente; reconocer las ventajas de ciertas iniciativas como ejemplos que permiten recuperar tradiciones agrícolas y alimentarias con

TABLA 1: Estimaciones de superficie agrícola y área forestal en países Latinoamericanos según datos de la FAO (1000 ha), con GHI* y DP**

PAÍS	Superficie del país	Superficie de la tierra	Superficie agrícola	%	Área Forestal	%	GHI* 2017	DP** 2018
ARGENTINA	278.040,0	273.669,0	148.700,0	54.3	26.815,2	9.8		15.93
BELICE	2.297,0	2.281,0	170,0	7.4	1.361,3	59.7		15.69
BOLIVIA	109.858,0	108.330,0	37.685,0	34.8	54.475,0	50.3		10.14
BRASIL	851.577,0	835.814,0	235.254,0	28.1	492.554,0	58.9		24.35
CHILE	75.670,0	74.353,2	15.741,8	21.2	18.035,8	24.3		23.53
COLOMBIA	114.174,9	110.950,0	44.723,0	40.3	58.475,0	52.7		41.88
COSTA RICA	5.110,0	5.106,0	1.777,5	34.8	2.786,2	54.6		96.48
ECUADOR	25.637,0	24.836,0	5.516,0	22.2	12.469,2	50.2		57.45
EL SALVADOR	2.104,0	2.072,0	1.585,0	76.5	260,6	12.6		293.33
GUATEMALA	10.889,0	10.716,0	3.856,0	36.0	3.503,6	32.7		141.99
HONDURA	11.249,0	11.189,0	3.420,0	30.6	4.472,0	40.0		80.64
MÉXICO	196.437,5	194.395,0	104.992,0	54.0	65.948,4	33.9		63.42
NICARAGUA	13.037,0	12.034,0	5.065,0	42.1	3.114,0	25.9		46.22
PANAMÁ	7.532,0	7.412,0	2.259,0	30.5	4.600,6	62.1		49.76
PARAGUAY	40.675,2	39.730,0	21.960,0	55.3	14.997,6	37.7		17.07
PERÚ	128.522,0	128.000,0	23.687,0	18.5	73.805,4	57.7		24.15
URUGUAY	17.622,0	17.502,0	14.449,6	82.6	1.867,7	10.7		19.07
VENEZUELA	91.205,0	88.205,0	21.500,0	24.4	46.518,6	52.7		34.32

 Bajo  Moderado  Serio

*Índice Mundial del Hambre (GHI, por su sigla en inglés de Global Hunger Index) es un instrumento estadístico que describe el estado del hambre en el planeta;

**Densidad Poblacional (DP) <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>

impacto social positivo, productividad económica y protección de los recursos naturales. Se trata de cambiar paradigmas para buscar la agricultura sostenible desde el reconocimiento de los diversos actores sociales, sus intereses y modos de producción; todo en un sentido reflexivo para superar las diferencias en un acto de tolerancia, respeto y creatividad para construir las soluciones necesarias.

Ideas para el debate

Producción agroecológica para superar el hambre y erradicar la pobreza

Los gobiernos requieren reconocer, en contra de sus intereses populistas, que mantener programas de asistencialismo no erradica la pobreza ni permite la superación del hambre por autogestión. Son vicios de la sociedad actual, entonces se continúa aumentando las tierras para la agricultura y se superan record de producción, pero caben las preguntas Agricultura por quienes? Alimentos para quienes? Según datos de la propia FAO Latinoamérica, en el 2019, alcanzaría un record histórico de producción de maíz (274 millones de toneladas) que lo explican como resultado de la ampliación de las plantaciones; en segundo lugar, por la mejora de los rendimientos. Esto implica casi media tonelada de maíz por habitante, equivalente

a más de 1 Kg diario. Este análisis tan “alentador”, lamentablemente tiene el sello del crecimiento de la siembra de transgénicos en países como Brasil, Argentina, Uruguay y Chile. Pareciera la incentivación de los cultivos transgénicos e incluso siembra con fines de biocombustibles; para luego decir que se “cumple” con las metas establecidas. Se omiten los efectos de dichos modelos agrícolas sobre las comunidades rurales y los consumidores. Esto no es raro, pues desde la revolución verde se vienen alentando estos modelos de producción, que como dice Núñez (2013) son el resultado de procesos subordinados a las directrices científicas y tecnológicas de las empresas transnacionales.

El asunto requiere el reconocimiento de los múltiples escenarios, lo que no significa estar de acuerdo con los modelos de monocultivo, pero si con la idea de avanzar en nuevas formas de convivencia en las diferencias hacia la agricultura sostenible. Nos iremos planteando nuevos escenarios de producción y consumo. Pareciera que esta idea ya está en ciertos debates, así se entiende en la entrevista de DW (2017) realizada a Hans Herren del panel IPES-Food considera que “habría que modificar radicalmente el sistema, desde la producción de alimentos hasta el consumo”, para ello la agricultura debe emprender un rumbo diferente a nivel mundial adoptando prácticas agroecológicas. Sin embargo, en la misma entrevista el experto señala que “La agricultura tradicional, en pequeña escala, no es apropiada, porque no es suficientemente productiva”; a su juicio, igualmente inapropiada resulta la agricultura industrial.

A nuestro juicio, la agroecología se ha visto asociada a ideologías y luchas de sectores vulnerables, tapizándola como ciencia aliada capaz de ser asumida por diferentes modelos agrícolas. Pudiendo ser reconocida, por los sectores de variadas escalas de producción, como conjunto de principios para alcanzar la sostenibilidad agrícola. Incluso se le ha restado valor al ser utilizada con fines populistas e incluso declararla como organización político-ideológica según palabras de Núñez (ob cit). Como consecuencia se desconocen actores que no siguen ciertas líneas político-partidistas, perdiéndose así valiosas experiencias agroecológico para avanzar en los propósitos del desarrollo rural sostenible con un sentido de inclusión. La agroecología como ciencia según Hidalgo (2007) se fundamenta en principios que: valoran y promueven la conservación de

la biodiversidad; conservan el agua y el suelo; promueven el ciclaje de nutrientes y salud integral de los agroecosistemas; usan especies adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas; generan valor agregado a la producción; promueven sinergia entre componentes de los sistemas productivos; usan recursos localmente disponibles y tecnologías apropiadas y apropiables. Todo apuntando a la disminución de dependencias, aumento del bienestar social y la soberanía alimentaria.

El asunto es, cómo hacer? Es necesario valorar la producción diversificada a baja escala de los sectores campesinos en los mercados locales, que resultan de bajo impacto a la naturaleza y la sociedad. Esa valoración se tiene que accionar a través de políticas públicas, que actualmente se enfocan prioritariamente en rubros de “alta productividad” asociada a modelos mecanizados en grandes extensiones de medianos y grandes agricultores. Por otra parte, los centros de investigación requieren recursos para aumentar las investigaciones en rubros “no convencionales” que permitan mejorar la calidad y cantidad de productos en modelos diversificados con aplicación de principios agroecológicos.

También pensando en esos medianos y grandes agricultores, que se mueven en un modelo de alta dependencia tecnológica y altos niveles de producción que suplen los mercados de la agroindustria o exportación, estos requieren tiempo para la transición hacia modelos agrícolas sostenibles. Al respecto Altieri y Toledo (2011) hacen una crítica ante los esfuerzos, de necesaria consideración, que estos sectores han hecho hacia modelos de agricultura orgánica o ecológica. Estos modelos continúan siendo monocultivos con alta depende de insumos externos biológicos y/o botánicos, y no está basada en la integración de los principios agroecológicos. Dicen los autores que “Este enfoque de “sustitución de insumos” esencialmente sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional... Muchos de estos “insumos alternativos” se han convertido en mercancía, por lo tanto, los agricultores siguen dependiendo de proveedores, cooperativas o empresas” (p:5). Ciertamente este no es el panorama ideal, este sector no ha logra cambios profundos desde el significado integral de sostenibilidad, aportando poco desde el punto de vista social y económico en las regiones donde se establecen. Continúan en la frívola cadena de las

agroexportaciones o agroindustrias, con alta dependencias energéticas y el consecuente impacto sobre el cambio climático; por tanto sin proporcionar verdaderos aportes a la soberanía alimentaria y desarrollo rural.

Superar conceptos desde la investigación económica, social y ecológica

Algo que inquieta, incluso incomoda a los que apostamos a modelos agroecológicos, son palabras como: Productividad, Servicios ambientales, Consumo solidario, Pobreza, entre otros. Son términos que debemos redefinir con argumentaciones científicas desde la complejidad que los circunscribe. Quizás esto ocurra, porque la forma de enfocar los sistemas agroecológicos ha sido determinada en parte por un diálogo limitado entre diferentes disciplinas que comparten el conocimiento ecológico, pensamiento ambiental y del desarrollo sostenible.

La productividad, orientada a lograr un producto aumentando rendimientos, limita la amplia significación dentro de la sostenibilidad y significado agroecológico. Al respecto, Altieri y col. (1997) refiriendo los modelos agrícolas convencionales señalan que:

es cada vez mayor el número de científicos que reconoce que este enfoque reduccionista limita las opciones agrícolas para las poblaciones rurales y en que el «enfoque objetivo» a menudo involucra consecuencias secundarias no intencionadas que frecuentemente han producido daños ecológicos y han tenido altos costos sociales.(p:8)

En un enfoque agroecológico la productividad no puede ser medida por producción de un cultivo en espacio, tiempo y costos; conservar el suelo, el agua la biodiversidad y no contaminar; provocando efectos positivos en la salud pública y ecosistemas, representa a la larga beneficios económicos que alguien o varios reciben. Por otra parte la suma de producción de rubros en un sistema diversificado, en producción de biomasa, puede superar la de un monocultivo. Altieri y Nicholl (2000) realizaron un amplio análisis del significado de la productividad enfocada en el corto plazo, señalan una serie de factores que conllevan a la disminución de la sustentabilidad, la equidad, la estabilidad y la productividad del sistema agrícola. Dentro del contexto más amplio que plantea la agroecología

se requiere incluir variables ecológicas y sociales que fortalecen la soberanía alimentaria. Como dicen Altieri y col (1997), “El problema es que existe un período de transición antes de que se logre la sustentabilidad y de ese modo, la rentabilidad en la inversión en técnicas agroecológicas puede no ocurrir inmediatamente” (p:54)

De manera breve señalamos los otros términos que creemos requieren ser debatidos. En el caso de los servicios ambientales, que tanto enfurece a ciertos grupos ambientalistas y ecologistas, se usa cada día más con perversas implicaciones ambientales, principalmente por falta de debates de altura en el marco de la complejidad de sus implicaciones. Hoy grandes productores reciben bonificaciones por servicios ambientales, a los cuales no se les cobra los daños causados por modelos depredadores; mientras otros cuidan y no reciben nada. Se trata de entender y operacionalizar con enfoque ambiental, donde la agricultura necesita de los recursos naturales, pero estos a su vez requieren ser conservados para continuar generando beneficios. Otro, es el consumo solidario, de productos orgánicos, ecológicos y agroecológicos, que termina siendo una acción para el consumo de una élite con poder adquisitivo, por sus altos costos de producción. De la manera actual, es el consumidor el que asume los costos de conservar y no contaminar; pareciera una injusticia más con los consumidores que aspiran una alimentación saludable (no transgénica ni tóxica). En este mismo sentido crítico, la pobreza como término debería ser revisado desde los nuevos enfoques de bienestar, que incluyen una complejidad de factores ignorados que trascienden a lo material y algunos criterios homogenizantes de estilos de vida. Quizás permitiría dejar de victimizar a ciertos sectores “vulnerables” principalmente rurales que terminan teniendo mejor calidad de vida de muchos.

