

Vol. 3 No. 1 - Enero - Diciembre 2017 • ISSN: 2619-1806 (En Línea)

Cuadernos de **Semilleros de Investigación**



UNIAGRARIA
LA U VERDE DE COLOMBIA

Cuadernos de

Semilleros de Investigación



UNIAGRARIA

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

LA **U VERDE** DE COLOMBIA

REVISTA CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN

Vol. 3 No. 1

Enero - diciembre 2017

Vicerrectoría de Investigación

Fundación Universitaria Agraria de Colombia - UNIAGRARIA

ISSN: 2619-1806 (En Línea)

Director

Dr. Álvaro Mauricio Zúñiga Morales

Vicerrector de Investigación

Editor

MSc Nora Milena Roncancio Parra

Coordinadora de Investigación Formativa y
Gestión del Conocimiento

Rector

Dr. Luis Fernando Rodríguez Naranjo

Vicerrector de Formación

Dr. Jorge Arturo Torres Escobar

Vicerrectora de Extensión

Dra. Claudia Patricia Toro Ramírez

Vicerrector administrativo y Financiero

Dr. Fabio Arturo Fajardo García

Secretario General

Dr. Jhon Jairo Guarín Rivera

Consejo Superior

Dr. Álvaro Zúñiga García

Presidente

Dra. Teresa Arévalo Ramírez

Consejera

Dra. Teresa Escobar de Torres

Consejera

Dr. Jorge Orlando Gaitán Arciniegas

Consejero

Dr. Héctor Jairo Guarín Avellaneda

Consejero

Dr. Emiro Martínez Jiménez

Consejero

Dr. Álvaro Ramírez Rubiano

Consejero

Comité Editorial

Dra. Raquel Conto López

Dr. Juan Carlos Ruiz Urquijo

Dr. Jorge Eduardo Atuesta Bustos

Dr. Deivis Suárez Rivero

Dr. Alberto Bernal Duplat

Diseñadora

Gladys Carolina Chavez Caballero

Corrección de estilo

Daniela Ramírez Correa

ISSN: 2619-1806 (En Línea)

2018 Fundación Universitaria

Agraria de Colombia -UNIAGRARIA

Bogotá D.C - Colombia

Concepto Gráfico, Composición e Impresión

Entrelibros E-book Solutions

www.entrelibros.co



Cuadernos de Semilleros de Investigación by Universidad Agraria de Colombia – Uniagraria is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercialCompartirIgual 3.0 Unported License.

La publicación 'Cuadernos de Semilleros de Investigación' es producto de la Universidad Agraria de Colombia -Uniagraria-bajo el ISSN: 2619-1806, en idioma español. Es un producto editorial protegido por el Copyright © y cuenta con una política de acceso abierto para su consulta, sus condiciones de uso y distribución están definidas por el licenciamiento *Creative Commons* (CC).

ÍNDICE

Editorial	7
Semilleros: una estrategia para la formación en investigación	
<i>Nora Milena Roncancio Parra</i>	
<i>Directora Departamento de Investigación Formativa</i>	
<i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	
EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE NARANJA (CITRUS SINENSIS L.) SOBRE EL COLESTEROL	11
<i>ORANGE PEEL (CITRUS SINENSIS L.) ANTIOXIDANT EFFECT ON CHOLESTEROL</i>	
<i>Maira Alejandra, Valencia, F. / Gloria Helena, González, B.</i>	
<i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	
BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO	19
<i>IRON BIOAVAILABILITY</i>	
<i>Brayan Castellanos C. / Leidy Varón B. / Gloria González B.</i>	
<i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	
EVALUACIÓN DE UN DESINFECTANTE CLORADO A PARTIR DE BIO-INDICADORES MICROBIOLÓGICOS	33
<i>EVALUATION OF A CHLORINATED DISINFECTANT FROM BIO-MICROBIOLOGICAL INDICATORS</i>	
<i>Luz Anggie Velásquez G.¹</i>	
<i>Fundación Universidad de América</i>	
ANÁLISIS DE PUNTO DE NUBE DE LA MEZCLA BIODIÉSEL DE PALMA (ELAEIS GUINEENSIS) CON ADITIVOS DE ORIGEN SINTÉTICO (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) Y NATURAL (BIODIÉSEL DE JATROFA CURCAS L B100)	39
<i>CLOUD POINT ANALYSIS OF THE PALM BIODIÉSEL BLEND (ELAEIS GUINEENSIS) WITH ADDITIVES OF SYNTHETIC ORIGIN (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) AND NATURAL (BIODIÉSEL FROM JATROPHA CURCAS L B100)</i>	
<i>Catherine Camargo / Luis Gómez / Mauricio Sierra</i>	
<i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE COMPUESTO A BASE DE CEMENTO REFORZADO CON FIBRAS VEGETALES <i>MECHANICAL BEHAVIOR OF COMPOSITE BASED ON CEMENT REINFORCED WITH OF VEGETABLES FIBER</i> <i>Juan Pablo Villate Díaz / John Jairo Bautista Rocha</i> <i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	47
DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA <i>DESIGN OF AN ADMINISTRATIVE MANAGEMENT TOOL</i> <i>Claudia Magally Rozo P. / Tania Ximena Rincón B.</i> <i>Fundación Universitaria Agraria de Colombia</i>	53
Guía para los autores	59

EDITORIAL

Semilleros: una estrategia para la formación en investigación

Las instituciones de educación superior están llamadas a incentivar la cultura de la investigación, coincidiendo con el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) (2006) al plantear que:

“El programa debe promover la capacidad de indagación y búsqueda de información y la formación de un espíritu investigativo que favorezca en el estudiante una aproximación crítica y permanente al estado del arte en el área de conocimiento del programa y a potenciar un pensamiento autónomo que le permita la formulación de problemas y de alternativas de solución”.

Por lo tanto, aunque la institución universitaria no se declare como universidad investigativa, debe ocuparse del estímulo para la generación de nuevo conocimiento, al ser esa una de las funciones fundamentales. Según Giraldo (2010) y Parra (en Aldana, 2011), si en la universidad no se realiza investigación, difícilmente otras instancias de la sociedad podrían cumplir con la función de formar investigadores, porque es en la práctica donde realmente se forman los investigadores. Además, la universidad es un lugar propicio para la construcción del saber superior.

En este contexto, hablar de investigación formativa se ha vuelto recurrente en la última década al considerar la imperiosa necesidad de fortalecer la cultura de la investigación en el país y al proponer diferentes estrategias que permitan acercar a los estudiantes al lenguaje de la ciencia y la investigación. Así se comienza a gestar la estrategia “Semilleros de Investigación”, iniciativa gestada por estudiantes y para estudiantes donde confluyen intereses mediados por una única razón: comprender el entorno a través de la pregunta y la búsqueda de respuestas a ella, a través de la investigación como herramienta útil y cercana; cercana, si consideramos los mitos creados entorno a ella, que durante siglos la hicieron lejana para los distintos actores sociales.

Así, los semilleros, con más de dos décadas de funcionamiento, se han incorporado en el lenguaje de la formación para la investigación y son, sin duda, una apuesta innovadora desde el punto de vista pedagógico y más que constructivista, ya que son una iniciativa de los

estudiantes acompañada, por supuesto, por docentes, donde, sin duda, es el educando el que propone, ejecuta y desarrolla.

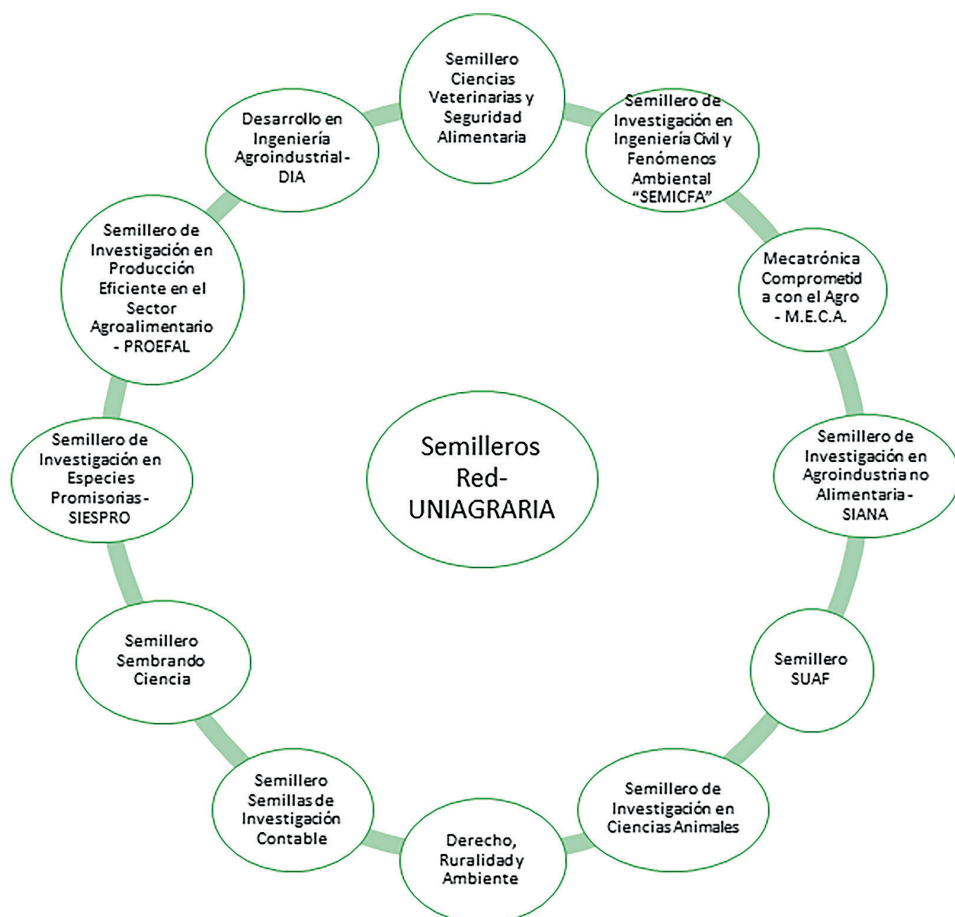
Los semilleros son una fuente de iniciativas imparable que permite que las IES acerquen a los estudiantes a comprender las maravillas del conocimiento, a partir del fortalecimiento competencias investigativas que, no solo se aplican a la formulación y desarrollo de proyectos, sino también a la vida.

“Cuadernos de Semilleros” es un reflejo de esas múltiples iniciativas para acercar a los estudiantes de pregrado al lenguaje de la investigación, ya que a través de la divulgación de artículos ellos presentan los avances y resultados de las experiencias de investigación que han construido con el acompañamiento de sus docentes, siempre orientadores del proceso. En este volumen se incorporan 6 artículos que presentan los resultados de proyectos que fueron socializados en el marco del VI Encuentro Interno de Semilleros realizado por UNIAGRARIA, donde obtuvieron una evaluación muy superior y fueron acreditados para ser publicados en este prestigioso texto académico.