Seguridad y soberanía alimentaria

Seguridad y soberanía alimentaria (SeA y SoA) son conceptos que deben ser aclarados en su verdadero significado. En el contexto legal venezolano está claramente diferenciado y con igual importancia. Sin embargo, el gobierno apostó a la SeA, asumiendo el suministro de alimentos a través de la importación para suplir a la población, sin importar la procedencia y calidad de los productos, ni la salud de la población. Nos acostumbramos a comer lo que sea, sin mirar origen y condiciones

de producción. De manera incongruente, en el caso Venezuela, Nuñez (ob. cit) reconoce la negación del gobierno a los transgénicos y rechazo a todo tipo de alimentos que se sospeche tengan contaminación de organismos genéticamente modificados. Sin embargo, el autor no señala que las importaciones del propio gobierno, para suplir las cajas CLAP que venden a la población, proceden de los principales países productores de transgénicos.

Por otra parte, la SoA vista como el autoabastecimiento de alimentos de calidad, en cantidad suficiente, de manera oportuna, sin traumas psicológicos ni físicos para adquirirlos; es lo que debe aspirar un país. La SoA no puede ser vista desde una óptica reducida, señalando como único beneficiario el sector campesino que representa menos de la mitad de la población en Latinoamérica. Pareciera en algunos discursos que se ignora la necesidad de alimentar a las ciudades (heterótrofas) que son, existen, pero sin duda deberían dejar de existir al avanzar hacia sociedades sostenibles. En este contexto los modelos agroecológicos podrían fomentar diversidad de cultivos, en variadas temporadas, que permitirían la producción continua de alimentos sin agrotóxicos para una alimentación variada y saludable.

En estos temas se mezclan diversos aspectos de la complejidad que enfrentan los gobiernos, en estos influyen las políticas de frontera que son un punto crítico en condiciones de crisis económicas inflacionarias, como el caso Venezuela. Los alimentos se transforman en productos de contrabando, y corrupción de los entes “veladores”. Igualmente son factores que atentan contra la SeA y SoA: la especulación, los controles excesivos de los gobiernos, las políticas de producción inapropiadas, la inseguridad, entre otros. Así como una serie más de debilidades y amenazas que se relacionan al estilo de gobierno, que requieren ser superadas entre otras cosas con la capacitación rural (Zambrano, col., 2015).

Capacitación científica y valoración del conocimiento popular

Para que la agroecología obtenga valor, requiere ser acompañada de conocimiento científico pertinente capaz de demostrar su eficiencia y beneficios ante los retos de la sostenibilidad. La capacitación tiene que ser una herramienta prioritaria en las políticas públicas, conjuntamente con la valoración del conocimiento popular acumulado en años de experiencias de campo.

La obtención del conocimiento científico tiene

que ser el resultado del reconocimiento de la realidad, así como del fortalecimiento de instituciones de investigación y producción de insumos biológicos. Existen diversas instituciones que se han dedicado a líneas de investigación en técnicas agroecológicas que generan aportes importantes al sector agrícola. Fortalecer estas instituciones de manera responsable y comprometida con el futuro de la producción de alimentos es fundamental para la SoA. No podemos negar que en Venezuela se trató de impulsar esta iniciativa a través de los INSAI, desgraciadamente con muchas limitaciones que surgieron en el financiamiento y la ideologización del conocimiento científico, no han logrado alcanzar sus objetivos de origen.

La agricultura urbana es una aliada para el abastecimiento de alimentos

En este decenio, dedicado por la FAO a la agricultura familiar, hay que avanzar en los alcances y beneficios que ésta representa para la SoA, pudiendo aportar diversidad de alimentos saludables. El asunto, es que esto necesita ser acompañado con educación ciudadana para la aceptación y respeto de las iniciativas. Los que hemos apostado a esta alternativa, en el caso Venezuela, vimos como las iniciativas de Agricultura Urbana (AU) también resultaron ser un fracaso, producto de la ideologización e irrespeto a ordenanzas y criterios técnicos agrícolas y urbanísticos. Al respecto la investigación de Calderón e Hidalgo (2015) demostró la falta de empoderamiento por parte de las comunidades aledañas a un proyecto de AU en la ciudad de Guanare. Las autoras señalan que los trabajadores lo consideraban como una alternativa laboral por parte de un patrono (El Estado), tampoco se sentían identificados con los rubros que se establecieron, ni eran parte de los beneficios de la producción.

En otro sentido Hidalgo, 2017 compartía una experiencia de agricultura urbana que se muestra en la Tabla 2, donde solo en 4m² logró una producción superior a 328.8% de manera simultánea en un año en comparación a los mismos cultivos en monocultivo, a lo que suma beneficios ornamentales, climáticos (Temperatura del hogar), alimenticios, medicinales, familiares, comunitarios y ecológicos (alimentación y nido de aves, especies melíferas como *Tetragonisca angustula*, entre otras). Experiencia que fue acompañada de producción de abono orgánico con los residuos del jardín y hogar.

TABLA 2: Estimaciones de una experiencia de agricultura urbana en Cabudare, edo. Lara. Venezuela.

Especies	Experiencia urbana	Producción en Monocultivo	
	Kg / 4m2/año	Kg/Ha/año	Kg / 4m2/año
Auyama Cucurbita sp	53	17000	6,8
Aji chirele Capsicum sp	0,3	12000	4,8
Lechosa Carica papaya	15	100000	40
Total	68,3		51,6
		Correspondiente a 4m2	17,2
Otras: Flores de Zingiber spectabile (20 Unidades); Flores de azar de la india, Murraya paniculata (muchas); Flores de orquídeas Cattleya mossiae (6 unidades); Flores de Ixoras sp enanas (muchas); Flores masculinas de auyama (muchas) y Romero Rosmarinus officinalis			

Entonces, la AU enfocada en el marco de la Agricultura Familiar requiere ser promovida desde el empoderamiento de la idea por parte de la ciudadanía, el respeto a la tradición de siembra, estética de las familias, los hábitos alimenticios, la capacidad real de trabajo cooperativo en áreas públicas, entre otras cosas. También como parte de políticas de ornato en las áreas públicas con campañas de educación ciudadana. En esta iniciativa es fundamental la aplicación de principios agroecológicos que den un sentido de sostenibilidad y aporte real a la SoA.

Reflexiones finales

Superar el hambre requiere cambiar los modelos agrícolas dominantes, para dar paso a nuevas iniciativas con enfoque agroecológico y territorial. Es entender un contexto productivo complejo donde participan diversos sectores agrícolas, que requieren ser reconocidos en el valor que representan en la sociedad. Apostar a la posibilidad de transformación de todos los sectores para coexistir, con un sentido unificado en la diversidad, para superar la pobreza y alcanzar soberanía alimentaria. De una manera más amplia, son las naciones y sus actores, como dice Álvarez (2019) deben cumplir los compromisos adquiridos con el futuro planetario, a través de los ODS como ideas de base. Es imperante discutir y evolucionar en términos que están entrelazados con nuevos enfoques que implica construir soluciones para accionar el camino a la sostenibilidad. Igualmente la sociedad civil requiere asumir una actitud responsable ante la soberanía alimentaria desde el rol como productores así como también de consumidores. Por otra parte, las instituciones precisan asegurar la generación de conocimiento, innovación científica y tecnológica, insumos y procedimientos adecuados para la producción agroecológica. En este mismo sentido, es necesaria la articulación entre entes que asuman los

cambios en un sentido de cooperación legítima para superar las diferencias y suprimir los protagonismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, Miguel y Col. (1997). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Segunda edición. España.
- Altieri, Miguel y Toledo, Víctor. (2011). *La Revolución Agroecológica en América Latina*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. SOCLA, Colombia.
- Álvarez, Alejandro. (2019). *Hacia una agricultura sostenible y climáticamente inteligente en Venezuela*. El Nacional. Disponible en: <https://www.elnacional.com/opinion/hacia-una-agricultura-sostenible-y-climaticamente-inteligente-en-venezuela/>
- Canelón, Magaly e Hidalgo, Carelia. (2015). *Lineamientos educativos ambientales en agricultura urbana desde los actores sociales participantes en un complejo socio productivo*. Tesis de maestría en Educación Ambiental, Universidad Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora, Guanare, Venezuela.
- Los Índices de hambre. Artículo en Deutsche Welle, DW, 2017). Disponible en: <https://www.dw.com/es/los-%C3%ADndices-del-hambre/a-40933484>
- FAO (2019). *Programas prioritarios por países; Pérdida y desperdicio de alimentos*. Disponibles en: <http://www.fao.org/countryprofiles/es/> y <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>
- Hidalgo, 2017. *Experiencia no publicada compartida con docentes en curso “Todas las Manos a la Siembra” dirigida a docentes en programa de responsabilidad social de la Fundación el Tunal*. Barquisimeto, Venezuela (No publicado).
- Hidalgo, Carelia (2007). *Técnicas Agroecológicas para el Semiárido*. UCLA, CIARA y FUNDACITE-Lara. Venezuela.
- Max-Neef, Manfred; Elizalde, Antonio y Hopenhayn, Martín (2010). *Desarrollo a escala humana: Opciones para el futuro*. Segunda edición. Chile.
- Núñez, Miguel (2013). *La Alternativa Agroecológica*. Revista América Latina en Movimiento. Disponible en: <http://alainet.org/publica/487.phtml>.
- ONU (2017). *Vuelve a aumentar el hambre en el mundo*. Reportaje en la Revista Deutsche Welle, Disponible en: <https://www.dw.com/es/onu-vuelve-a-aumentar-el-hambre-en-el-mundo/a-40525630>
- Zambrano, F., Trujillo, E. Y Solórzano, C. (2015). *Desarrollo rural sostenible: una necesidad para la seguridad agroalimentaria en Venezuela*, Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 3, n.º 1, pp. 27-33, ene. 2015. <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/518/pdf>

ÍNDICE ACUMULADO

Volumen 18(Edición Especial)
(Septiembre-Diciembre, 2019)

TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

CONSERVACIÓN ARTESANAL DE CHILES JALAPEÑOS MEDIANTE PROCESOS SUSTENTABLES

Mara Lucía Mosqueda Falcón, Mateo Ortiz Hernández, Nicolás González Cortés, Érika Guadalupe Ceballos Falcón y Román Jiménez Vera

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PERFIL SENSORIAL DE CULTIVARES DE TOMATES COSECHADOS EN VENEZUELA

Torres, Alexia*, Cortez, Gabriela, Pérez, Suhey

MODELAMIENTO DE RESPUESTAS FARINOGRÁFICAS DE MASAS DE HARINAS COMPUESTAS YUCA-TRIGO ADICIONADAS DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Wilmer Peña^{1*} & Nilza Quintero²

RENDIMIENTO DE LA PECTINA DE CASCARA DE CACAO (*Teobroma cacao* L.) COMO ESTABILIZANTE EN MERMELADA DE NARANJA

Marlyn Suárez & Rosa Marín

AMBIENTE Y DESARROLLO

SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL UNA REFLEXIÓN PARA LA CULTURA SUSTENTABLE

Rivict Velásquez

EL TURISMO SUSTENTABLE COMO ALTERNATIVA DE EMPRENDIMIENTO DESDE LA TEORÍA DEL INTERCAMBIO SOCIAL EN VENEZUELA

Yuleimi Peña

LÍNEAS ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

José Ramón Moncada Rojas

LA TECNOLOGÍA Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES, UNELLEZ-VIPI:

UNA VISIÓN TRANSCOMPLEJA

Luis Rafael Reyes Escalona

INGENIERÍA AMBIENTAL

REDISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RIO CAJARITO, ENTRE EL AMPARO COJEDES- SANTA CRUZ PORTUGUESA

Carlos Gutiérrez¹, Julio González², Elio Velasquez³

Volumen 18
(Enero-Diciembre, 2019)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

CARACTERIZACIÓN DE CUBOS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) OSMODESHIDRATADOS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

Quintero Andreina, Sanabria Neida, Pérez Liz

MANUFACTURA ESBELTA EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LICORES DE AGAVE COCUI Y AGAVE SISALANA.

Diego Alberto Borzellino Sánchez y Edwin Gabriel Estrada Sánchez

AGROINDUSTRIA

APLICACIÓN EMPÍRICA DEL *YIELD MANAGEMENT* EN LAS HOSTERÍAS DE PRIMERA CATEGORÍA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

Misse Mora, Arelis C., Molina Quinteros, Cristian R.

PROYECTO DE EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LECHE VACUNA.

Yalexí Laya

TRANSFERENCIA DE CAPACIDADES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE.

Blanca María Barrios Aguilar y Araira del Pilar Marín Villegas

AMBIENTE Y DESARROLLO

ENSEÑANZA DE LA FOTOSÍNTESIS Y SUS IMPLICACIONES ONTOLÓGICAS EN LA CULTURA AMBIENTAL.

Evelyn Velásquez Quintero

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN VIVIENDAS EN SAN CARLOS, COJEDES, VENEZUELA.

Ernesto Hernández Gil y Nahir Carballo

ECOTURISMO FACTOR QUE IMPULSA EL DESARROLLO DEL ECUADOR.

Carlos G. Albán Yáñez; Magda Cejas; Yanet Marisol Ortega Freire & Darwin Albán Yanes

AGRICULTURA SUSTENTABLE: EL SENDERO HACIA EL FUTURO DE LA HUMANIDAD.

Biosely Z. Martínez E.

ONTOLOGÍA DE CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES CERRADOS EN PERSPECTIVA DE VERSIONANTES CASO UNELLEZ-VIPI.

Miguel Torrealba; Evelyn Velásquez; Alfredo Pacheco

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN LOS LICEOS L.N.B. SAN CARLOS, L.N.B. CREACIÓN Y U.E.T.A. LUIS TOVAR EN SAN CARLOS, EDO. COJEDES.

Inírida Loreto & Samar Rivas

**Volumen 16 - Edición Especial
(Septiembre-Diciembre, 2018)**

SABERES CAMPESINOS PARA EL DESARROLLO AGROECOLÓGICO SOSTENIBLE DESDE LA COSMOVISIÓN DE LOS ACTORES SOCIALES.

Julio Cesar Camejo Ruiz

LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN COMUNIDADES DE APRENDIZAJE. UNA EXPERIENCIA DESDE LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA.

Yarith C. Navarro E. y Carmen Cecilia Pineda

EL MANEJO DE DESASTRES. UNA VISIÓN DE LO GLOBAL A LO LOCAL.

Peña, Yuleimi; Loreto, Inirida

DEL ANTROPOCENTRISMO AL BIOCENRISMO: UN RECORRIDO HACIA LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.

Evelyn Ereú de Mantilla

GERENCIA AMBIENTAL: EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVA.

Antonio Romero y Pedro Flores

REOPERACIONALIZACIÓN DEL CONSTRUCTO CALIDAD DE VIDA DE EGRESADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE APRENDIZAJE INCES COJEDES – VENEZUELA.

Mariela Raymundo, Edgar Jaimes

LAS BONDADES PARA LA SALUD DE LA LECHE DE CABRA Y SU POTENCIAL PARA PRODUCIR ALIMENTOS FUNCIONALES.

Maryuri Tibisay Núñez de González, Ph.D.

MODELO DE SUSTENTABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN HORTICOLA EN LOS PATIOS PRODUCTIVOS URBANOS DEL MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA DEL ESTADO COJEDES.

Demostene Rosario Leonardo Taylhardat A.

FERMENTACIÓN ARTESANAL DE MIEL DE ABEJAS CON MICROORGANISMOS NATIVOS DE MAÍZ (*ZEAMAYS*).

Leticia Góngora-Ovando, Ana Laura Luna-Jiménez, Nicolás González-Cortés y Román Jiménez-Vera

AVICULTURA SUSTENTABLE: FOMENTANDO LA CADENA DE VALOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Ana Laura Luna-Jiménez, Nicolás González-Cortés y Román Jiménez-Vera

Volumen 15

(Enero-Diciembre-2018)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL LICOR DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) OBTENIDO EN FORMA ARTESANAL E INDUSTRIAL.

R. Álvarez, E. Portillo, R. Villasmil

CONTRIBUCIÓN DE LA CHIGA (*Campsiandra comosa*) EN LA FORMULACIÓN DE UNA BARRA

NUTRICIONAL.

Víctor Villamizar, Gabriel Cravo, Llelysmar Crespo, Álvaro López

AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORGES CON RECURSOS ENDÓGENOS DEL ESTADO COJEDES.

Francisco Rivas, Wilmer Salazar

COMPOSICIÓN PROXIMAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SALCHICHÓN TIPO NÁPOLES PRODUCIDO EN VENEZUELA.

Patricia Millán, Máryuri Núñez de González, Carlos Aguilar, José Palazón-Fernández, Martín Núñez

AMBIENTE Y DESARROLLO

IMPACTO SOBRE EL PROCESO DE RETRACCIÓN DEL CONCRETO, USANDO PERICARPIO DE MAÍZ COMO AGREGADO.

Luis Gómez Moreno

LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN: HERRAMIENTA PARA LA TRANSFORMACIÓN EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL SUSTENTABLE.

Yeskively Méndez, Gustavo Jaime

Ensayo

CRISIS AMBIENTAL Y SABERES CAMPESINOS. UN ENCUENTRO ENTRE LA OTREDAD Y DIÁLOGO DE SABERES.

Julio Camejo Ruiz

EL SISTEMA AMBIENTAL MEDIÁTICO Y SU VÍNCULO CON LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL.

Claudia Rodríguez, José Barreto

EL AGROTURISMO: EJE DINAMIZADOR EN EL DESARROLLO DE ECUADOR PDF

Magda Cejas, Carlos Albán Yáñez

Volumen 14

(Enero-Diciembre-2017)

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO.

William Zambrano-Herrera, José Antonio Martínez, Juan Fernández Molina

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PARED CELULAR DE LA PULPA DE MANGO BOCADO

Mauricio Balza, Elba Garrido, Mariano García, José Martínez, Alberto García

ACEPTACIÓN DE UN JUGO DE MORA ENDULZADO CON ESTEVIA EN CONTRASTE CON

OTROS EDULCORANTES.

César González Torrivilla, Alicia Hernández Peñaralta, Elba Cubero Castillo

EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICAS DE UN EMBUTIDO DE POLLO CON ADICIÓN DE FIBRA.

Lisette Hidalgo, Tonny García

AGROINDUSTRIA

DETERMINACION DEL PAGO DE LA CAÑA DE AZUCAR AL CAÑICULTOR EN VENEZUELA.

Héctor José Petit Salazar

ALTERNATIVA ECOLÓGICA EN LA OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA DULCE.

Ruth Álvarez, Celia Rondón, Fernanda Gutiérrez, Carlos Aguilar, Iliannys Suárez, Freddy Hernández

MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS

NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN 18 CLONES DE YUCA, FUNDACIÓN LA SALLE CAMPUS COJEDES.

Andrés Silva, Yiny Mujica, Yadira Flores

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN ALIMENTOS PDF.

Neida Sanabria, Yudrany Martínez, Alexandra López

AMBIENTE Y DESARROLLO

APROXIMACIÓN TEÓRICA DE CULTURA AMBIENTAL UNIVERSITARIA PDF.

Olga Ochoa Henríquez, Carelia Hidalgo López

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA COLECCIÓN DE PALMAS: ECOPARQUE UNIVERSIDAD DE CARABOBO.

Arnaldo Briceño, Samuel Hilevski, Roxy Pérez, María A. Flores, Esmeya Díaz

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RIO TINACO, MUNICIPIO TINACO DEL ESTADO COJEDES.

Inmaculada Pérez, Luis Rumbo

CONSTRUCTO PARA EVALUAR CALIDAD DE VIDA EN LOS EGRESADOS DEL PNA – INCES, COJEDES, VENEZUELA.

Mariela Raymundo, Edgar Jaimes

ANÁLISIS DEL DETERIORO AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO TINAQUILLO, ESTADO COJEDES, VENEZUELA

Marlenis Aguilar, Edgar Jaimes, Nei.da Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés, Idánea Pineda

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-NATURAL, BIOLÓGICA Y SOCIO CULTURAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO TÍRGUA.

Yarith Navarro, Pedro Flores

PERCEPCIÓN DE LA GESTIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DEL ESTADO COJEDES A NIVEL DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA ESTADAL.

Iraida Vivas, Monika Stenstrom, Víctor V. Vivas, Leonardo Méndez

PATRONES FENOLÓGICOS DE CINCO TIPOS DE COBERTURA EN BOSQUE SECO TROPICAL,

SUR-COJEDES, VENEZUELA.

Jorge Luis Millano-Tudare, Franklin Javier Paredes-Trejo, Edgar Jaimes, Neida Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés, Idánea Pineda

ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN SAN CARLOS-COJEDES EMPLEANDO SENSORES REMOTOS.

Ernesto Hernández Gil

PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR LOS ACTORES CLAVES LOCALES DEL MUNICIPIO MANUEL BRUZUAL, ESTADO ANZOÁTEGUI.

Antonio Romero, Marielvi Jiménez, Adriana Márquez

DEGRADACIÓN AMBIENTAL DEL HUMEDAL DEBIDO AL PROCESO DE URBANIZACIÓN, SECTOR JARDÍN BOTÁNICO, SAN CARLOS, ESTADO COJEDES.

María Elena Goyo de Moreno

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DE LA UNEXPO.

Ariana Cañizales, Diana Posada, Zita Pereira, Asdrei Gutiérrez, Ivana Rojas

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE BISCUCUY MUNICIPIO SUCRE ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA.

Daniela Canelón, Santos Niño

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO (SPDP) DEL MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS DEL ESTADO COJEDES. -

Augusto Olarte, Carlos Manzo

DISEÑO DE UNA ESCOLLERA PARA LA PROTECCIÓN DEL ESTRIBO DERECHO DEL PUENTE LOS COLORADOS, MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA, ESTADO COJEDES.

R. Rincón, F. Paredes, L. Rumbo

Volumen 13 (Enero-Diciembre-2016)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE COMBINACIONES ÓPTIMAS DE INULINA, OLIGOFRUCTOSA Y MIEL PARA EL CRECIMIENTO DE BB-12 (BIFIDOBACTERIUM.) EN UNA GELATINA COMERCIAL.

Karina Ulacio y Tonny Garcia, Zayby Pabón.

EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE JUGO DE PARCHITA (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) CLARIFICADA POR MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL.

Ángel Liberto y Juan Fernández-Molina, Luis Chaparro

PREFERENCIA Y PERFIL RAPIDO DE PAN TIPO “FRANCES” PROCEDENTE DE TRES PANADERIAS.

Gilber Saavedra, Nilza Quintero Piña y Wilmer Peña Rosales.

ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO EXTRUIDO A BASE DE SEMILLA DE SAMÁN (*Pythecelobium saman*) PARA ALIMENTACIÓN DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN FASE DE ENGORDE.

Yelitza Lara.