UNIAGRARIA le apuesta a los Semilleros de Investigación desde el año 2010. Actualmente cuentan con 12 grupos y con la participación de 223 estudiantes quienes, con el acompañamiento de los docentes, han logrado generar proyectos de alto impacto para las comunidades donde se identifican las problemáticas trabajadas.

En el 2017, los Semilleros Uniagrarristas participaron con 70 ponencias en diferentes eventos que se organizan por parte de las instituciones que participan en la Red Colombiana de Semilleros de Investigación (RedCOLSI), que permite el trabajo en red con otras instituciones en pro de la divulgación y fortalecimiento de la Investigación formativa.

Bajo este contexto, la experiencia de Semilleros de Investigación cobra verdadera importancia al ser un escenario académico que permite el acercamiento a la práctica investigativa desde el hacer, contribuyendo al relevo generacional de investigadores que se requiere para elevar los índices de investigadores que según Colciencias aumentó de 8.200 a 10.000 para el año 2016, pero que requiere estrategias que permita alcanzar los estándares internacionales.



Gráfica 1. Semilleros Red-UNIAGRARIA

Fuente: Archivo Vicerrectoría de Investigación

Nora Milena Roncancio Parra
Directora Departamento de Investigación Formativa
Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE NARANJA (CITRUS SINENSIS L.) SOBRE EL COLESTEROL

ORANGE PEEL (CITRUS SINENSIS L.) ANTIOXIDANT EFFECT ON CHOLESTEROL

Maira Alejandra, Valencia, F.¹

Gloria Helena, González, B.²

RESUMEN

La presente investigación muestra la evaluación del efecto antioxidante de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.), adecuada de maneras distintas (jarabe y confitada), sobre el colesterol de una materia prima seleccionada, bajo condiciones de temperatura constantes (37 °C.). El proyecto se está llevado a cabo en cuatro fases: caracterización de las materias primas, adecuación de las cáscaras, elaboración de los rellenos (muestras) y preparación y caracterización de los bombones. Se han ejecutado tres de las fases. A través del método Folin-Ciocalteu, se realizó la cuantificación de antioxidantes a los dos tipos de adecuaciones (jarabe y confitada). El análisis de datos está en proceso. Se elaboraron bombones de chocolate semi-amargo (65 % cacao), con la cáscara de naranja adecuada como relleno según ambas formas, y se realizó la prueba sensorial de ambos bombones a 100 consumidores para verificar aceptación; se obtuvieron resultados favorables para el producto.

Palabras claves: estrés oxidativo, cacao, cardiopatía.

ABSTRACT

This research shows the evaluation of orange peel (*Citrus sinensis* L.) antioxidant effect, prepared on different ways (syrup and crystallized), on cholesterol, from a selected raw material, under conditions of steady temperature (37 °C). The project is being carried out in four phases: characterization of raw materials, adjustment of orange peels, elaboration of fillings (samples) and preparation and characterization of bonbons; from these phases, three of them have already been conducted. By using the Folin-Ciocalteu method, a quantification of antioxidants to both preparations (syrup and crystallized) was made. Data analysis is currently in process. On the other hand, bittersweet chocolate bonbons (65% of cacao) were made with a fill of orange peel adjusted in both ways, and a sensorial test was made to 100 consumers to verify acceptance, obtaining thus positive results for the product.

Keywords: extraction, functional groups, ginger, yogurt.

¹ Ingeniería de alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá D.C., Estudiante Bogotá D.C., Colombia, valencia.maira@uniagraria.edu.co

² Ingeniera Química, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá D.C., Docente, Bogotá D.C., Colombia, gonzalez.gloria@uniagraria.edu.co

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los hábitos alimenticios han cambiado de manera drástica. La necesidad de comer en poco tiempo ha llevado al consumo de comidas rápidas con alto contenido de sustancias que, con el tiempo, ocasionan padecimientos que llegan a ser letales, tales como las enfermedades cardiovasculares (ECV), las cuales representan cerca del 31% de las defunciones del mundo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El proceso de oxidación de moléculas con radicales libres, como el colesterol LDL (Castrejón, 2007), ocasiona altos niveles de estrés oxidativo, lo que da lugar a la formación de la placa de ateroma (Delgado y Martínez, 2009) la cual ocasiona obstrucción del flujo sanguíneo en las arterias (Fácil, 2015). En este contexto, varios estudios han demostrado que las cáscaras de naranja poseen actividad antioxidante (Hegazy e Ibrahim, 2012). Asimismo, se determina que el consumo de los antioxidantes contenidos en la cáscara de naranja puede disminuir la cantidad de colesterol en humanos, reduciendo el estrés oxidativo y el proceso inflamatorio (Osfor et al., 2013) que da lugar a la formación de ateromas en las arterias (Delgado y Martínez, 2009). Sin embargo, las cáscaras de naranja son descartadas y llegan a generar un problema ambiental grave si no son debidamente tratadas, incluso a pesar de ser biodegradables (Farhan, 2016).

A partir de lo anterior, este proyecto busca evaluar experimentalmente el efecto de

los antioxidantes presentes en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre la oxidación de colesterol proveniente de una fuente alimenticia seleccionada. El proyecto se está llevando a cabo en 4 fases: caracterización de las materias primas, adecuación de las cáscaras, elaboración de los rellenos (muestras) y preparación y caracterización de los bombones.

Hasta ahora, se han llevado a cabo tres de las cuatro fases del proyecto de investigación: caracterización de las materias primas, adecuación de las cáscaras y preparación y caracterización de los bombones. Los resultados han dado una idea más clara de hacia dónde se va encaminando la investigación, y se pueden ver más específicamente en la sección de resultados y de conclusiones del presente artículo.

MÉTODO

La Tabla 1 resume las pruebas aplicadas. Cabe aclarar que la cuantificación de colesterol se hará mediante el kit de Cholesterol Colorimetric method de laboratorios R-Biopharm, (r- biopharm® AG, Darmstadt, Alemania) y para el índice de peróxidos se utilizará el kit Hanna de peróxido de hidrógeno Kit HI 3844 (Hanna Instruments®, Woonsocket, Rhode Island, USA). Por otro lado, se realizó una prueba sensorial a 100 evaluadores sensoriales, de edades entre los 20 y 40 años. Los datos obtenidos se promediaron y se presentan en un gráfico tipo radial.

Tabla 1. Pruebas fisicoquímicas por etapas.

Etapa	Producto a caracterizar	Análisis	Técnica
Caracterización materia prima	Cáscaras frescas	% de humedad Antioxidantes Índice de madurez de la cáscara de naranja.	Gravimetría Folin-Ciocalteau Refractometría Volumetría
	Mayonesa	°Brix Cuantificación de colesterol	Refractometría Colorimetría
	Cobertura de Chocolate	Antioxidantes Índice de peróxidos Cuantificación de colesterol	Folin-Ciocalteau Espectrofotometría Colorimetría
Adecuación de las cáscaras	Jarabe	°Brix Viscosidad Antioxidantes	Refractometría Vis- cosimetría Folin-Cio- calteau
	Cáscaras confitadas	% humedad Textura Antioxidantes	Gravimetría Texturometría Folin-Ciocalteau
Elaboración de los rellenos	Tratamientos según diseño de experimentos 22:	Antioxidantes Índice de peróxidos Índice de acidez	Folin-Ciocalteau Espectrofotometría Volumetría Colorimetría
	Factores y sus niveles Fuente de colesterol: mayonesa (%) Fuente de antioxidantes:	Cuantificación de colesterol	
	Jarabe y cáscaras confitadas. Temperatura de degradación: 37°C		
Preparación y caracterización de los bombones	Bombones con el relleno que mejor comportamiento presentó frente a la degradación, sin mayonesa.	Análisis próximo Análisis sensorial Antioxidantes Índice de peróxidos Cuantificación de colesterol.	Texturometría

Fuente: elaboración propia

Diseño experimental: Se utilizará un diseño factorial 2^2 con 2 factores (cantidad de colesterol y fuente de antioxidantes) y 2 niveles: cáscara confitada y jarabe. (Montgomery, 2003). El análisis de los

resultados se hará por ANOVA. Si los resultados tienen una variación significativa, se hará el análisis estadístico de Tukey. Se realizarán 4 experimentos (Tabla 2) con 3 réplicas para un total de 12 experimentos.

Tabla 2. Diseño factorial 2^2

Factores			
Tratamiento		Concentración de fuente de colesterol	Adecuación de la cáscara de naranja
Niveles	1	30%	Confitada
	2	90%	Confitada
	3	30%	Jarabe
	4	90%	Jarabe

$$2^2 = 4 \text{ experimentos} \times 3 \text{ réplicas} = 12 \text{ experimentos}$$

Fuente: elaboración propia

Las hipótesis para este experimento son:

- H_0 : Los antioxidantes presentes en la cáscara de naranja no disminuyen la rancidez oxidativa del colesterol, bajo condiciones de temperatura específicas.
- H_1 : Los antioxidantes presentes en la cáscara de naranja disminuyen la rancidez oxidativa del colesterol, bajo condiciones de temperatura específicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Adecuación de las cáscaras: Para este tipo de adecuación (Figura 1 y Figura 2), la cáscara de naranja se sometió a tres procesos importantes: desterpenación, que se realiza con agua caliente; intercambio osmótico, en un jarabe concentrado a 65 °Bx por 6 días, hasta alcanzar una concentración constante de 71 °Bx en el

jarabe; y secado, en un deshidratador de aire caliente por cinco horas. El mesocarpio externo presentaba una apariencia translúcida, mientras que el albedo se veía blanco. La cáscara de naranja se sometió a dos procesos importantes: una desterpenación y luego una cocción por 20 minutos, en un jarabe con proporción 1:1 de agua y azúcar. Al finalizar el proceso, presentaba una textura suave, de sabor

dulce y con tonos característicos de la naranja. La apariencia era de color naranja claro, de aroma altamente marcado. La

cantidad de humedad en la cáscara fue de 26,13 %, como se puede apreciar en la Gráfica 1.



Figura 1. Apariencia de la cáscara confitada



Figura 2. Apariencia de la cáscara en jarabe

Caracterización de las materias primas:

Se realizó la prueba de índice de madurez al fruto; el porcentaje de humedad (ver Gráfica 1) y polifenoles totales (ver Gráfica 2), a la cáscara de naranja fresca y a la cáscara después de pasar por los dos procesos de adecuación (jarabe y confitada).