AGROINDUSTRIA

CONTROL ADAPTATIVO LINEALIZANTE DE LA CONCENTRACIÓN DE ETANOL PARA UN CULTIVO SEMICONTÍNUO DE LEVADURAS.

Luz Suárez, Antioquía Galicia, y Carlos Lameda.

ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS METODOS DE EXTRACCIÓN DEL LICOPENO A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DEL TOMATE

Jordy Gámez-Villazana, Rómulo Noguera, Carlos Vertucci, Tania Sandoval.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Saccharomyces boulardii* UTILIZANDO COMO SUSTRATO INULINA EXTRAÍDA A PARTIR DE LA CEBOLLA (*Allium cepa*)

José Pérez, Rafael Ramírez, Gabriel Cravo, Lleylismar Crespo.

APLICACIÓN DE LOS COEFICIENTES CORRELACIÓN DE KENDALL Y SPEARMAN
Pedro Morales y Luis Rodríguez.

MICROBIOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN LA SEDE DE POSTGRADO DE LA UNELLEZ SAN CARLOS.

Javier Ruiz y Miguel Torrealba.

UNA VISIÓN SOCIO EDUCATIVA EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Jhonny Ali Palmero Rodríguez.

AMBIENTE Y DESARROLLO

ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL REQUERIDO EN LA MODELIZACIÓN CON INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA

Nahir Carballo, Edgar Jaimes, Neida Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés e Hilda Rodríguez.

EL APROVECHAMIENTO DE BOSQUES PLANTADOS: SU VISIÓN AGROECOLÓGICA DESDE EL SISTEMA SILVOPASTORIL.

Carmen Morante, Jesús Aranguren y José Yhovani Bastidas

UNA VISIÓN CRÍTICA A LA GESTIÓN AMBIENTAL PÚBLICA EN ESTADOS LLANEROS DE VENEZUELA.

Carelia Hidalgo López.

TÉCNICAS SOCIOPRODUCTIVAS AGROECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA COMUNIDAD PERIURBANA LOS MALABARES DEL MUNICIPIO ARAURE DEL ESTADO PORTUGUESA.

Demostene Rosario, Ronal Gallegos G., Leonardo Taylhardat A.

Volumen 12
(Enero-Diciembre 2015)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA DE UN YOGURT CON ADICIÓN DE LACTOSUERO EN POLVO Y SABORIZANTE DE NARANJA.

Liseth M. Franco Delgado y Patricia C. Rojas Medina

FORMULACIÓN DE UN JUGO DE FRUTAS MIXTAS PASTEURIZADO EMPLEANDO DISEÑO SUPERFICIE DE RESPUESTA DE MEZCLA.

Ismil Soledad Escobar¹ y María Virginia Mujica

CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE PULPA DE NARANJA (*Citrus sinensis* L. var *Valencia*).

J. Hernández; L Woyzechowsky; A. Aldana; Neida Sanabria.

MICROBIOLOGÍA

ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UN LAMINADO DE MANGO “BOCADO” POR LA ADICIÓN DE ACIDOS ORGÁNICOS EN FUNCIÓN DE LA DISMINUCIÓN DEL RECuento DE BIFIDOBACTERIUM SPP*.

Mauricio Balza y José, A. Martínez.

EFFECTO DE OIKOBAC, MICROORGANISMOS EFICACES (EM) Y *TRICHODERMA* SOBRE LA INCIDENCIA DE PATÓGENOS Y EL RENDIMIENTO DEL PIMENTÓN EN INVERNADEROS.

Yadira Flores, Luis Sosa y Carlos Coronel.

AGROINDUSTRIA

EL ENTORNO EMPRESARIAL DEL SUBSECTOR DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN VENEZUELA (2001-2010).

Andrew Torres, Francisca Viloria y José O. Flores.....

DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN EFLUENTES SIMULADOS POR ACCIÓN DE LA ENZIMA LACASA OBTENIDA A PARTIR DEL HONGO *Pleurotus Ostreatus*.

José Melendez, Soraya Castillo, Yennyfer Peña.

INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

DOSIS ÓPTIMA EN MEZCLAS DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLÍMEROS NATURALES PARA LA CLARIFICACIÓN DEL RÍO TUY, ESTADO MIRANDA.

José F. Hernández G; Ysabel C. Urbina M; Marlenis Aguilar; Miguel García y José Landaeta.

GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA MITIGACIÓN Y/O ADAPTACIÓN ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO COJEDES.

Iraida Vivas, Jorge Millano y Ernesto Hernández

CARACTERÍSTICAS ESPACIALES Y TEMPORALES DE LAS SEQUÍAS EN EL ESTADO COJEDES DURANTE EL PERÍODO 1950-2005.

Ivis Quiroz y Franklin Paredes.

USO DE PRECURSORES CATALÍTICOS NiMo/ÓXIDOS MIXTOS Zn-Al PARA SER EMPLEADOS EN REACCIONES DE HIDROTRATAMIENTO

Ruth Álvarez y Carlos Linares. .

MODELO PARA VALORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LOS ESTUDIANTES EGRESADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE APRENDIZAJE DEL INCES, ESTADO COJEDES.

Mariela Raymundo y Edgar Jaimes.

PATIOS PRODUCTIVOS MODELO SUSTENTABLE DE SEGURIDAD AGROALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES URBANAS Y SUBURBANAS DEL MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA DEL ESTADO COJEDES.

Demostene Rosario y Leonardo Taylhardat A.

ESTIMACIÓN DE EMISIÓN DE METANO POR LA GANADERÍA BOVINA EN VENEZUELA, PERIODO 1997-2007.

Jorge López Márquez, Rigoberto Andressen y Duilio Nieves.

Volumen 11 Enero-Diciembre 2014)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALIDAD DEL CAFÉ VERDE Y MOLIDO.

Silvia Gareca Oblitas; Brizuela Laurimar; Montilla Gloria; Bianco Hugo; López Aracelis.

EFFECTO DEL PROCESO DE MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL JUGO DE MANGO CLARIFICADO.

Tonny García Rujano, Alexia Torres, Ismil Escobar y Reina Betancourt

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA PULPA DEL BAGRE VALENCIANO (*Hypophthalmus marginatus*).

Jordy Gámez-Villazana, Marinela Barrero, Tania Sandoval.

AGROINDUSTRIA

PERMEABILIDAD CUTICULAR DE FRUTOS DE LECHOSA (*Carica papaya* L.)

Deysi Petit-Jiménez, Aracelis Giménez, Belinda Rojas, Yanira Terán, Rosa Salinas y Reginaldo Báez-Sañudo.

EFFECTO DE LA UBICACIÓN Y ÉPOCA DE COSECHA EN EL CONTROL DE FERMENTACIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.).

Mary Lisbeth Alvarado, Elvis Portillo, Renaud Boulanger, Philippe Bastide, Isabel Macia.

INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ANÁLISIS RELACIONAL DE LA NORMA ISO 50001 (2007): SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA.

Rubén Acevedo, Gabriel Cravo, Lleylsmar Crespo, Diego Sánchez, Carmen Vásquez.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN LOS LLANOS CENTRO OCCIDENTALES DE VENEZUELA. UNA PERSPECTIVA ECOLÓGICA.

Carmen Morante y Jesús Aranguren

DIAGNÓSTICO SOCIO COMUNITARIO DEL SECTOR LA PALMA MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA ESTADO COJEDES.

Yarith Coromoto Navarro, Pedro José Flores y Yarlyny Guerra

HOMOGENEIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE TRES SERIES DE SUELO LOCALIZADAS EN LA ALTIPLANICIE DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA.

Miguel Larreal, Edgar Jaimes y Neida Pineda

ESTRATEGIAS DE GESTION AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA EN VENEZUELA.

Luis Palacios y Nahir Carballo

CALIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR “LOS MOTORES-PASO VIBORAL”, CUENCA MEDIA DEL RIO TIRGUA, SAN CARLOS, ESTADO COJEDES.

Olivia Suárez de Rojas y Víctor Mora Arellano.

POTENCIAL DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VALENCIA, VENEZUELA.

Adalgiza Pombo, Oscar Ramirez, Michael Schmitz, Zulay Niño

DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN EL INTERFLUVIO DEL BOCONO MASPARRO

Asdrúbal Farías, Rafael España y María Moreno.

ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN VENEZUELA.

Ricardo García y Olga Ochoa.

NORMAS PARA LOS AUTORES Y COLABORADORES DE LA REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROLLANIA

Las Normas para la escritura y citas bibliográficas de la Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANIA están basadas en las Normas de la American Psychological Association (APA)- Sexta Edición, año 2019 & El Manual de Citación APA (2019). Universidad Externado de Colombia. Recuperado de <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/07/Manual-de-citacio%CC%81n-APA-v7.pdf>

Los autores deben enviar original y dos copias de sus manuscritos en archivo Microsoft Word al Editor de la Revista **Profesor Juan Fernández Molina**, Programa Estudios Avanzados de Postgrado, Avenida Principal, Urb. Cantaclaro, San Carlos, Estado Cojedes 2201, Venezuela.
e-mail: revistaagrollania@gmail.com.

Tipos de contribuciones: Trabajos de investigación originales de alta calidad, revisiones bibliográficas, resúmenes de libros textos, resúmenes de tesis de maestría y doctorado, notas técnicas.

Preparación del Manuscrito: El texto debe ser escrito en computadora a doble espacio (2,0) utilizando un procesador de texto Microsoft Word, letra tipo 12 puntos, **Times New Roman**, márgenes 2,5 cm por los cuatro lados de la página, sangría marcada con el tabulador del teclado a 5 espacios, alineación del texto a la izquierda. El autor (es) debe identificarse incluyendo, dirección de correos, números de teléfonos, Fax, e-mail. Una copia electrónica debe ir acompañada de la versión final del manuscrito.

Título: Debe ser claro y preciso para que denote con exactitud los objetivos y contenidos del trabajo; debe ser corto preferiblemente no mayor de catorce (14) palabras y estar escrito en idiomas, español e inglés.

Tamaño del Artículo: Se recomienda que el artículo no exceda de 10 páginas.

Resumen: Cada Artículo debe contener un resumen que no exceda de 300 palabras, incluyendo título, autores y dirección postal. Éste debe incluir con exactitud el propósito y contenido del artículo y estar escrito en los idiomas español e inglés.

Texto: El texto del manuscrito debe seguir el orden siguiente: Título, Autor (es), Afiliación, Resumen, Palabras Clave, Texto principal, Reconocimientos, Apéndices, Referencias, Figuras, Tablas. El resumen debe contener de 3 a 5 palabras clave que guarden la mayor relación posible con el contenido del manuscrito.

Tablas y Figuras: De acuerdo a las normas APA, las tablas y figuras deben enumerarse con números arábigos, siguiendo el orden que se van mencionando en el texto (Tabla 1, Figura 1), esto de ir acompañado de un título claro y preciso como encabezado de cada tabla y figura. No está permitido el uso de sufijos como 1 a, 2a. Las Tablas deben ser abiertas. APA recomienda un formato estándar de tabla donde no se utilizan líneas para las filas, ni celdas, solo para las columnas. Las Figuras deben ser claras e indicar los títulos de cada eje (x, y) y las fotografías en original con un mínimo de resolución de 300-600 DPI y enviadas en archivo JPG o JPN. El archivo en JPG o JPN debe ser menor a 1000K. Tanto las tablas como las figuras se le colocan notas si deben explicar datos o abreviaturas. Si el material es tomado de una fuente protegida se debe dar crédito al autor original y al dueño de los derechos de reproducción. Además, es necesario contar con autorización por escrito del titular de los derechos para poder reproducir el material (APA, 2019).

Unidades: Todas las unidades utilizadas en el manuscrito deben ser expresadas en el Sistema Internacional de medidas (SI). La temperatura debe expresarse en grados Celsius o Centígrados.

Citación. APA recomienda un sistema de citación Autor-Fecha, privilegiando la señalización del número de página, para las citas textuales y para las paráfrasis.

- Citas textuales o directas:

De acuerdo a APA, estas se reproducen de forma exacta el material, sin cambios o añadidos. Se debe indicar autor, año y número de página. Si la fuente no tiene paginación, entonces se escribe el número

del párrafo. Si la cita tiene menos de 40 palabras se coloca como parte del cuerpo del texto, se coloca entre comillas y al final entre paréntesis se señalan los datos de la referencia.

- Al analizar los resultados y según su opinión de Machado (2010): Todos los participantes...” (p.74).
- Al analizar los resultados encontramos que: “Todos los participantes...” (Machado, 2010, p.74).

Si la cita tiene más de 40 palabras debe escribirse en un párrafo aparte, sin comillas alineado a la izquierda con un margen de 2,54 cm o 5 espacios de tabulador. Todas las citas deben ir a doble espacio.

- Maquiavelo (211) en su obra El Príncipe afirma lo siguiente:

Los hombres cuando tienen un bien de quien creían tener un mal, obligan más con su benefactor, deviene el pueblo es más benévolo con él que si con sus favores lo hubiese conducido al principio (p.23).

Es más fácil que el príncipe no oprime al pueblo y gobernar para ellos, porque:

Los hombres cuando tienen un bien de quien creían tener un mal, obligan más con su benefactor, deviene el pueblo es más benévolo con él que si con sus favores lo hubiese conducido al principio (Maquiavelo, 211, p.23).

-Citas indirectas o Paráfrasis:

Cuando hay una cita indirecta se utiliza el parafraseo. Esta cita va vinculada en el párrafo sin comillas. No es necesario señalar página o el párrafo de donde fue obtenida la idea.

-Según Huizinga (1952) son características propias de la nobleza las buenas costumbres y las maneras distinguidas, además las prácticas de justicia y la defensa de los territorios para la protección del pueblo.

Cita indirecta: Dos o más documentos

Cuando hay mas de dos documentos que desee citar que contengan la misma idea, deben separarse por punto y coma (;), así:

Los currículos en Ciencia de la información deben desarrollarse en base en..... (Meulemans & Browns, 2002; Pirela Morillo & Peña Vera 2005; The new Media Consortium, 2014).

Cita de Cita

Para citar una cita que encontró dentro de un texto, esta debe ir de la siguiente manera:

Autor citado (año) citado por **Autor** que cita (año, p.), texto.

Mendelson (1929) citado por **Pozio Municio** (2011, p.114), mencionan que verse a través de una perspectiva.....

Lista de Referencias vs Bibliografía

Según las normas APA, la lista de referencias contiene nada mas las referencias que han sido citadas dentro de un trabajo académico.

La bibliografía contiene material extra que fue consultado durante la elaboración del trabajo académico, pero que no han sido citados.

La lista de referencias se ordena alfabéticamente por el apellido de los autores de las referencias. Se utiliza la sangría francesa como sigue:

Barbosa-Cánovas, G.V.; Ortega-Rivas, E.; Juliano P.; Yan h. (2005). Food powders. Physical properties, processing, and functionality. New York. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Libro en físico:

Apellido, A., Apellido, B.& Apellido, C. (Año), Título del libro. Lugar: Editorial.

Fernandez-Molina, J. & García-Rujano, T. (2005). Vida útil de los alimentos. San Carlos: Horizonte. Cuando son mas de 6 autores solo se incluye la abreviación et al.

Libro con editor, compilador, coordinador, etc.:

Apellido, A., Apellido, A. & Apellido, A. (abreviatura). (Año). Título del libro. Lugar: Editorial.

Fernandez-Molina, J.J. & Molina-Mora, G.A. (2014).

(comps./edits.) Epistemática crítica del saber académico No 2. Serie estudios académicos. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela: UNELLEZ.

Libro con más de dos ediciones

Apellido, A., Apellido, A. & Apellido, A. (Año). Título del libro. Ed. Ciudad: Editorial.

Moore, W.J. Physical Chemistry. (1972). 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, INC.

Libro en línea

Apellido, A., Apellido, A. & Apellido, A. (Año). Título del libro. Recuperado de <https://w.w.w...>

Valencia D., E. & Ramírez C., M.T. (2009). La Industria de la leche y la contaminación del agua. Recuperado de <https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r136932.PDF>

Capítulo de un libro:

Apellido, A., Apellido, A. & Apellido, A. (Año). Título del capítulo. En Apellido, A. & Apellido, A., Título del libro (p.p.<p-p>), Lugar: Editorial.

Fernández-Molina, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G. & Clark, S. (2002). Inactivation by high-intensity pulsed electric fields. En Vijay K. Juneja & Jhon N. Sofos, Control of foodborne microorganisms (p.p.383-398), New York: Marcel Dekker, Inc.

Artículo de publicaciones periódicas:

Apellido, A., Apellido, A. & Apellido, A. (Año). Título del artículo. Título de la publicación. Nombre de la revista, volumen(número), [p.-p].

Fernández-Molina, J.J.; Barbosa-Cánovas, G.V. & Swanson, B. (2005). Skim milk processing by combined pulsed electric fields and thermal treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29(5,6), 291-306.

Publicaciones periódicas con DOI:

Apellido, A. A., Apellido, B. B. y Apellido, C. C. (Año). Título del artículo. Nombre de la revista, volumen(número), pp-pp. doi: xx

Rani, R., Kumar, M. H. S., & Sabikhi, L. (2016). Process optimisation for a ready-to-serve breakfast smoothie from a composite milk-sorghum base. *International Journal of Dairy Technology*, 69(3), 372-379. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12269>

Publicaciones periódicas online:

Apellido, A. A. (Año). Título del artículo. Nombre de la revista, volumen(número), pp-pp. Recuperado de <http://www...>

Prochnow, A., Drastig, K., Klaus, H. & Berg, W. (2012). Water use indicators at farm scale: methodology and case study. *Food and Energy Security* 2012; 1(1): 29-46. Recuperado de <file:///F:/Articulos%20de%20Internet2012/Water%20indicator%20at%20farms.pdf>

Artículo de periódico impreso:

Apellido A. A. (Fecha). Título del artículo. Nombre del periódico, pp-pp. O la versión sin autor: Título del artículo. (Fecha). Nombre del periódico, pp-pp.

Manish, B. & Heijden, K. (21 de enero de 2015). Erradicar la pobreza extrema en el 2030, una nueva meta mundial. *El Tiempo*, p. A16.

Artículo de periódico online:

Apellido, A. A. (Fecha). Título del artículo. Nombre del periódico. Recuperado de <http://www...>

López de Guereño, M. (19 de enero de 2015). Sema na crucial para el deshielo diplomático entre Cuba y EE. UU. *El tiempo*. Recuperado de <http://www...>

eltiempo.com/mundo/latinoamerica /reuniones-entre-cuba-y-ee-uu /15115015

Tesis de grado:

Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar.

Demostene, R. (2017). Patios productivos como modelo estratégico sustentable de seguridad alimentaria para las comunidades urbanas del municipio Ezequiel Zamora del estado Cojedes (Tesis de doctorado). Universidad Ezequiel Zamora, San Carlos, Venezuela.

Tesis de grado online:

Autor, A. y Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Recuperado de <http://www...>

Salinas-Agüero, P.A. (2017). Relación entre argumentos teóricos de la evaluación del aprendizaje y la gestión evaluadora del docente en el aula (Tesis de Doctorado, USMP) Recuperado de <http://www.usmp.edu.pe/iced/instituto/investigaciones/tesis.html>

Referencia a páginas webs:

Apellido, A. A. (Fecha). Título de la página. Lugar de publicación: Casa publicadora. Recuperado de <http://www...>

Ministerio de Educación de Colombia. (2014). En TIC confío. Recuperado de <http://www.enticconfio.gov.co/>

Fuentes en CDs:

Apellido, A. (Año de publicación). Título de la obra (edición) [CD-ROM]. Lugar de publicación: Casa publicadora.

Sinatra, F., (1969). My Way (CD audio). Londres: Warner Brothers Reino Unido.

Películas:

Apellido del productor, A. (productor) y Apellido del director, A. (director). (Año). Nombre de la película [cinta cinematográfica]. País: productora.

Kenworthy, D. (Productor) & Michell, R. (director). (1999). Nothing hill. [Película]. Estados Unidos: Universal Pictures.

Serie de televisión:

Apellido del productor, A. (productor). (Año). Nombre de la serie [serie de televisión]. Lugar: Productora.

Benioff, D. & Weiss, D.B. (Producers). Juego de tronos. (2019). [TV series]. Estados Unidos: HBO Channels.

Video:

Apellido del productor, A. (Productor). (Año). Nombre de la serie [Fuente]. Lugar.

New York Times. (Suzanne Hillinger). (June 7, 2019). The Mith of the Medallion [Video file]. New York city. Recovered from <https://www.nytimes.com/2019/06/07/the-weekly/nyc-taxi-medallion-suicides-the-weekly.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FNew%20>

Podcast:

Apellido, A. (Productor). (Fecha). Título del podcast [Audio podcast]. Recuperado de <http://www...>

Ledo, J. (18 de Enero de 2015) “Las Moscas” de Horacio Quiroga en Noviembre Nocturno [Audio en podcast]. Recuperado de http://www.ivoox.com/las-moscashoracio-quiroga-audiosmp3_rf_3967422_1.html

Foros en internet, lista de direcciones electrónicas y otras comunidades en línea:

Autor, (Día, Mes, Año) Título del mensaje [Descripción de la forma] Recuperado de <http://www...>

Fstdesk, (02 june, 2019). Wafer dough, wafer cream formulation? [do you have wafer dough and wafer cream formulation? How is the wafer made?]. Retrieved from <https://fstdesk.com/t/wafer-dough-wafer-cream-formulation/678>

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS AND COLLABORATORS OF THE JOURNAL SCIENCE AND TECHNOLOGY AGROLLANIA

The instruction for authors and collaborators are based on the American Psychological Association (APA)-Sixth Editions (2019) & The Citation Manual APA. (2019). Universidad Externado de Colombia. Retrieve from <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/07/Manual-de-citacion%CC%81n-APA-v7.pdf>

Authors must send original and two copies of their manuscripts in the Microsoft Word file to the Editor of the Magazine Professor Juan Fernández Molina, Advanced Postgraduate Studies Program, Main Avenue, Urb. Cantacalero, San Carlos, Cojedes State 2201, Venezuela.

e-mail: revistaagrollania@gmail.com.

Types of contributions: high quality original research works, bibliographic reviews, summaries of textbooks, summaries of master's and doctoral theses and technical notes.

Preparation of the Manuscript: The text must be written on a double-spaced computer using a Microsoft Word text processor, font type 12 points, Times New Roman, margins 2.5 cm on all four sides of the page, indentation marked with the keyboard tab to 5 spaces, text alignment to the left. The author (s) must be identified including, postal address, telephone numbers, Fax, e-mail. An electronic copy must be accompanied by the final version of the manuscript.

Title: It must be clear and precise so that it accurately denotes the objectives and contents of the work; it must be short preferably no greater than fourteen (14) words and be written in, Spanish and English languages.

Article Size: It is recommended that the article does not exceed 10 pages.

Summary: Each article must contain a summary

that does not exceed 300 words, including title, authors and mailing address. This should accurately include the purpose and content of the article and be written in the Spanish and English languages.