Descripción del fruto: Según la NTC 4086, la naranja Valencia elegida proviene

de un *fruver* (mercado) ubicado en el norte de la ciudad de Bogotá, D.C., y pertenece a la categoría I, ya que los individuos presentaban menos del 30 % de la superficie con defectos. Según la tabla de madurez por color, la naranja se clasifica en el color 6, y esto se confirma con el índice de madurez que excede el rango mínimo (11,8). Las fórmulas se presentan a continuación:

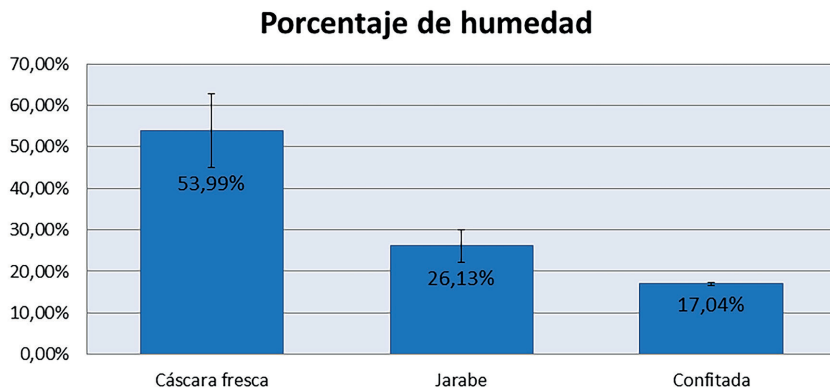
$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{12,5 \text{ ml} \times 0,1 \frac{\text{meq}}{\text{ml}}}{20 \text{ ml}} \times 0,064 \frac{\text{g}}{\text{meq}} \times 100 = 0,4$$

$$^{\circ} \text{ Brix} = 14,5$$

$$\text{Índice de madurez} = \frac{14,5^{\circ} \text{ Bx}}{0,4} = 36,25$$

Porcentaje de humedad: Como se puede apreciar en la Gráfica 1, la cantidad de agua de la cáscara en sus dos adecuaciones

disminuyó significativamente, gracias al intercambio osmótico.



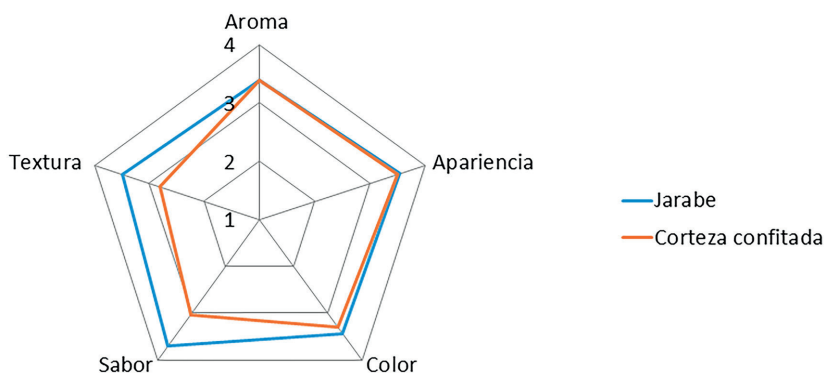
Gráfica 1. Porcentaje de humedad en la cáscara de naranja antes y después de la adecuación

Fuente: elaboración propia

Polifenoles totales: Las pruebas para la cáscara fresca y después de ser sometida a ambas adecuaciones (jarabe y confitada), y para la cobertura de chocolate semi-amargo (65 % cacao) han sido positivas para polifenoles totales. Sin embargo, los resultados obtenidos están en análisis y, por ende, no se muestran resultados numéricos.

Caracterización de los bombones: Se realizó una prueba hedónica a 100 evaluadores sensoriales no entrenados, de edades entre 20 y 40 años. Tenían 4 opciones de respuesta para cada atributo: 1 (me desagrada), 2 (me desagrada un poco),

3 (me gusta un poco), 4 (me gusta mucho). Los resultados se promediaron y se obtuvo como resultado la Gráfica 2. La evaluación sensorial, en general, arroja resultados favorables para los chocolates rellenos; sin embargo, mostraron más satisfacción en cuanto al bombón relleno con cáscara de naranja en jarabe. Como puede observarse en la Gráfica 2, los atributos más apreciados por los panelistas son el color, el aroma y la apariencia en ambos bombones. Por otro lado, la textura y el sabor no tuvieron muy buenos resultados en el chocolate con relleno confitado, y para el chocolate con relleno de jarabe los resultados fueron aceptados por los consumidores.



Gráfica 2. Evaluación sensorial para bombones de chocolate con relleno de jarabe

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

- La naranja utilizada para el estudio tiene alto grado de madurez y se clasifica en la categoría I por tener pocos defectos (<15 % de la superficie del fruto).
- Aunque los datos están siendo analizados, las pruebas para polifenoles totales han resultado positivas en los dos tipos de adecuaciones, lo cual se confirma con la literatura de otros estudios similares.
- La prueba sensorial mostró que a los consumidores entre 20 y 40 años les gusta el producto.
- El uso de la cáscara de naranja adecuada como alimento y fuente de antioxidantes aporta a la ingeniería un nuevo campo en investigación y desarrollo de nuevos productos, que además puede generar doble beneficio, tanto para la industria en el manejo ambiental como para el

hombre mismo, en la prevención enfermedades cardiovasculares.

REFERENCIAS

- Castrejón, M. (2007). Radicales libres y sistemas antioxidantes. En J.C. Díaz y M.A. Juárez (Eds.), *Bioquímica, un enfoque básico aplicado a las ciencias la vida*. (pp. 612 – 627). McGraw-Hill.
- Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Enfermedad cardiovascular: principal causa de muerte en Colombia* [versión electrónica]. Bogotá, D.C.: Observatorio Nacional de Salud. Extraído el 20 de noviembre de 2016 de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Boletin-tecnico-I-ONS.pdf>
- Delgado, L. y Martínez, G. (2009). El estrés oxidativo en la enfermedad cardiovascular: evidencias para un tratamiento más integral [versión electrónica] *Revista Cubana de Farmacia*,

- 43 (1). Extraído el 17 de julio de 2017 de http://bvs.sld.cu/revistas/far/vol43_1_09/far11109.htm
- Fácil, L. (2015). *Cardiopatía isquémica: infarto y angina*. Extraído el 15 de agosto de 2016 de <http://www.fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/cardiopatia-isquemica.html>
- Farhan Al –Taai EM. Protective effects of sweet orange peel (citrus sinensis l.) The induction of micronuclei induced by cyclophosphamide in human peripheral lymphocytes Contribution/ Originality. J Food Technol Res [Internet]. 2016 [Acceso 2017 Apr 27];3:28–35. Available from: [http://www.pakinsight.com/pdf-files/agr/58/JFTR-2016-3\(1\)-28-35.pdf](http://www.pakinsight.com/pdf-files/agr/58/JFTR-2016-3(1)-28-35.pdf)
- Hegazy, A.E. e Ibrahium, M.I. (2012). Antioxidant activities of orange peel extracts. *World Applied Sciences Journal*, 18 (5), pp. 684–688.
- NTC 4086. Frutas frescas. Naranja valencia. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, Colombia, 26 de febrero de 1997.
- Osfor, M., Hegazy, A., Abd El-moaty, M., Elmadbouly, M., Afify, A., Elbahnasawy, A. (2013). Hypo-cholesterolemic and hypoglycemic effects of orange albedo powder (Citrus aurantium l.) on male albino rats. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(2), pp. 70-76. Extraído el 18 de julio de 2017 de <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijnfs>

BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO IRON BIOAVAILABILITY

Brayan Castellanos C.¹

Leidy Varón B.¹

Gloria González B.²

RESUMEN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la prevalencia de anemia alcanza el 24,8 % de la población total, y existen grandes diferencias entre países y grupos de población debido a diversos factores, como los son los inhibidores de la absorción del hierro (Rojas et al. 2013); los cuales reducen la biodisponibilidad del micronutriente. La biodisponibilidad es la fracción de nutrientes ingeridos que está disponible para su utilización en las funciones fisiológicas normales y para su almacenamiento; diferente a la bioaccesibilidad, que es la cantidad de nutriente liberado por la matriz alimentaria y que es accesible para su absorción. Por otro lado, para la determinación de biodisponibilidad de un nutriente, se utilizan modelos *in vitro*, simulando la digestión, modelos *in vivo* tanto en animales (principalmente ratones) como en humanos, y modelos matemáticos (La Frano, de Moura, Boy, Lönnnerdal y Burri, 2014). Este artículo busca exponer los factores que afectan la biodisponibilidad y los modelos utilizados para determinarla.

Palabras claves: micronutriente, inhibidores, técnicas *in vitro*, absorción de hierro, matriz alimentaria.

ABSTRACT

According to the World Health Organization (WHO), the prevalence of anemia reaches 24,8 % of the total population, existing big differences between countries and groups of population, this fact is given due to range of factors, since themselves are the inhibitors of iron absorption; which reduce the bioavailability of the micronutrient. The bioavailability is the fraction of consumed nutrients that is available for use in normal and physiological functions and for the storage; different from bioaccessibility, which is the quantity of nutrient released by the food counterfoil and which is accessible for its absorption. On the other hand, in order to determine the bioavailability of a nutrient, *in vitro* models are in use, simulating digestion, models *in live as* much in animals (principally mice) as in human beings, and mathematical

¹ Estudiantes del semillero de investigación en especies promisorias (SIESPRO) del programa de Ingeniería de alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, UNIAGRARIA. Bogotá. Colombia. a) Decimo Semestre y b) Noveno Semestre, varon.leidy@uniagraria.edu.co.

² Ingeniera química. Líder del semillero de investigación en especies promisorias (SIESPRO). Fundación Universitaria Agraria de Colombia, UNIAGRARIA. Docente T.C. Programa ingeniería de Alimentos. Bogotá. Colombia.

models. This article seeks to expose the factors that the bioavailability and the models affect used to determine it.

Keywords: Micronutrient, inhibiting, in vitro technologies, absorption of iron, food counterfoil.

INTRODUCCIÓN

Existen diversos componentes de alimentos que disminuyen la biodisponibilidad del hierro, entre los que se destacan los fitatos, los polifenoles y el calcio (Saini, Nile y Keum, 2016). En contraste, se encuentran estimulantes de la absorción, tales como el ácido ascórbico; los alimentos de origen animal (carne, pescado, pollo); los β -carotenos (Toxqui, Díaz y Vaquero, 2015); ciertos ácidos orgánicos (ácido láctico, cítrico, málico y tartárico) y algunos azúcares (sorbitol, manitol, xilosa, fructosa y lactosa) (Tostado, Benítez, Pinzón, Bautista y Ramírez, 2015).

El hierro es uno de los minerales más importantes en el organismo, debido a su participación en una amplia gama de procesos metabólicos, entre los que se encuentran el transporte y almacenamiento de oxígeno, la transferencia de electrones, la síntesis de hormonas, la replicación de ADN, la reparación y control del ciclo celular, la inmunidad, la fijación de nitrógeno y la protección de las especies reactivas de oxígeno, entre otros (Tostado et al., 2015; Murillo, Hurtado, Arciniegas, y Acevedo,

2016; Durán, Villalobos, Churio, Pizarro, y Valenzuela, 2017).