Text: The text of the manuscript should follow the following order: Title, Author (s), Affiliation, Summary, Keywords, Main text, Acknowledgments, Appendices, References, Figures, Tables. The summary should contain 3 to 5 key words that have the greatest possible relationship with the content of the manuscript.

Tables and Figures: According to APA standards, the tables and figures should be listed with Arabic numbers, following the order mentioned in the text (Table 1, Figure 1), this must be accompanied by a clear and precise title such as header of each table and figure. The use of suffixes such as 1a, 2a is not allowed. The Tables must be open. APA recommends a standard table format where lines are not used for rows, or cells, only for columns. The figures should be clear and indicate the titles of each axis (x, y) and original photographs with a minimum resolution of 300-600 DPI must be send in JPG or JPN files. The file in JPG or JPN must be less than 1000K. Both the tables and the figures are placed notes if they must explain data or abbreviations. If the material is taken from a protected source, credit must be given to the original author and the owner of the reproduction rights. It is also necessary to have written authorization from the owner of the rights to reproduce the material (APA, 2019).

Units: All units used in the manuscript must be expressed in the International System of Measurements (SI). The temperature must be expressed in degrees Celsius or Centigrade.

Citation: APA recommends an Author-Date citation system, favoring the signaling of the page number, for the textual citations and for the paraphrasing.

- **Textual or direct quotations:** According to APA, these are reproduced exactly the material, without

changes or additions. Author, year and page number must be indicated. If the source does not have pagination, then the paragraph number is written. If the quote has less than 40 words, it is placed as part of the body of the text, it is placed in quotation marks and at the end in parentheses the reference data is indicated.

- When analyzing the results and according to his opinion of Machado (2010): All the participants ...“(p.74).

- When analyzing the results, we find that: “All the participants ...” (Machado, 2010, p.74).

If the quote has more than 40 words, it must be written in a separate paragraph, without quotation marks aligned to the left with a margin of 2.54 cm or 5-tab spaces. All appointments must go to double space.

- Machiavelli (211) in his work The Prince states the following:

Men when they have a good of whom they believed to have an evil, force more with their benefactor, the people become more benevolent with him than if with his favors he had led him to the beginner (p.23).

- It is easier for the prince not to oppress the people and rule for them, because:

Men, when they have a good of whom they believed to have an evil, force more with their benefactor, the people become more benevolent with him than with his favors had led him to the beginner (Machiavelli, 211, p.23).

-**Indirect quotes or paraphrasing:** When there is an indirect appointment, paraphrasing is used. This quote is linked in the paragraph without quotes. It is not necessary to indicate the page or the paragraph from where the idea was obtained.

- According to Huizinga (1952) are characteristic of the nobility good manners and distinguished man

ners, in addition to the practices of justice and the defense of the territories for the protection of the people.

-**Indirect citation: Two or more documents:**

When there are more than two documents that you want to quote that contain the same idea, they should be separated by semicolons (;), like this:

Curriculums in Information Science should be developed based on (Meulemans & Browns, 2002, Pirela Morillo & Peña Vera 2005, The new Media Consortium, 2014).

Citation of Citation: To quote a citation you found within a text, it should go as follows:

Author cited (year) cited by Author citing (year, p.), Text.

Mendelson (1929) cited by Pozio Municio (2011, p.114), mentions that seeing through a perspective

List of References Vs Bibliography: According to the APA standards, the list of references contains nothing more than the references that have been cited within an academic work.

The bibliography contains extra material that was consulted during the elaboration of the academic work, but which have not been cited.

The list of references is ordered alphabetically by the surname of the authors of the references. The French sangria is used as follows:

Barbosa-Cánovas, G.V.; Ortega-Rivas, E.; Juliaño P.; Yan h. (2005). Food powders. Physical properties, processing, and functionality. New York Kluwer Academic / Plenum Publishers.

Book in physical:

Surname, A., Surname, B. & Surname, C. (Year), Title of the book. Place: Editorial.

Fernandez-Molina, J. & García-Rujano, T. (2005).

Lifespan of the food. San Carlos: Horizonte.
When there are more than 6 authors, only the abbreviation et al is included.

Book with editor, compiler, coordinator, etc.:

Surname, A., Surname, A. & Surname, A. (abbreviation). (Year). Title of the book. Place: Editorial.

Fernandez-Molina, J.J. & Molina-Mora, G.A. (2014). (comps./edits.) Epistemática crítica del saber académico No 2. Serie estudios académicos. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela: UNELLEZ.

Book with more than two editions:

Surname, A., Surname, A. & Surname, A. (Year). Title of the book. Ed. City: Editorial.

Moore, W.J. Physical Chemistry (1972). 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, INC.

Note: When there are more than 6 authors, only the abbreviation et al is included.

Online book:

Surname, A., Surname, A. & Surname, A. (Year). Title of the book. Retrieved from [https://w.w.w.ww ...](https://w.w.w.ww...)

Valencia D., E. & Ramírez C., M.T. (2009). The milk industry and water pollution. Retrieved from <https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r136932.PDF>

Chapter of a book

Surname, A., Surname, A. & Surname, A. (Year). Title of the chapter. In Surname, A. & Last Name, A., Book Title (p.p. <p-p>), Place: Editorial.

Fernández-Molina, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G. & Clark, S. (2002). Inactivation by high-intensity pulsed electric fields. In Vijay K. Juneja & Jhon N. Sofos, Control of foodborne microorganisms (p.p.383-398), New York: Marcel Dekker, Inc.

Periodicals article

Surname, A., Surname, A. & Surname, A. (Year). Article title. Title of the publication. Name of the journal, volume (number), [p.-p].

Fernández-Molina, J.J.; Barbosa-Cánovas, G.V. & Swanson, B. (2005). Skim milk processing by combined pulsed electric fields and thermal treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29 (5.6), 291-306.

Periodical publications with DOI:

Surname, A. A., Surname, B. B. and Surname, C. C. (Year). Article title. Name of the journal, volume (number), pp-pp. doi: xx

Pérez Cruz, E., Lizárraga Sánchez, D. C., & Rani, R., Kumar, M. H. S., & Sabikhi, L. (2016). Process optimisation for a ready-to-serve breakfast smoothie from a composite milk–sorghum base. *International Journal of Dairy Technology*, 69(3), 372–379. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12269>

Online periodical publications:

Surname, A. A. (Year). Article title. Name of the journal, volume (number), pp-pp. Retrieved from [http:// www ...](http://www...)

Prochnow, A., Drastig, K., Klauss, H. & Berg, W. (2012). Water use indicators at farm scale: methodology and case study. *Food and Energy Security* 2012; 1(1): 29–46. Retrieved from <file:///F:/Articulos%20de%20Internet2012/Water%20indicator%20at%20farms.pdf>

Printed newspaper article:

Surname A. A. (Date). Article title. Name of the newspaper, pp-pp. Or the version without author: Title of the article. (Date). Name of the newspaper, pp-pp.

Manish, B. & Heijden, K. (January 21, 2015). Eradicate extreme poverty in 2030, a new global goal. *The Time*, p. A16.

Thesis:

Author, A. (Year). Title of the thesis (Undergraduate, master's or doctoral thesis). Name of the institution, Place.

Demostene, R. (2017). Productive patios as sustainable strategic model of food security for the urban communities of the Ezequiel Zamora municipality of Cojedes state (PhD thesis). Ezequiel Zamora University, San Carlos, Venezuela.

Online degree thesis:

Author, A. and Author, A. (Year). Title of the thesis (Undergraduate, master's or doctoral thesis). Retrieved from [http:// www ...](http://www...)

Salinas-Agüero, P.A. (2017). Relationship between theoretical arguments of the evaluation of learning and teacher evaluation in the classroom (Doctoral thesis, USMP) Retrieve from <http://www.usmp.edu.pe/iced/instituto/investigaciones/tesis.html>

Reference to web pages:

Surname, A. A. (Date). Page title. Place of publication: Publishing house. Retrieved from [http:// www ...](http://www...)

Ministry of Education of Colombia. (2014). In ICT I trust. Recovered from <http://www.enticconfio.gov.co/>

Sources on CDs:

Surname, A. (Year of publication). Title of the work (edition) [CD-ROM]. Place of publication: Publishing house.

Sinatra, F., (1969). My Way (audio CD). London: Warner Brothers United Kingdom.

Films:

Surname of the producer, A. (producer) and Surname of the director, A. (director). (Year). Name of the film [cinematographic film]. Country: producer

Kenworthy, D. (Producer) & Michell, R. (Director).

(1999). Nothing hill. [Movie]. United States: Universal Pictures.

Television series:

Surname of the producer, A. (producer). (Year). Name of the series [television series]. Place: Producer.

Benioff, D.& Weiss, D.B. (Producers). Game of thrones. (2019). [TV series]. United States: HBO Channels.

Video:

Surname of the producer, A. (Producer). (Year). Name of the series [Source]. Place.

Podcast:

Surname, A. (Producer). (Date). Podcast title [Audio podcast]. Retrieved from [http:// www ...](http://www...)

Ledo, J. (January 18, 2015) "Las Moscas" by Horacio Quiroga in November Nocturno [Audio on podcast]. Recovered from http://www.ivoox.com/las-moscas-horacio-quiroga-audiosmp3_rf_3967422_1.html

Forums on the internet, list of electronic addresses and other online communities:

Author, (Day, Month, Year) Title of the message [Description of the form] Retrieved from [http:// www ...](http://www...)

Fstdesk, (June 2, 2019). Wafer dough, wafer cream formulation? [do you have wafer dough and wafer cream formulation? How is the wafer made?]. Retrieved from <https://fstdesk.com/t/wafer-dough-wafer-cream-formulation/678n=latestest&contentPlacement=5&pgtype=collection.html?rref=collection%2Ftimestopic%2FNew%20on=latest&contentPlacement=5&pgtype=collection>

Podcast:

Apellido, A. (Productor). (Fecha). Título del podcast [Audio podcast]. Recuperado de <http://www...>

Ledo, J. (18 de Enero de 2015) “Las Moscas” de Horacio Quiroga en Noviembre Nocturno [Audio en podcast]. Recuperado de http://www.ivoox.com/las-moscashoracio-quiroga-audiosmp3_rf_3967422_1.html

Foros en internet, lista de direcciones electrónicas y otras comunidades en línea:

Autor, (Día, Mes, Año) Título del mensaje [Descripción de la forma] Recuperado de <http://www...>

Fstdesk, (02 june, 2019). Wafer dough, wafer cream formulation? [do you have wafer dough and wafer cream formulation? How is the wafer made?]. Retrieved from <https://fstdesk.com/t/wafer-dough-wafer-cream-formulation/678>

ÍNDICE ACUMULADO

Volumen 18 (Edición Especial) (Septiembre-Diciembre, 2019)

TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

CONSERVACIÓN ARTESANAL DE CHILES JALAPEÑOS MEDIANTE PROCESOS SUSTENTABLES

Mara Lucía Mosqueda Falcón, Mateo Ortiz Hernández, Nicolás González Cortés, Érika Guadalupe Ceballos Falcón y Román Jiménez Vera

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PERFIL SENSORIAL DE CULTIVARES DE TOMATES COSECHADOS EN VENEZUELA

Torres, Alexia*, Cortez, Gabriela, Pérez, Suhey

MODELAMIENTO DE RESPUESTAS FARINOGRÁFICAS DE MASAS DE HARINAS COMPUESTAS YUCA-TRIGO ADICIONADAS DEL HIDROCOLOIDE XANTAN

Wílder Peña^{1*} & Nilza Quintero²

RENDIMIENTO DE LA PECTINA DE CASCARA DE CACAO (*Teobroma cacao* L.) COMO ESTABILIZANTE EN MERMELADA DE NARANJA

Marlyn Suárez & Rosa Marín

AMBIENTE Y DESARROLLO

SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL UNA REFLEXIÓN PARA LA CULTURA SUSTENTABLE

Rivict Velásquez

EL TURISMO SUSTENTABLE COMO ALTERNATIVA DE EMPRENDIMIENTO DESDE LA TEORÍA DEL INTERCAMBIO SOCIAL EN VENEZUELA

Yuleimi Peña

LÍNEAS ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

José Ramón Moncada Rojas

LA TECNOLOGÍA Y LOS SERVICIOS AMBIENTALES, UNELLEZ-VIPI:

UNA VISIÓN TRANSCOMPLEJA

Luis Rafael Reyes Escalona

INGENIERÍA AMBIENTAL

REDISEÑO DEL PUENTE SOBRE EL RIO CAJARITO, ENTRE EL AMPARO COJEDES- SANTA CRUZ PORTUGUESA

Carlos Gutiérrez¹, Julio González², Elio Velasquez³

Volumen 18
(Enero-Diciembre, 2019)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

CARACTERIZACIÓN DE CUBOS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) OSMODESHIDRATADOS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

Quintero Andreina, Sanabria Neida, Pérez Liz

MANUFACTURA ESBELTA EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LICORES DE AGAVE COCUI Y AGAVE SISALANA.

Diego Alberto Borzellino Sánchez y Edwin Gabriel Estrada Sánchez

AGROINDUSTRIA

APLICACIÓN EMPÍRICA DEL *YIELD MANAGEMENT* EN LAS HOSTERÍAS DE PRIMERA CATEGORÍA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

Misse Mora, Arelis C., Molina Quinteros, Cristian R.

PROYECTO DE EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LECHE VACUNA.

Yalexí Laya

TRANSFERENCIA DE CAPACIDADES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE.

Blanca María Barrios Aguilar y Araira del Pilar Marín Villegas

AMBIENTE Y DESARROLLO

ENSEÑANZA DE LA FOTOSÍNTESIS Y SUS IMPLICACIONES ONTOLÓGICAS EN LA CULTURA AMBIENTAL.

Evelyn Velásquez Quintero

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN VIVIENDAS EN SAN CARLOS, COJEDES, VENEZUELA.

Ernesto Hernández Gil y Nahir Carballo

ECOTURISMO FACTOR QUE IMPULSA EL DESARROLLO DEL ECUADOR.

Carlos G. Albán Yáñez; Magda Cejas; Yanet Marisol Ortega Freire & Darwin Albán Yanes

AGRICULTURA SUSTENTABLE: EL SENDERO HACIA EL FUTURO DE LA HUMANIDAD.

Biosely Z. Martínez E.

ONTOLOGÍA DE CALIDAD DEL AIRE EN AMBIENTES CERRADOS EN PERSPECTIVA DE VERSIONANTES CASO UNELLEZ-VIPI.

Miguel Torrealba; Evelyn Velásquez; Alfredo Pacheco

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN LOS LICEOS L.N.B. SAN CARLOS, L.N.B. CREACIÓN Y U.E.T.A. LUIS TOVAR EN SAN CARLOS, EDO. COJEDES.

Inírida Loreto & Samar Rivas

**Volumen 16 - Edición Especial
(Septiembre-Diciembre, 2018)**

SABERES CAMPESINOS PARA EL DESARROLLO AGROECOLÓGICO SOSTENIBLE DESDE LA COSMOVISIÓN DE LOS ACTORES SOCIALES.

Julio Cesar Camejo Ruiz

LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN COMUNIDADES DE APRENDIZAJE. UNA EXPERIENCIA DESDE LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA.

Yarith C. Navarro E. y Carmen Cecilia Pineda

EL MANEJO DE DESASTRES. UNA VISIÓN DE LO GLOBAL A LO LOCAL.

Peña, Yuleimi; Loreto, Inirida

DEL ANTROPOCENTRISMO AL BIOCENRISMO: UN RECORRIDO HACIA LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.

Evelyn Ereú de Mantilla

GERENCIA AMBIENTAL: EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVA.

Antonio Romero y Pedro Flores

REOPERACIONALIZACIÓN DEL CONSTRUCTO CALIDAD DE VIDA DE EGRESADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE APRENDIZAJE INCES COJEDES – VENEZUELA.

Mariela Raymundo, Edgar Jaimes

LAS BONDADES PARA LA SALUD DE LA LECHE DE CABRA Y SU POTENCIAL PARA PRODUCIR ALIMENTOS FUNCIONALES.

Maryuri Tibisay Núñez de González, Ph.D.

MODELO DE SUSTENTABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN HORTICOLA EN LOS PATIOS PRODUCTIVOS URBANOS DEL MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA DEL ESTADO COJEDES.

Demostene Rosario Leonardo Taylhardat A.

FERMENTACIÓN ARTESANAL DE MIEL DE ABEJAS CON MICROORGANISMOS NATIVOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS*).

Leticia Góngora-Ovando, Ana Laura Luna-Jiménez, Nicolás González-Cortés y Román Jiménez-Vera

AVICULTURA SUSTENTABLE: FOMENTANDO LA CADENA DE VALOR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Ana Laura Luna-Jiménez, Nicolás González-Cortés y Román Jiménez-Vera

Volumen 15

(Enero-Diciembre-2018)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES SENSORIALES DEL LICOR DE CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) OBTENIDO EN FORMA ARTESANAL E INDUSTRIAL.

R. Álvarez, E. Portillo, R. Villasmil

CONTRIBUCIÓN DE LA CHIGA (Campsiandra comosa) EN LA FORMULACIÓN DE UNA BARRA NUTRICIONAL.

Víctor Villamizar, Gabriel Cravo, Llelysmar Crespo, Álvaro López

AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORGES CON RECURSOS ENDÓGENOS DEL ESTADO COJEDES.

Francisco Rivas, Wilmer Salazar

COMPOSICIÓN PROXIMAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SALCHICHÓN TIPO NÁPOLES PRODUCIDO EN VENEZUELA.

Patricia Millán, Máryuri Núñez de González, Carlos Aguilar, José Palazón-Fernández, Martín Núñez

AMBIENTE Y DESARROLLO

IMPACTO SOBRE EL PROCESO DE RETRACCIÓN DEL CONCRETO, USANDO PERICARPIO DE MAÍZ COMO AGREGADO.

Luis Gómez Moreno

LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN: HERRAMIENTA PARA LA TRANSFORMACIÓN EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL SUSTENTABLE.

Yeskively Méndez, Gustavo Jaime

Ensayo

CRISIS AMBIENTAL Y SABERES CAMPESINOS. UN ENCUENTRO ENTRE LA OTREDAD Y DIÁLOGO DE SABERES.

Julio Camejo Ruiz

EL SISTEMA AMBIENTAL MEDIÁTICO Y SU VÍNCULO CON LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL.

Claudia Rodríguez, José Barreto

EL AGROTURISMO: EJE DINAMIZADOR EN EL DESARROLLO DE ECUADOR PDF

Magda Cejas, Carlos Albán Yáñez

Volumen 14

(Enero-Diciembre-2017)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA GRASA DE SEMILLA DE MANGO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO.

William Zambrano-Herrera, José Antonio Martínez, Juan Fernández Molina

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PARED CELULAR DE LA PULPA DE MANGO BOCADO

Mauricio Balza, Elba Garrido, Mariano García, José Martínez, Alberto García

ACEPTACIÓN DE UN JUGO DE MORA ENDULZADO CON ESTEVIA EN CONTRASTE CON OTROS EDULCORANTES.

César González Torrivilla, Alicia Hernández Peñaralta, Elba Cubero Castillo

EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICAS DE UN EMBUTIDO DE POLLO CON ADICIÓN DE FIBRA.

Lisette Hidalgo, Tonny García

AGROINDUSTRIA

DETERMINACION DEL PAGO DE LA CAÑA DE AZUCAR AL CAÑICULTOR EN VENEZUELA.

Héctor José Petit Salazar

ALTERNATIVA ECOLÓGICA EN LA OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA DULCE.

Ruth Álvarez, Celia Rondón, Fernanda Gutiérrez, Carlos Aguilar, Iliannys Suárez, Freddy Hernández

MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS

NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN 18 CLONES DE YUCA, FUNDACIÓN LA SALLE CAMPUS COJEDES.

Andrés Silva, Yiny Mujica, Yadira Flores

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS EN ALIMENTOS PDF.

Neida Sanabria, Yudrany Martínez, Alexandra López

AMBIENTE Y DESARROLLO

APROXIMACIÓN TEÓRICA DE CULTURA AMBIENTAL UNIVERSITARIA PDF.

Olga Ochoa Henríquez, Carelia Hidalgo López

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA COLECCIÓN DE PALMAS: ECOPARQUE UNIVERSIDAD DE CARABOBO.

Arnaldo Briceño, Samuel Hilevski, Roxy Pérez, María A. Flores, Esmeya Díaz

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RIO TINACO, MUNICIPIO TINACO DEL ESTADO COJEDES.

Inmaculada Pérez, Luis Rumbo

CONSTRUCTO PARA EVALUAR CALIDAD DE VIDA EN LOS EGRESADOS DEL PNA – INCES, COJEDES, VENEZUELA.

Mariela Raymundo, Edgar Jaimes

ANÁLISIS DEL DETERIORO AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO TINAQUILLO, ESTADO COJEDES, VENEZUELA

Marlenis Aguilar, Edgar Jaimes, Neida Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés, Idánea Pineda

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-NATURAL, BIOLÓGICA Y SOCIO CULTURAL DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO TÍRGUA.

Yarith Navarro, Pedro Flores

PERCEPCIÓN DE LA GESTIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DEL ESTADO COJEDES A NIVEL DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA ESTADAL.

Iraida Vivas, Monika Stenstrom, Víctor V. Vivas, Leonardo Méndez

PATRONES FENOLÓGICOS DE CINCO TIPOS DE COBERTURA EN BOSQUE SECO TROPICAL, SUR-COJEDES, VENEZUELA.

Jorge Luis Millano-Tudare, Franklin Javier Paredes-Trejo, Edgar Jaimes, Neida Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés, Idánea Pineda

ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN SAN CARLOS-COJEDES EMPLEANDO SENSORES REMOTOS.

Ernesto Hernández Gil

PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR LOS ACTORES CLAVES LOCALES DEL MUNICIPIO MANUEL BRUZUAL, ESTADO ANZOÁTEGUI.

Antonio Romero, Marielvi Jiménez, Adriana Márquez

DEGRADACIÓN AMBIENTAL DEL HUMEDAL DEBIDO AL PROCESO DE URBANIZACIÓN, SECTOR JARDÍN BOTÁNICO, SAN CARLOS, ESTADO COJEDES.

María Elena Goyo de Moreno

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DE LA UNEXPO.

Ariana Cañizales, Diana Posada, Zita Pereira, Asdrei Gutiérrez, Ivana Rojas

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE BISCUCUY MUNICIPIO SUCRE ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA.

Daniela Canelón, Santos Niño

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO (SPDP) DEL MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS DEL ESTADO COJEDES. -

Augusto Olarte, Carlos Manzo

DISEÑO DE UNA ESCOLLERA PARA LA PROTECCIÓN DEL ESTRIBO DERECHO DEL PUENTE LOS COLORADOS, MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA, ESTADO COJEDES.

R. Rincón, F. Paredes, L. Rumbo

Volumen 13 (Enero-Diciembre-2016)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE COMBINACIONES ÓPTIMAS DE INULINA, OLIGOFRUCTOSA Y MIEL PARA EL CRECIMIENTO DE BB-12 (BIFIDOBACTERIUM.) EN UNA GELATINA COMERCIAL.