El objetivo de esta revisión era recopilar información acerca de la biodisponibilidad del hierro en diversas matrices alimentarias, para evaluar los factores que la afectan y dar a conocer los diversos modelos usados para su determinación.

BIODISPONIBILIDAD

Durante las últimas décadas, el término biodisponibilidad ha tomado una gran relevancia, debido a su aplicación a nivel farmacéutico para determinar la viabilidad de un medicamento; sin embargo, su empleo se encuentra ligado a diferentes aspectos. A partir de esto se ha definido la biodisponibilidad de diversas maneras (Tabla 1). De igual forma, se debe precisar la diferencia entre biodisponibilidad y bioaccesibilidad, la cual radica en que la segunda no va más allá de la absorción del nutriente; mientras que la primera incluye la utilización de este en procesos metabólicos, así que se establece una relación directa entre los dos términos (Tabla 2).

Tabla 1. Definiciones de biodisponibilidad

Autor	Definición
(Rey, 2001)	"Cantidad de fármaco que llega en forma activa a la circulación sistémica y la velocidad a la que accede a ésta."
(Van Lieshout et al., 2001)	"fracción del nutriente ingerido que se convierte en disponible para la utilización de funciones fisiológicas normales o para su almacenamiento en el cuerpo humano"
(Montpart y Martín, 2002)	" la cantidad y la velocidad en que un principio activo se absorbe a partir de una forma farmacéutica y queda disponible en el lugar de acción"
(Hedré, Díaz y Svanberg, 2002)	"la proporción de un antioxidante que se digiere, absorbe y utiliza en el metabolismo normal"

Continuación Tabla 1. Definiciones de biodisponibilidad

Autor	Definición
(Holst y Williamson, 2008)	"la velocidad y el grado al cual se absorbe la fracción terapéutica y se convierte en disponible para el sitio de acción del fármaco"
(Hurrell y Egli, 2010)	"la mayor parte de la fracción de un nutriente ingerido o compuesto que alcanza la circulación sistémica y los sitios concretos en que pueda ejercer su acción biológica."
(Shipp y Abdel-Aal, 2010)	"cantidad ingerida del nutriente que es capaz de ejercer sus efectos beneficiosos en los tejidos diana"
(Rocha, 2013)	"Cantidad de un nutriente o contaminante alimentario que tras su solubilización durante la digestión gastrointestinal es absorbida a través del epitelio gastrointestinal y llega a la circulación sistémica"
(Ministerio de Salud y Protección Social, 2015)	"Es una medida de la concentración de fármaco que alcanza la circulación general en un período determinado"

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Definiciones de bioaccesibilidad

Autor	Definición
(Hedré, 2002)	"la cantidad de un nutriente ingerido que está disponible para la absorción en el intestino después de la digestión"
(Saura, Serrano y Goñi, 2007)	"liberación adecuada de nutrientes o compuestos bioactivos específicos dentro de la matriz de alimentos debido a las condiciones del tracto gastrointestinal"
(Palafox, Ayala y González, 2011)	"Cantidad de nutriente que es potencialmente absorbible desde el lumen, donde se da la liberación de la matriz del alimento y solubilización"
(Rocha, 2013)	"la solubilización de un determinado compuesto de la matriz alimentaria durante el proceso de digestión gastrointestinal"
(Zapata & Cardona, 2014)	"cantidad de nutriente liberado por la matriz alimentaria y que es accesible para su absorción"
(López, 2016)	"cantidad de compuestos bioactivos presentes y/o incorporados en diferentes matrices (medicamentos, alimentos) puede ser potencialmente absorbido por el sistema digestivo"

Fuente: elaboración propia

Biodisponibilidad del hierro

La biodisponibilidad del hierro está ligada al estado en el que se encuentre, ya que puede presentarse en dos formas químicas: por un lado, el hierro “hemo”, disponible en la hemoglobina y la mioglobina de la carne, que se encuentra en un estado ferroso (Fe^{+2}) (Appleton y Vanbergen, 2013); y por otro lado, el hierro “no hemo”, presente en cereales, verduras y algunos alimentos de origen animal como el huevo y la leche, que se encuentra en estado férrico (Fe^{+3}). Esto provoca una baja solubilidad y biodisponibilidad en comparación a su estado ferroso, debido a su susceptibilidad frente a componentes como el ácido fítico, los polifenoles, pectinas y los oxalatos, formando complejos insolubles; y a la presencia de micronutrientes (calcio, cobre, zinc, manganeso, cobalto) que comparten la misma ruta de entrada del hierro en las

células de la mucosa intestinal (Barragán, Santoyo y Ramos, 2016).

Son múltiples los estudios que se han realizado en biodisponibilidad en alimentos, donde se varía tanto la metodología como el enfoque del análisis, ya sea en el proceso o en el producto terminado. Para determinar la biodisponibilidad de un nutriente, se emplean diversos métodos; entre los que se encuentran los modelos *in vitro*, en los cuales se hace una simulación de la digestión; los modelos *in vivo*, tanto en animales (principalmente ratones) como en humanos; y los modelos matemáticos (La Frano, de Moura, Boy, Lönnerdal y Burri, 2014). En este documento se presentan diversos modelos para determinar la biodisponibilidad de hierro, plasmando a su vez una breve descripción de cada uno y una aplicación del mismo (Tabla 3).

Tabla 3. Determinación de la biodisponibilidad del hierro

Modelos	Descripción	Aplicación
Modelos <i>in vitro</i>	Simulación de la de la digestión gástrica e intestinal y su absorción usando un cultivo de células caco-2. El hierro se mide en el material analizado y luego la concentración de ferritina se mide en el lisado de células caco-2 (Nikooyeh y Neyestani, 2016).	Se evaluó la biodisponibilidad de hierro en tres procesos de horneado (fermentación, levadura convencional y utilizando el método intensivo de Chorleywood) sobre el contenido de IP6 del pan integral. Se obtuvo una degradación completa del IP6 en la masa fermentada (Rodríguez et al., 2017).
	Simulación de digestión gastrointestinal utilizando pepsina para la digestión gástrica, seguida de pancreatina y sal biliar para la etapa intestinal (Mamatha y Prakash, 2016).	Se realizó un estudio a la calidad nutricional y sensorial de un dulce de tamarindo fortificado con sulfato ferroso. Como principal resultado se obtuvo que más del 80 % del hierro estaba biodisponible en comparación con el 34,6 % del producto control (Mamatha y Prakash, 2016).

Continuación Tabla 3. Determinación de la biodisponibilidad del hierro

Modelos	Descripción	Aplicación
Modelos <i>in vitro</i>	Se realiza una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas. El contenido total de minerales de las muestras fue determinado en el digerido de pepsina por espectroscopia de absorción atómica previa y la dializabilidad mineral fue calculada como el porcentaje del mineral dializado con respecto a la concentración total de mineral presente en cada muestra. (Cagnasso, López, Binaghi, Pellegrino y Valencia, 2010)	Se comparó la dializabilidad de Fe y Zn en 7 cereales para desayuno comercialmente fortificados o no, con Fe elemental y ZnO y se comparó la dializabilidad de Fe y Zn en tres tipos diferentes de cereales experimentalmente fortificados con ZnO y FeNa ₂ EDTA o FeSO ₄ en el laboratorio (Cagnasso et al., 2010).
Pruebas en animales	Se tomó una muestra de animales y se dividió en tres grupos durante dos semanas: uno de control de sulfato ferroso y dos de pruebas con las galletas enriquecidas. Se midieron el peso y los parámetros hematológicos (Infante et al., 2017) Aleatoriamente, se formaron 2 grupos que recibieron alimento bajo en hierro, más los caramelos adicionados con lactato ferroso y alimento normal. Se midieron el peso y los parámetros hematológicos (Quintero, González, Polo y Rodríguez, 2005)	Se analizó la aceptabilidad y biodisponibilidad de hierro en galletas de sorgo biofortificadas con carotenoides de papa dulce; se obtuvo una alta absorción en el duodeno por parte del hierro de una de las formulaciones de galletas biofortificadas (Infante et al., 2017). Se evaluó la biodisponibilidad de lactato ferroso adicionado a caramelos de goma en cerdos en crecimiento. En de los resultados se obtuvo una biodisponibilidad del lactato ferroso superior en un 30 % a la del sulfato ferroso (Quintero et al., 2005). Se evaluó el efecto del calcio sobre la biodisponibilidad de dosis crecientes de hierro (Leiva, 2014).
Pruebas en humanos	Uno de los métodos aplicados en humanos es el de doble marcaje isotópico, planteado por Eakins y Brown (1966), el cual usa dos isótopos radiactivos como trazadores de absorción ⁵⁵ Fe y ⁵⁹ Fe. La técnica consiste, a grandes rasgos, en tomar cada una de las muestras de sangre y digerirlas en un medio ácido para así precipitar el contenido total de hierro. Luego, se determina la radioactividad emitida en un contador de centelleo líquido.	

Continuación Tabla 3. Determinación de la biodisponibilidad del hierro

Modelos	Descripción	Aplicación
Modelos matemático	Uno de los métodos evaluados para el análisis de biodisponibilidad es el modelo matemático planteado por Hallberg y Hulthén (2000), en el cual se plantea un análisis de los diferentes efectos causados por compuestos inhibidores y promotores de la absorción de hierro. De igual forma, se encuentra el modelo matemático planteado por Moonsen (1978), el cual propone un algoritmo sencillo basado en la cantidad de hierro 'hemo' y su biodisponibilidad y la cantidad de hierro 'no hemo' y su biodisponibilidad influenciada por el contenido de ácido ascórbico y de carne (Brito, 2006).	

Biodisponibilidad del hierro no hemínico

La biodisponibilidad del hierro no hemínico depende exclusivamente de la composición de los alimentos ingeridos; por tal motivo, el porcentaje utilizable por el organismo varía entre el 1 y el 20 % (Abbaspour, Hurrell y Kelishadi, 2014; Hunt y Roughead, 2000;

Gaitán, Olivares, Arredondo, y Pizarro, 2006; González, 2005). Ahora bien, es necesario mencionar que los factores potenciadores, como los reductores, ejercen su efecto cuando se consumen de manera simultánea con el hierro (González, 2005), para lo cual se han desarrollado diferentes investigaciones (Tabla 4).

Tabla 4. Investigaciones de los inhibidores de la absorción de hierro

Proyecto	Descripción	Conclusión	Referencia
Efecto del calcio sobre la biodisponibilidad de dosis crecientes de hierro.	Se evaluó el efecto del calcio en la absorción del hierro, para lo cual se realizó un estudio experimental con 13 mujeres, donde se les suministraron diferentes cantidades de sulfato ferroso junto con 800mg de CaCl ₂ . Se analizaron muestras sanguíneas para determinar la biodisponibilidad y estado de nutrición del hierro.	Se estableció que la administración de 800mg de Ca no afecta la biodisponibilidad de dosis crecientes de hierro de 5-60 mg de este mineral.	(Leiva, 2014).