Karina Ulacio y Tonny Garcia, Zayby Pabón.

EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE JUGO DE PARCHITA (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) CLARIFICADA POR MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL.

Ángel Liberto y Juan Fernández-Molina, Luis Chaparro

PREFERENCIA Y PERFIL RAPIDO DE PAN TIPO “FRANCES” PROCEDENTE DE TRES PANADERIAS.

Gilber Saavedra, Nilza Quintero Piña y Wilmer Peña Rosales.

ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO EXTRUIDO A BASE DE SEMILLA DE SAMÁN (*Pythecelobium saman*) PARA ALIMENTACIÓN DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN FASE DE ENGORDE.

Yelitza Lara.

AGROINDUSTRIA

CONTROL ADAPTATIVO LINEALIZANTE DE LA CONCENTRACIÓN DE ETANOL PARA UN CULTIVO SEMICONTÍNUO DE LEVADURAS.

Luz Suárez, Antioquía Galicia, y Carlos Lameda.

ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS METODOS DE EXTRACCIÓN DEL LICOPENO A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DEL TOMATE

Jordy Gámez-Villazana, Rómulo Noguera, Carlos Vertucci, Tania Sandoval.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Saccharomyces boulardii* UTILIZANDO COMO SUSTRATO INULINA EXTRAÍDA A PARTIR DE LA CEBOLLA (*Allium cepa*)

José Pérez, Rafael Ramírez, Gabriel Cravo, Llelysmar Crespo.

APLICACIÓN DE LOS COEFICIENTES CORRELACIÓN DE KENDALL Y SPEARMAN

Pedro Morales y Luis Rodríguez.

MICROBIOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN LA SEDE DE POSTGRADO DE LA UNELLEZ SAN CARLOS.

Javier Ruiz y Miguel Torrealba.

UNA VISIÓN SOCIO EDUCATIVA EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Jhonny Ali Palmero Rodríguez.

AMBIENTE Y DESARROLLO

ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL REQUERIDO EN LA MODELIZACIÓN CON INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA

Nahir Carballo, Edgar Jaimes, Neida Pineda, José G. Mendoza, Yolimar Garcés e Hilda Rodríguez.

EL APROVECHAMIENTO DE BOSQUES PLANTADOS: SU VISIÓN AGROECOLÓGICA DESDE EL SISTEMA SILVOPASTORIL.

Carmen Morante, Jesús Aranguren y José Yhovani Bastidas

UNA VISIÓN CRÍTICA A LA GESTIÓN AMBIENTAL PÚBLICA EN ESTADOS LLANEROS DE VENEZUELA.

Carelia Hidalgo López.

TÉCNICAS SOCIOPRODUCTIVAS AGROECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA COMUNIDAD PERIURBANA LOS MALABARES DEL MUNICIPIO ARAURE DEL ESTADO PORTUGUESA.

Demostene Rosario, Ronal Gallegos G., Leonardo Taylhardat A.

**Volumen 12
(Enero-Diciembre 2015)**

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y MICROBIOLÓGICA DE UN YOGURT CON ADICIÓN DE LACTOSUERO EN POLVO Y SABORIZANTE DE NARANJA.

Lisbeth M. Franco Delgado y Patricia C. Rojas Medina

FORMULACIÓN DE UN JUGO DE FRUTAS MIXTAS PASTEURIZADO EMPLEANDO DISEÑO SUPERFICIE DE RESPUESTA DE MEZCLA.

Ismil Soledad Escobar¹ y María Virginia Mujica

CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE PULPA DE NARANJA (*Citrus sinensis* L. var *Valencia*).

J. Hernández; L Woyzechowsky; A. Aldana; Neida Sanabria.

MICROBIOLOGÍA

ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UN LAMINADO DE MANGO “BOCADO” POR LA ADICIÓN DE ACIDOS ORGÁNICOS EN FUNCIÓN DE LA DISMINUCIÓN DEL RECuento DE BIFIDOBACTERIUM SPP*.

Mauricio Balza y José, A. Martínez.

EFFECTO DE OIKOBAC, MICROORGANISMOS EFICACES (EM) Y *TRICHODERMA* SOBRE LA INCIDENCIA DE PATÓGENOS Y EL RENDIMIENTO DEL PIMENTÓN EN INVERNADEROS.

Yadira Flores, Luis Sosa y Carlos Coronel.

AGROINDUSTRIA

EL ENTORNO EMPRESARIAL DEL SUBSECTOR DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN VENEZUELA (2001-2010).

Andrew Torres, Francisca Vilorio y José O. Flores.....

DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN EFLUENTES SIMULADOS POR ACCIÓN DE LA ENZIMA LACASA OBTENIDA A PARTIR DEL HONGO *Pleurotus Ostreatus*.

José Melendez, Soraya Castillo, Yennyfer Peña.

INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

DOSIS ÓPTIMA EN MEZCLAS DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLÍMEROS NATURALES PARA LA CLARIFICACIÓN DEL RÍO TUY, ESTADO MIRANDA.

José F. Hernández G; Ysabel C. Urbina M; Marlenis Aguilar; Miguel García y José Landaeta.

GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA MITIGACIÓN Y/O ADAPTACIÓN ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO COJEDES.

Iraida Vivas, Jorge Millano y Ernesto Hernández

CARACTERÍSTICAS ESPACIALES Y TEMPORALES DE LAS SEQUÍAS EN EL ESTADO COJEDES DURANTE EL PERÍODO 1950-2005.

Ivis Quiroz y Franklin Paredes.

USO DE PRECURSORES CATALÍTICOS NiMo/ÓXIDOS MIXTOS Zn-Al PARA SER EMPLEADOS EN REACCIONES DE HIDROTRATAMIENTO

Ruth Alvarez y Carlos Linares. .

MODELO PARA VALORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LOS ESTUDIANTES EGRESADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE APRENDIZAJE DEL INCES, ESTADO COJEDES.

Mariela Raymundo y Edgar Jaimes.

PATIOS PRODUCTIVOS MODELO SUSTENTABLE DE SEGURIDAD AGROALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES URBANAS Y SUBURBANAS DEL MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA DEL ESTADO COJEDES.

Demostene Rosario y Leonardo Taylhardat A.

ESTIMACIÓN DE EMISIÓN DE METANO POR LA GANADERÍA BOVINA EN VENEZUELA, PERIODO 1997-2007.

Jorge López Márquez, Rigoberto Andressen y Duilio Nieves.

Volumen 11 Enero-Diciembre 2014)

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE CALIDAD DEL CAFÉ VERDE Y MOLIDO.

Silvia Gareca Oblitas; Brizuela Laurimar; Montilla Gloria; Bianco Hugo; López Aracelis.

EFFECTO DEL PROCESO DE MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL JUGO DE MANGO CLARIFICADO.

Tonny García Rujano, Alexia Torres, Ismil Escobar y Reina Betancourt

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA PULPA DEL BAGRE VALENCIANO (*Hypophthalmus marginatus*).

Jordy Gámez-Villazana, Marinela Barrero, Tania Sandoval.

AGROINDUSTRIA

PERMEABILIDAD CUTICULAR DE FRUTOS DE LECHOSA (*Carica papaya* L.)

Deysi Petit-Jiménez, Aracelis Giménez, Belinda Rojas, Yanira Terán, Rosa Salinas y Reginaldo Báez-Sañudo.

EFFECTO DE LA UBICACIÓN Y ÉPOCA DE COSECHA EN EL CONTROL DE FERMENTACIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.).

Mary Lisbeth Alvarado, Elvis Portillo, Renaud Boulanger, Philippe Bastide, Isabel Macia.

INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ANÁLISIS RELACIONAL DE LA NORMA ISO 50001 (2007): SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA.

Rubén Acevedo, Gabriel Cravo, Lleylsmar Crespo, Diego Sánchez, Carmen Vásquez.

CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN LOS LLANOS CENTRO OCCIDENTALES DE VENEZUELA. UNA PERSPECTIVA ECOLÓGICA.

Carmen Morante y Jesús Aranguren

DIAGNÓSTICO SOCIO COMUNITARIO DEL SECTOR LA PALMA MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA ESTADO COJEDES.

Yarith Coromoto Navarro, Pedro José Flores y Yarlyny Guerra
HOMOGENEIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE TRES SERIES DE SUELO LOCALIZADAS EN LA
ALTIPLANICIE DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA.

Miguel Larreal, Edgar Jaimes y Neida Pineda
ESTRATEGIAS DE GESTION AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA EN
VENEZUELA.

Luis Palacios y Nahir Carballo
CALIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR “LOS MOTORES-PASO VIBORAL”, CUENCA MEDIA
DEL RIO TIRGUA, SAN CARLOS, ESTADO COJEDES.

Olivia Suárez de Rojas¹ y Víctor Mora Arellano.
POTENCIAL DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VALENCIA,
VENEZUELA.

Adalgiza Pombo, Oscar Ramirez, Michael Schmitz, Zulay Niño
DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN EL INTERFLUVIO
DEL BOCONO MASPARRO

Asdrúbal Farías, Rafael España y María Moreno.
ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN
VENEZUELA.

Ricardo García y Olga Ochoa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PAGINAS PRELIMINARES

ARTICULOS

AISLAMIENTO DE ASPERGILLUS NIGER CON ACTIVIDAD LIGNOCELULOLÍTICA A PARTIR DE BRACHIARIA SPP

Nirza C. Noguera-Machado, Viviana V. Sánchez G., José M. Soto O., Luis E. Ojeda, Carlos L. Rodríguez-Leo

AVANCES EN LA DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN ALIMENTOS

Jordy Gámez-Villazana

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y DEGRADACIÓN CINÉTICA DE ANTOCIANINAS EN EXTRACTOS DE *Hibiscus sabdariffa* L.

Jeanmar Villarroel, Neida S. Sanabria, Liz Pérez

EFFECTO DE LA NATAMICINA EN LA CONSERVACIÓN DE COLOR Y TEXTURA DE CUBOS DE MANGO OSMODESHIDRATADOS VARIEDAD HADEN

Freddy Alejandro González Feijoó, Neida S. Sanabria, Liz Pérez

GÉNERO *Corymbia* COMO ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE PULPA PARA PAPEL Y OTROS USOS

Joao Leite De Souza, Carmen Morante

EFFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FINALES DE ELEMENTOS DE CONCRETO USANDO CONCHA DE MANIHOT ESCULENTA

Luis Gómez, Jose Aparicio, Francisco Rivas

SINCRONIZADA TEMPORAL ENTRE EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN NDVI Y LA PRECIPITACIÓN EN UNA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus* spp.

Zorilla Eleazar Vásquez, Franklin Paredes-Trejo

AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA: IDEAS PARA EL DEBATE EN CAMINO A LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Carelia Hidalgo López, Leonel Sorondo

ENSAYOS

DINÁMICA DE LÍQUIDOS TIXOTRÓPICOS Y DEPENDIENTES DEL TIEMPO (Thixotropic and time dependent fluid dynamics)

Wílmer Peña

DIAGNÓSTICO SOCIOPRODUCTIVO-AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA QUEBRADA VALLE HONDO, MUNICIPIO EZEQUIEL ZAMORA, COJEDES

Yuleimi Peña, Inidira Loreto, Geila Gonzalez, Yadira Flores

NOTAS CIENTÍFICAS

REOMETRÍA

Nilza Quintero

REOLOGÍA DE POLÍMEROS

William Zambrano-Herrera

NORMAS PARA LOS CONTRIBUYENTES

INDICE ACUMULADO