Continuación Tabla 4. Investigaciones de los inhibidores de la absorción de hierro

Proyecto	Descripción	Conclusión	Referencia
Efecto de la suplementación con calcio sobre la biodisponibilidad de hierro	Se realizó un análisis de consecuencias del consumo de un suplemento de calcio (CaCO_3). Para ello se contó con 26 mujeres, de las cuales 13 recibieron 600 mg de Ca elemental/día y los individuos restantes ingirieron placebo, para ser la muestra control. A partir de esto, se determinó la biodisponibilidad de hierro antes y después de comenzar el proceso, utilizando el modelo de Eakins y Brown (1966).	Se determinó que la suplementación de calcio no afecta negativamente la biodisponibilidad de hierro.	(Ríos, 2011)
Efecto del calcio sobre la absorción de hierro hemínico en humanos	Se realizó un análisis del efecto del cloruro de calcio sobre la absorción de hierro hemínico en humanos, para lo cual se establecieron dos protocolos de análisis. Uno con una ingesta de hierro creciente de 0 a 800 mg de Ca y la otra de 500 a 700 mg.	El calcio en dosis de 800 mg inhibe la absorción de hierro hémico. Dosis inferiores a 700 mg no presentan afectaciones relevantes.	(Saavedra, 2010)
Evaluación de la biodisponibilidad de hierro en diferentes procesos de elaboración de pan utilizando un modelo celular intestinal <i>in vitro</i>	Se evaluó el efecto de tres procesos de cocción comerciales (fermentación, levadura convencional y Chorleywood Bread Making Process [CBP]) sobre el contenido de IP6 (inositol hexafosfato o ácido fítico) del pan integral y su impacto en la absorción de hierro en células Caco-2.	El proceso de masa fermentada degradó por completo el IP6, mientras que el CBP y los procesos convencionales lo redujeron en un 75 % en comparación con la harina integral. El hierro liberado en solución después de una digestión simulada fue 8 veces mayor en pan de masa fermentada que en otros.	(Rodríguez et al., 2017)

Continuación Tabla 4. Investigaciones de los inhibidores de la absorción de hierro

Proyecto	Descripción	Conclusión	Referencia
La influencia de fitatos de diferentes fuentes proteicas en la inhibición de la absorción de hierro no-hemo en humanos	Se evaluó el efecto inhibidor del fitato sobre la absorción del hierro no-hemo de diferentes fuentes de proteínas, utilizando isótopos radioactivos de hierro como indicadores. Se usó una bebida que contenía maltodextrosa y aceite de maíz como control y se le añadió suficiente fitato de sodio para proporcionar 300 mg de ácido fítico. Las proteínas utilizadas fueron clara de huevo, carne y proteína de soja.	Al añadir solamente fitato de sodio, hubo una pronunciada reducción del 83-90% en la absorción de hierro. No se encontró evidencia de que el efecto inhibidor del fitato dependa de la composición proteica del alimento.	(Reddy, Hurrell, Juillerat y Cook, 1996)
Influencia del ácido ascórbico en la prevención de los efectos inhibidores de polifenoles y fitatos en la absorción de hierro no hemo	Se analizaron los efectos del fitato de salvado de maíz y de un polifenol (ácido tánico) sobre la absorción de hierro de harina de pan blanco, para lo cual se emplearon 199 sujetos, y se modificó el contenido de fitato, mediante la adición de diferentes concentraciones de salvado de maíz libre de fitato y ordinario.	El efecto inhibidor de los fitatos fue superado por 30 mg de ácido ascórbico. Se concluyó que se requeriría una cantidad mayor o igual a 50 mg de ácido ascórbico para superar los efectos inhibidores sobre la absorción de hierro de cualquier alimento que contenga más de 100 mg de ácido tánico.	(Siegenberg et al., 1991)

CONCLUSIONES

Aunque son múltiples las definiciones de biodisponibilidad, todas apuntan al hecho de ser la fracción del compuesto que es aprovechado a nivel metabólico, lo cual, a su vez, lo hace diferente del concepto de bioaccesibilidad, ya que este último solo se

refiere a la disponibilidad del nutriente, mas no a su utilidad en el cuerpo. Sin embargo, es de resaltar que la biodisponibilidad no se daría sin la bioaccesibilidad, pero esta relación solo funciona en un solo sentido.

Ahora bien, en este documento se presentaron tres modelos para determinar

la biodisponibilidad. Por un lado, está el modelo *in vivo* que, aunque es uno de los más confiables, está rodeado por factores éticos y económicos que llevan al investigador a escoger; en muchos casos, los modelos *in vitro*. Si bien estos superan las dificultades antes dichas, se debe tener en cuenta que la biodisponibilidad es una interacción entre la dieta y el individuo que la consume, por lo que varía de sujeto en sujeto. Por otro lado, están los modelos matemáticos que, a simple vista, resultan más fáciles y económicos, pero no han sido utilizados en matrices alimentarias.

En conclusión, aún hay un gran campo de investigación, dado que se podrían utilizar modelos matemáticos para calcular la biodisponibilidad en matrices alimentarias. De igual manera, son pocos los estudios que se han realizado para determinar la cantidad de inhibidor necesaria para reducir la absorción de hierro, a esto se le suma la creciente demanda de alimentos fortificados y en el mercado hay una amplia gama de presentaciones de hierro para dicha función. Así mismo, en los alimentos, ciertos componentes como el calcio, los polifenoles y fitatos, se presentan de diversas maneras, dificultando aún más la evaluación y afectación de estos anti nutrientes en la biodisponibilidad del hierro.

REFERENCIAS

- Abbaspour, N., Hurrell, R., y Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19 (2), pp. 164-174.
- Appleton, A., y Vanbergen, O. (2013). *Lo esencial en metabolismo y nutrición*. Barcelona: Elsevier España.
- Barragán, G., Santoyo, A., y Ramos, C. (2016). Iron deficiency anaemia. *Revista Médica del Hospital General de México*, 79 (2), pp. 88-97.
- Brito, G. (2006). *Revisión de las metodologías de cálculo de la absorción de hierro*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina.
- Cagnasso, C., López, L., Binaghi, M., Pellegrino, N., y Valencia, M. (2010). Dializabilidad de hierro y zinc en cereales comerciales fortificados con hierro elemental, sulfato ferroso o EDTA ferrico sodico. *Revista Chilena de Nutrición*, 37 (2), pp. 138-144.
- Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *ABECÉ De la guía de Biodisponibilidad (BD) y Bioequivalencia (BE)*. Bogotá, D.C.: Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud. Extraído de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/abece-biodisponibilidad-bioequivalencia.pdf>
- Durán, E., Villalobos, C., Churio, O., Pizarro, F., y Valenzuela, C. (2017). Encapsulación de hierro: Otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. *Revista Chilena de Nutrición*, 44 (3), pp. 234-243.
- Eakins, J., y Brown, D. (1966). An improved method for the simultaneous determination of iron-55 and iron-59 in blood by liquid scintillation counting. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes* 17 (7), pp. 391-397.
- Gaitán, D., Olivares, M., Arredondo, M., y Pizarro, F. (2006). Biodisponibilidad de

- hierro en humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 33 (2) 142-148.
- González, R. (2005). Biodisponibilidad del hierro. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 14 (26) pp. 1409-1429.
- Hallberg, L., y Hulthén, L. (2000). Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (5), pp. 1147-1160.
- Hedré, E., Díaz, V., y Svanberg, U. (2002). Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an *in vitro* digestion method. *European Journal of Clinical Nutrition*, 45, pp. 425-430.
- Holst, B., y Williamson, G. (2008). Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19 (2), pp. 73-82.
- Hunt, J., y Roughead, Z. (2000). Adaptation of iron absorption in men consuming diets with high or low iron bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (1), pp. 94-102.
- Hurrell, R., y Egli, I. (2010). Iron bioavailability and dietary reference values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91 (5), pp. 1461S-1467S.
- Infante, R., Gomes, D., De Castro, M., Dantas, M., Oliveira, C., y Regini, M. (2017). Enriched sorghum cookies with biofortified sweet potato carotenoids have good acceptance and high iron bioavailability. *Journal of functional foods*, 38 (A), pp. 89-99.
- Lafrano, M., Moura, F., Boy, E., Lönnnerdal, B., y Burri, B. (2014). Bioavailability of iron, zinc, and provitamin A carotenoids in biofortified staple crops. *Nutrition Reviews*, 72 (5), pp. 289-307.
- Leiva, C. (2014). Efecto del calcio sobre la biodisponibilidad de dosis crecientes de hierro. Memoria para optar al título de Profesional de Médico Veterinario, Facultad de Ciencias Veterinarias, y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- López, A. (2016). Bioaccesibilidad, cambios en potencial antioxidante y estabilidad de los compuestos bioactivos presentes en dos extractos ricos en fibra sometidos a un proceso de digestión *in vitro*. Tesis para obtener el Grado en Biotecnología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad Miguel Hernandez de Elche, Alicante, España.
- Mamatha, C., y Prakash, J. (2016). Nutritional and sensory quality of iron fortified tamarind candies. *Nutrition & Food Science*, 1 (1), pp. 1-6.
- Montpart, E., y Martín, M. P. (2002). Estudios de bioequivalencia y especialidades farmacéuticas genéricas. *Offarm*, 21 (1), pp. 88-93.
- Murillo, E., Hurtado, L., Arciniegas, N., Acevedo, P. (2016). Hepcidina y parámetros del hierro en donantes de sangre. *CES MEDICINA*, 30 (2), pp. 158-168.
- Nikooyeh, B., y Neyestani, T. (2016). Evaluation of iron bioavailability in caco-2 cell culture model: modification of the original method. *Nutrition and*

- Food Sciences Research*, 3 (3), pp. 11-16
- Palafox, H., Ayala, J., y González, G. (2011). The Role of Dietary Fiber in the Bioaccessibility and Bioavailability of Fruit and Vegetable Antioxidants. *Journal of Food Science*, 76 (1), R6-R15.
- Quintero, A., González, G., Polo, J., y Rodríguez, J. (2005). Biodisponibilidad de lactato ferroso adicionado a caramelos de goma. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 11 (3), pp. 146-151.
- Reddy, M. B., Hurrell, R. F., Juillerat, M. A., y Cook, J. D. (1996). The influence of different protein sources on phytate inhibition of nonheme-iron absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 63 (2), pp. 203-207.
- Rey, M. E. (2001). Bioequivalencia, biodisponibilidad y EFG. Algunas consideraciones. *Farmacia Profesional*, 15 (10), pp. 88-93.
- Ríos, I. (2011). *Efecto de la suplementación con calcio sobre la biodisponibilidad de hierro*. Tesis para optar al grado de Magíster en Nutrición y Alimentos con mención en Nutrición Humana, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rocha, R. (2013). *Fluoruro en alimentos: contenidos, bioaccesibilidad y absorción por el epitelio intestinal*. Tesis para optar al grado de Doctor, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IATA-CSIC), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Rodríguez, I., Brearley, C., Bruggaber, S., Perfecto, A., Shewry, P., y Fairweather, S. (2017). Assessment of iron bioavailability from different bread making processes using an in vitro intestinal cell model. *Food Chemistry*, 228, pp. 91-98.
- Rojas, M., Sánchez, J., Villada, O., Montoya, L., Díaz, A., Vargas, C. et al. (2013). Eficacia del hierro aminoquelado en comparación con el sulfato ferroso como fortificante de un complemento alimentario para preescolares con deficiencia de hierro. *Biomédica*, 33 (3), DOI: 10.7705.
- Saavedra, P. C. (2010). *Efecto del calcio sobre la absorción de hierro hemínico en humanos*. Memorias para optar al título Profesional de Médico Veterinario, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Saini, R. K., Nile, S. H., y Keum, Y. S. (2016). Food science and technology for management of iron deficiency in humans: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 53 pp. 13-22.
- Saura, F., Serrano, J., y Goñi, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*, 101 (2), pp. 492-501.
- Shipp, J., y Abdel-Aal, E. (2010). Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients. *The Open Food Science Journal*, 4, pp. 7-22.
- Siegenberg, D., Baynes, R., Bothwell, T., Macfarlane, y Lamparelli, R., Car, N. et al. (1991). Ascorbic acid prevents the

- dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53 (2), pp 537-541
- Tostado, T., Benítez, I., Pinzón, A., Bautista, M., y Ramírez, J. (2015). Actualidades de las características del hierro y su uso en pediatría. *Acta pediátrica de México*, 36 (3) pp. 189-200.
- Toxqui, L., Díaz, A., y Vaquero, M. P. (2015). Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos para valorar la calidad de la dieta en la prevención de la deficiencia de hierro. *Nutrición hospitalaria*, 32 (3), pp. 1315-1323.
- Van Lieshout, M., West, C., Muhilal, Permaesih, D., Wang, Y., Xu, X., et al. (2001). Bioefficacy of β -carotene dissolved in oil studied in children in Indonesia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (5), pp. 949-958.
- Zapata, C. Y., y Cardona, M. A. (2014). *Estudio de la biodisponibilidad de los antioxidantes hidrosolubles tipo flavonoides para su utilización en la industria de las bebidas*. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Alimentación y Nutrición, Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia.

EVALUACIÓN DE UN DESINFECTANTE CLORADO A PARTIR DE BIO-INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

EVALUATION OF A CHLORINATED DISINFECTANT FROM BIO-MICROBIOLOGICAL INDICATORS

Luz Anggie Velásquez G.¹

RESUMEN

Se llevará a cabo la evaluación de un desinfectante clorado mediante análisis microbiológicos de una muestra de agua artificial infectada con una concentración conocida de la bacteria *Escherichia coli* sp, donde se determinará la capacidad de remoción que este agente oxidante puede alcanzar. Para esto, se empleará la técnica de filtración por membrana y se utilizará el recuento en placa para contar las unidades formadoras de colonia (UFC) resultantes una vez los filtros mediante los cuales pasó el agua artificial hayan sido sembrados. Adicionalmente, se desea determinar cuál es la concentración óptima del desinfectante, así como el tiempo mínimo requerido para realizar la desinfección. La finalidad de esta investigación es contribuir a los métodos ya existentes para el tratamiento de agua mediante la obtención de un agente oxidante a partir de materias primas económicas. Cabe resaltar que se requieren de investigaciones posteriores para poder avalar el agente oxidante obtenido como un desinfectante de agua.

Palabras claves: capacidad antimicrobiana, agente oxidante, filtración por membrana.

ABSTRACT

The evaluation of a chlorinated disinfectant will be carried out by microbiological analysis in a sample of artificial water infected with a known concentration of *Escherichia coli* sp, where the removal capacity that this oxidizing agent can reach will be determined, in order to do this, the membrane filtration technique will be used, then the plate count will be used to count the resulting colony forming units (CFU) once the filters through which the artificial water passed have been seeded, additionally, it is required to determine the optimum disinfectant concentration and the minimum time required to carry out the disinfection, the purpose of this research is to contribute to the existing methods for the treatment of water by obtaining an oxidizing agent from economic raw materials, it should be noted that further research is required to be able to guarantee the oxidizing agent obtained as a water disinfectant.

Keywords: Antimicrobial Capacity, Oxidizing Agent, Membrane Filtration

¹ Ingeniería Química, Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, luz.velasquez@estudiantes.uamerica.edu.co

INTRODUCCIÓN

El agua es el principal sustento de la vida; se emplea en diversas actividades, como la pesca, la agricultura, bosques, la producción con el uso intensivo de recursos, el transporte, el reciclaje, la construcción y la energía (Ulises, 2016). Gracias al resultado de estas labores, el ser humano obtiene los recursos necesarios para sobrevivir y mantenerse dentro de niveles de calidad de vida adecuados. Igualmente, se logra una mejora en las economías sociales de los países, las condiciones laborales y la inclusión social de las personas (Ulises, 2016). En la actualidad, y con base en estudios realizados por las Naciones Unidas, la escasez de agua es un problema que afecta al 40 % de la población mundial. Se estima que 783 millones de personas no cuentan con acceso a agua potable, 2.400 millones no cuentan con un servicio básico de saneamiento y más de 1.700 millones viven hoy en cercanías de ríos de los cuales obtienen el agua requerida para sus diversas actividades, sin tener en cuenta que el uso desmedido de este recurso natural hará que se superen los límites establecidos de salubridad (Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.).

Aunque se ha considerado como una excepción a la crisis mundial del agua por su abundancia en recursos hídricos, Colombia presenta actualmente un deterioro constante en sus ecosistemas, lo que produce un aumento en las zonas con escasez de agua. Esto se debe a las características de poblamiento y al modelo de desarrollo que concentra la mayor cantidad de personas en las regiones Andina y Caribe (Colmenares, 2005). Como consecuencia de este crecimiento

desmedido, se ha generado una demanda de agua mayor a la que el ecosistema puede proveer; esto se conoce como estrés hídrico. Según un estudio realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en 2014, en Colombia hay 318 municipios que están en riesgo de desabastecimiento de agua; dentro de ellos se encuentran ocho cabeceras municipales que incluyen dos capitales (Rubiano, 26 de abril de 2017). Por otro lado, al hablar de agua, se logra relacionar directamente disponibilidad con calidad: el aumento en vertidos de aguas residuales sin tratar, la escorrentía de tierras agrícolas y las aguas residuales industriales con tratamientos inadecuados son algunas de las grandes afectaciones a la calidad del agua en todo el mundo (ONU, 2017). El consumo de este recurso en condiciones insalubres puede acarrear enfermedades como diarrea y cólera, las cuales aún presentan altas tasas de morbilidad y mortalidad en Colombia, principalmente en niños (UNICEF, 2016).

Teniendo en cuenta esta problemática y sus efectos sobre los seres humanos, se desarrollará el siguiente trabajo investigativo, el cual corresponde a la segunda fase de un proyecto de investigación que se fundamenta en la obtención de un agente desinfectante por el método de electrólisis para la desinfección de agua (Hernández y Tafur, 2018). El objetivo principal de este trabajo es determinar la capacidad antimicrobiana del agente oxidante obtenido. Se utiliza la técnica de filtración por membrana y se analiza una muestra de agua contaminada con una concentración conocida de la bacteria *E. coli* sp, la cual es reconocida por la Resolución 2115 de 2007 como un indicador microbiológico de contaminación fecal en aguas de consumo.

Para el desarrollo de esta experimentación se harán réplicas exactas del desinfectante a evaluar; y se definirá cuáles factores influyen sobre la acción antimicrobiana del agente oxidante obtenido y en qué medida lo hacen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Activación de la cepa

Para el desarrollo del análisis que se llevará a cabo en este trabajo investigativo se utilizará la bacteria *E. coli sp*, la cual inicialmente se encuentra en una etapa de crio-preservación a -20°C . Es importante resaltar que la congelación es una técnica de conservación que se utiliza para mantener microorganismos en un estado viable y durante un tiempo determinado, lo cual evita que sufran cambios genotípicos. El principal objetivo es disminuir la velocidad metabólica a tal punto que su metabolismo no se perciba pero que sí se logren mantener los microorganismos vivos (Sánchez y Corrales, 2005). Una vez obtenida la cepa, se procede a la descongelación. Se debe permitir que el vial donde está contenido el microorganismo se descongele por mecanismos naturales para poder realizar la recuperación de la bacteria.

Posteriormente, se procederá a realizar la siembra en un medio de cultivo nutritivo, el cual se preparará con anticipación y se llevará a esterilizar en un autoclave a 121 lb de presión durante 15 minutos. Se sembrará en una caja de Petri una muestra de la bacteria *E. coli sp* mediante un asa estéril y se procederá a mantenerla a 37°C durante 24 horas. Para asegurar la correcta activación y crecimiento de la cepa, se realizarán conteos de UFC por

recuento en placa 24 y 48 horas después de la incubación.

Finalmente, se evaluará la pureza del microorganismo mediante una coloración de Gram, esto con el fin de confirmar que la cepa en su totalidad corresponde a *E. coli sp*.

Preparación del agua artificial que contiene *Escherichia coli sp*

La investigación experimental será realizada con agua artificial contaminada con el cultivo anteriormente activado de *Escherichia coli sp* en una concentración de 10^8 ml^{-1} . Para esto, se requiere de agua desionizada, la cual se filtra mediante filtros de membrana de $0,22 \mu\text{m}$. Una vez se obtenga el agua, la cepa se adicionará e incorporará mediante el uso de una asa, posteriormente, se procederá a calcular la concentración inicial del agua artificial obtenida mediante la técnica de turbidimetría y se comparará este resultado con el patrón núm. 2 de McFarland, el cual permite calcular y ajustar la concentración de suspensiones bacterianas a un patrón específico y basa su funcionamiento en la capacidad de precipitación del cloruro de bario en presencia de ácido sulfúrico. La turbidimetría es una técnica que consiste en medir la disminución de la intensidad de luz transmitida a causa de partículas presentes en la muestra, en este caso estas partículas corresponderían al cultivo bacteriano. Para este análisis se utilizará un espectrofotómetro a una longitud de onda de 625 nanómetros; el patrón utilizado en esta experimentación se preparará mediante 0,2 ml de BaCl_2 al 1 % y 9,8 ml de H_2SO_4 al 1 % con el fin de obtener una concentración de $6,0 \times 10^8$ UFC/ml.

Preparación del agente oxidante y desinfección de la muestra

El agente oxidante se obtendrá mediante electrólisis de cloruro de sodio, según el procedimiento descrito por Hernández y Tafur (2018). Una vez obtenido el desinfectante, se debe calcular la concentración de este mediante el método colorimétrico DPD de acuerdo con lo descrito en la fase I de esta investigación.

La cloración de la muestra de agua-patrón se realizará mediante una dosificación de entre 5 y 10 mg/L del desinfectante en un recipiente que contendrá 100 ml del agua artificial y el cual deberá ser previamente esterilizado. Se mantendrá un mezclado continuo durante 30 minutos con ayuda de agitadores magnéticos.

El anterior procedimiento se repetirá variando la concentración del desinfectante y el tiempo durante el cual se realizará la agitación.

Evaluación del desinfectante mediante filtración por membrana

Al finalizar el tiempo de cloración, se tomará una muestra de 100 ml que se llevará al equipo de filtración por membrana, donde se pasa la muestra de agua por filtros de 0,42 μm mediante bombas de vacío y con la ayuda de presión diferencial, con el fin de atrapar en esta superficie los microorganismos presentes en la muestra. Los filtros obtenidos de los diferentes experimentos se sembrarán en agar Chromocult, un medio que se considera selectivo para el crecimiento de coliformes totales y *E. coli* en muestras de aguas (Carrillo y Lozano, 2008). Las cajas se incubarán a 37 °C durante 24 horas. Al

cabo de este tiempo, se realizará el conteo de unidades formadoras de colonias mediante la técnica de recuento en placa. Se realizarán dos repeticiones de este procedimiento.

Una vez se determine la efectividad del agente oxidante en la remoción de coliformes fecales, se mantendrá constante la concentración en la que el desinfectante actúe de manera óptima y se procederá, mediante pruebas experimentales, a determinar el tiempo oportuno en el cual los microorganismos son degradados por acción del cloro. Para esto se requerirá tomar muestras del agua desinfectada que se encuentra en constante agitación, desde el tiempo cero y cada cinco minutos, durante una hora y media. Se sembrarán e incubarán las muestras en un medio de cultivo BHI para realizar un conteo posterior mediante la técnica de recuento en placa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el desarrollo de esta investigación se espera obtener un agente oxidante capaz de remover coliformes fecales de una muestra de agua sintética. La evaluación se basará en los lineamientos estipulados dentro de la Resolución 2115 de 2007, la cual indica que debe haber máximo 0 UFC del indicador microbiológico *Escherichia coli* en 100 cm³ de una muestra de agua para sea catalogada como de consumo (Resolución 2115, 2007).

Del mismo modo, se desea lograr una recopilación de datos acerca de variables, como el tiempo de desinfección y la concentración óptima del desinfectante, con el fin de realizar una parametrización adecuada de estas variables y que en

análisis posteriores se pueda experimentar con diversos factores adicionales que no se tuvieron en cuenta en esta investigación.

Así mismo, se quiere determinar si la técnica de filtración por membrana empleada en este estudio es la adecuada para este tipo de análisis. Esto implica una revisión extendida hacia los materiales y métodos seleccionados para este procedimiento, es decir, evaluar si el tamaño de poro de los filtros escogidos es el indicado, así como determinar si los procedimientos de cloración y filtración se llevan a cabo de forma pertinente. Adicionalmente, incluye realizar una valoración que permita determinar si los medios de cultivos seleccionados para realizar la inoculación de las muestras una vez ya filtradas fueron oportunos durante todo el desarrollo, así como las temperaturas y tiempos estipulados para este procedimiento del proyecto.

CONCLUSIONES

La finalidad de esta investigación es contribuir a los métodos ya existentes para el tratamiento del agua mediante la elaboración de un desinfectante a partir de electrólisis de cloruro de sodio. Los resultados experimentales de este trabajo permitirán evaluar si el desinfectante obtenido realmente actúa en la remoción de coliformes fecales. Además, se obtendrá la concentración y el tiempo óptimo de uso.

Al obtener un agente oxidante efectivo en la remoción de *Escherichia coli* sp a partir de materias primas económicas y de fácil acceso en la costa Caribe colombiana, se presenta la oportunidad de brindar una solución eficiente y económica para obtener agua de consumo de fácil acceso

a las personas que habitan esa región, la cual presenta grandes problemas por la escasez de agua potable y un sistema ineficaz de acueducto y alcantarillado. Es válido aclarar que para poder establecer el agente oxidante obtenido en la primera fase de este proyecto como un desinfectante para aguas no solo se deben hacer evaluaciones acerca de la eliminación de coliformes fecales, sino también se deben realizar investigaciones que corroboren la capacidad de degradación que presenta este desinfectante con otros microorganismos, ya que la bacteria *Escherichia coli* no es la única bacteria presente en el agua ni es la única fuente de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrillo, E. M., y Lozano, A. M. (2008). *Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult*. Trabajo de grado para optar al título de Microbióloga Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.: Colombia.
- Colmenares, R. (2005). El agua: crisis y privatización. *Semillas*, 26/27, pp. 18-23
- Hernández, A. C. y Tafur, J. S. (2018). *Obtención de un agente desinfectante a partir de la electrólisis de Cloruro de sodio para el tratamiento de agua potable*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, Fundación Universidad de América, Bogotá, D.C.: Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos*

- Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París: UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Agua*. Extraído de: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Resolución 2115. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Diario oficial de la República de Colombia. Bogotá, Colombia, 29 de septiembre de 2007.
- Rubiano, M. P. (26 de abril de 2017). *Colombia hace parte de la mitad del mundo amenazada por la escasez de agua*. Extraído de: <http://blogs.elespectador.com/actualidad/el-rio/colombia-parte-la-mitad-del-mundo-amenazada-la-escasez-agua>
- Sánchez Leal, L. C. y Corrales Ramírez, L. C. (2005). Congelación bacteriana: factores que intervienen en el proceso. *NOVA-Publicación Científica*, 3 (3), pp. 109-113
- Ulises (2016). Define el agua desarrollo y empleo. Reforma (México D.F., México), pp. 7.
- UNICEF. (2006). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales*. Extraído de: <https://www.unicef.org/colombia/conocimiento/agua.htm>

ANÁLISIS DE PUNTO DE NUBE DE LA MEZCLA BIODIÉSEL DE PALMA (*ELAEIS GUINEENSIS*) CON ADITIVOS DE ORIGEN SINTÉTICO (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) Y NATURAL (BIODIÉSEL DE *JATROFA CURCAS* L B100)
CLOUD POINT ANALYSIS OF THE PALM BIODIÉSEL BLEND (*ELAEIS GUINEENSIS*) WITH ADDITIVES OF SYNTHETIC ORIGIN (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) AND NATURAL (BIODIÉSEL FROM *JATROPHA CURCAS* L B100)

Catherine Camargo¹

Luis Gómez¹

Mauricio Sierra²

RESUMEN

La creciente agroindustria de los biocombustibles ha desarrollado una nueva opción de suministro energético, de la cual hace parte el biodiésel, que ha impulsado cadenas productivas, como lo es la de la palma africana y otras oleaginosas. En Colombia, la producción de biodiésel de primera generación está enfocada a partir de aceites vegetales, en su mayoría aceite de palma. El biodiésel de palma (*Elaeis guineensis*) presenta inconvenientes con su punto de nube. En ciertas regiones de clima frío en Colombia, algunos esteres, producto del proceso de transesterificación de ácidos grasos, comienzan a generar un tipo de aglomeración en temperaturas bajas; en grandes proporciones, pueden obstruir filtros o perjudicar los motores diésel. Por tal razón, se realizó un análisis del punto de nube de la mezcla de biodiésel de palma y aditivos de origen sintético (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) y natural (Biodiésel de *Jatrofa curcas* L B100) a diferentes concentraciones (0,22 % y 1 %). Para la evaluación de esto, fue necesario producir a nivel de laboratorio el biodiésel de Palma

y *Jatrofa*, por medio de un proceso de transesterificación en un reactor y haciendo uso de Etanol anhidro como solvente para la reacción. De igual forma, se evaluaron los diferentes parámetros de calidad y se obtuvieron como resultado valores dentro de establecido por la NTC 5444 (Norma Técnica Colombiana), así como un menor punto de nube en la mezcla de biodiésel de palma y aditivos de origen sintético y natural.

Palabras claves: biodiésel, punto de nube, cristalización, aditivos y *jatrofa*.

ABSTRACT

The growing agro-industry of biofuels has developed a new energy supply option, with biodiesel being one of them, which has promoted productive chains such as palm oil and other oilseeds, where it focuses on the production of first generation biodiesel. from vegetable oils such as African palm. The palm biodiesel (*Elaeis guineensis*) has drawbacks with its cloud point, where at low temperatures in some regions of cold climates in Colombia,

¹ Estudiantes de Ingeniería Agroindustrial Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Semillero DÍA.

² Docente Investigación tiempo completo, programa Ingeniería Agroindustrial. Líder del Semillero DÍA. Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

some esters product of the process of transesterification of fatty acids begin to generate a type of agglomeration of esters, which in large proportions can obstruct filters or damage diesel engines, for this reason an analysis of the cloud point of the mixture of palm biodiesel and additives of synthetic origin (VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD) was carried out and natural (Biodiesel from *Jatropha curcas* I B100) at different concentrations (0.22% and 1%). For the evaluation of this it was necessary to produce at laboratory level the biodiesel

from *Palma* and *Jatropha*, by means of a process of having a reactor using anhydrous ethanol as a solvent for transesterification; similarly, the different quality parameters were evaluated, resulting in values within the range determined by NTC 5444 (Colombian Technical Standard) and likewise a lower cloud point in the mixture of palm biodiesel and additives of synthetic and natural origin.

Keywords: Biodiesel, Cloud Point, Crystallization, Additives and *Jatropha*.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se produce biodiésel de primera generación, principalmente proveniente de aceites vegetales como el de palma, con el cual se obtiene una mezcla compleja de esteres tras pasar por un proceso de transesterificación (Figura 1). El biodiésel resultante tiene propiedades y características que dependen de la materia prima, el proceso de producción y la técnica usada. Estas características influyen en gran medida en el desempeño del motor, como es el caso del punto de

nube, la temperatura a la cual se comienzan a cristalizar los esteres que componen el biodiésel. Se ha comprobado que el uso de biodiésel de primera generación de palma en temperaturas menores de 12 °C presenta dificultades: cuando la temperatura disminuye, las moléculas de esteres de ácidos grasos empiezan un proceso de nubosidad y cristalización de los diferentes esteres procedentes de la transesterificación del aceite, formando así cristales que pueden hacer aglomeraciones y obstruir el flujo a través de los filtros que van al motor. (Benjumea, Agudelo y Ríos, 2007).

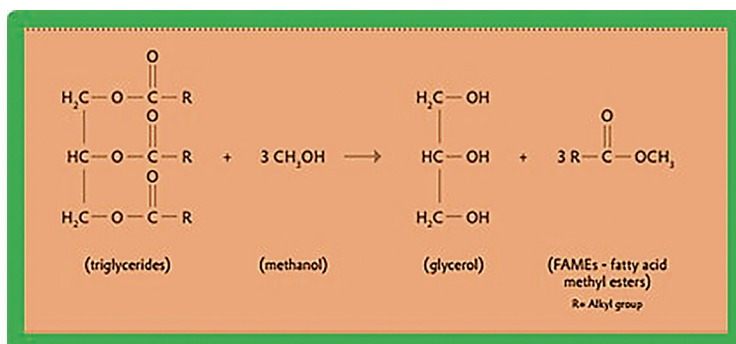


Figura 1. Reacción para la producción de biodiésel.

Fuente: Vixcoplex, sf.

Los ácidos grasos saturados presente en el aceite de palma *Elaeis guineensis*, en su mayoría ácido palmítico, se encuentran con una concentración del 44,12 % (Madrid, 2012). Estos son los causantes de turbidez a bajas temperaturas; una opción es emplear biodiésel de *Jatrofa curcas L.*, el cual puede mejorar el punto de nube del biodiésel de palma *Elaeis guineensis*. Su estructura, en su mayoría ácidos grasos insaturados como el oleico (54,3 %) (Madrid, 2012), permite disminuir del punto de nube y actuar como un aditivo de procedencia natural.

El mayor punto de nube se presenta debido a las variaciones de la temperatura ambiente donde se usa biodiésel de palma; esto genera un problema en la producción nacional, pues Colombia presenta una variedad de pisos térmicos donde se encuentran afectaciones en el punto de nube. Es posible disminuir el punto de nube al modificar la estructura química y emplear diferentes materias primas o al hacer uso de aditivos y supresores.

Los aditivos sintéticos son productos utilizados para evitar el proceso de unión de

masas de esteres palmíticos presentes en el biodiésel, lo cual permite un mayor flujo de estos en condiciones de bajas temperaturas; sin embargo, estos disminuyen el porcentaje en la parte sustentable del biodiésel y aumentan los costos operacionales en las plantas de fabricación.

Actualmente, las medidas colombianas para biodiésel no tienen un valor establecido para el punto de nube; sin embargo, las investigaciones van enfocadas a resolver este tipo de problemas en la producción de biodiésel, pues en este momento el biodiésel cumple un papel significativo, ya que este tiene como fin disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero derivados de combustibles fósiles. Colombia ha comenzado a trabajar en la producción de biodiésel, la cual ayuda en gran medida al PIB del país. Se suscita de manera legal por la ley 939 del 2004:

"Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diésel y se dictan otras disposiciones." (2004).

Con esta ley, la agroindustria de biocombustibles instruye un nuevo período en Colombia con el fin de reparar la calidad del aire de los ciudadanos del país.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar a nivel de laboratorio el efecto de la mezcla de biodiésel de aceite de palma con aditivos de origen sintético como VISXOPLEX® 10-330, XP3®W-BD y Biodiésel de *Jatrofa curcas* L. B100 considerándose este último aditivo natural,

para disminuir el punto de nube del biodiésel de aceite de palma.

METODOLOGÍA

Ubicación de tiempo y espacio

El trabajo de investigación fue desarrollado en las instalaciones de la Fundación universitaria Agraria de Colombia, exactamente en el laboratorio de Biocombustibles del programa de ingeniería agroindustrial. Los requerimientos y equipos que se utilizaron fueron suministrados por directriz del laboratorio. La universidad se encuentra localizada en la ciudad de Bogotá D.C, en la localidad de Suba, donde las condiciones atmosféricas corresponden a una altitud de 2650 metros sobre el nivel del mar, con una humedad relativa promedio 70% y una temperatura que va desde los 4° C hasta 20°C. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]).

Reacción de transesterificación

- Fue necesario ejecutar cálculos previos para el proceso, en el que se usaron 250 g de aceite de palma.
- Luego de eso, se realizó un pretratamiento para eliminar el agua del aceite: se llevó a una temperatura de 110 °C por 15 minutos.
- Se realizó una disolución del catalizador (KOH) con etanol anhidro, en este caso con un exceso del 200 %.
- Se elaboró el proceso de reacción o transesterificación: se mezcló el aceite de palma a una temperatura de 60 °C y la dilución de catalizador

para someterlo a una temperatura de ebullición del alcohol por 1,5 horas. Después, se efectuó una destilación, separación y lavado del biodiésel. Finalmente, se determinó la eficiencia y el rendimiento.

Estimación de calidad del biodiésel

Se confirmaron los siguientes parámetros de calidad: valor ácido (NTC 5444), densidad (NTC 336), viscosidad cinemática (ASTM D-445) y punto de flama (ASTM D-43), esto con el fin de cumplir todos

los requerimientos según las normas colombianas para biodiésel.

Análisis del punto de nube

El análisis del punto de nube se realizó por medio de equipo LAUDA Alpha R-12 (Figura 2), el cual llega a una temperatura de -20°C . De igual forma, se hizo uso de termómetros certificados según la norma ASTM y dos aditivos sintéticos (VISXOPLEX® 10-330 y XP3®W-BD) y Biodiésel (*Jatrofa curcas l*) a una concentración de 0,2 % y 1 % para cada uno.



Figura 1. Equipo para evaluar punto de nube

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Proceso de transesterificación

En el proceso de transesterificación se obtuvo biodiésel de palma con una eficiencia de 70,5 % y un rendimiento de 77 %. Se hizo uso de etanol anhidro como solvente para la reacción, el cual presenta un buen rendimiento con respecto al de la industria, pues se usa metanol derivado del petróleo para obtener un mayor rendimiento; sin embargo, el metanol

reduce la sostenibilidad por parte de dicho biocombustible.

Evaluación de calidad del biodiésel

Caracterizar el biodiésel es de vital importancia para el cumplimiento de los estándares de calidad a nivel nacional con respecto a la normatividad. Esta evaluación evidenció que el biodiésel producido a nivel de laboratorio cumple con los estándares necesarios requeridos según la norma NTC 5444. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de caracterización de biodiésel de palma.

Características	Valor	Norma	Requisito
Valor Ácido	0,693	NTC 5444	0-1
Densidad	879,6	NTC 336	860-900
Viscosidad cinemática (mm ² /s) a 40 0 C	4,9876	ASTM D-445	1,9-6,9
Punto de flama (0 C)	153,6	ASTM D-43	120 min

Fuente: elaboración propia

Análisis punto de nube

En la evaluación del punto de nube de las mezclas VP (VISXOPLEX® 10-330), XP (XP3®W-BD) y BJ (Biodiésel de *Jatrofa*

Curcas L) en concentraciones de 0,22 % y 1 %, se evidenció la formación de cristales de esteres presentes en el Biodiésel de palma, los cuales pueden obstruir los filtros en los motores diésel (Figura 3).

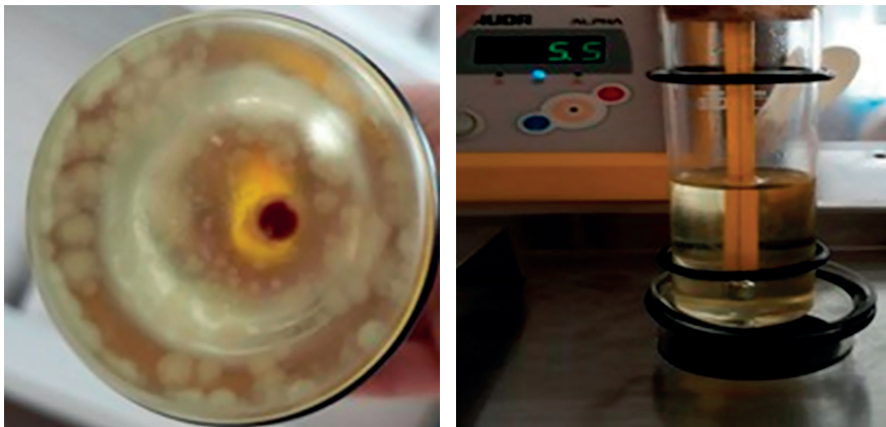
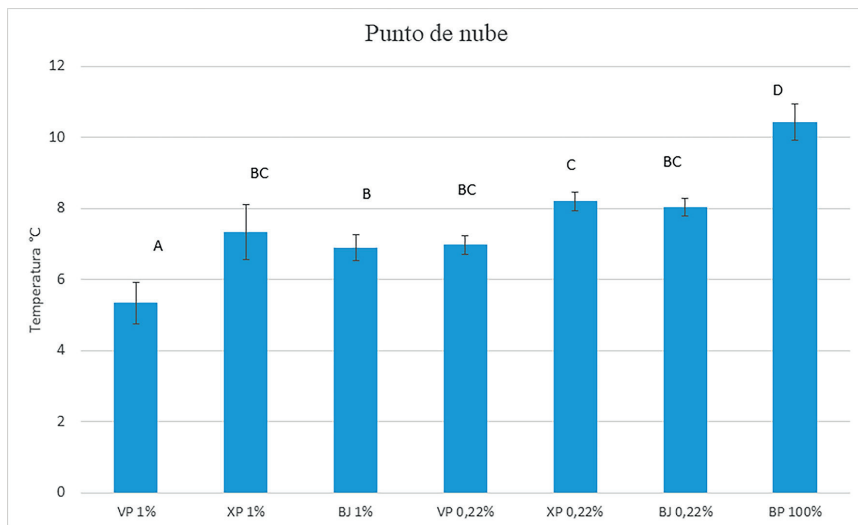


Figura 3. Formación de cristales, Punto de nube.



Gráfica 1. Puntos de nube obtenidos de la mezcla biodiésel de aceite de palma con aditivos de origen sintético y natural

Según el análisis estadístico, los tratamientos presentaron diferencias significativas con una probabilidad $P < 0.01$, lo que demuestra que el uso de biodiésel de *Jatrofa Curcas L* en concentración del 1 % reduce el punto de nube a un valor de 7 °C (Gráfica 1), en contraste con el biodiésel de palma BP100 que, experimentalmente, tiene un promedio de 11 °C. Los resultados de la mezcla de biodiésel de *Jatrofa Curcas L* al 1% son semejantes con el uso del aditivo sintético VISXOPLEX® 10-330 en concentraciones de 0,22 %, el cual es utilizado a nivel industrial y el cual presenta similitudes significativas en las medias.

En la gráfica 1 se puede observar que el biodiésel de *Jatrofa Curcas L* mejora el punto de nube en paralelo con el aditivo sintético XP3®W-BD. Por lo tanto, se observa que el biodiésel de *Jatrofa Curcas L* es viable para ser usado como aditivo de

origen natural. Se reduce así el punto de nube en la mezcla de biodiésel de palma.

Cabe resaltar que el uso de una mayor concentración de aditivos disminuye de manera significativa el punto de nube en el biodiésel de palma.

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El efecto de la mezcla de biodiésel de palma con aditivos de origen sintético y natural demuestra que es posible disminuir el punto de nube del biodiésel de palma con el uso del aditivo VISXOPLEX® 10-330 (VP), XP3®W-BD (XP) y el biodiesel de *Jatrofa Curcas L* (BJ100) de 5 °C, 7° C Y 6,5 °C, respectivamente.

Se comprobó por medio de análisis estadísticos que el comportamiento de

biodiésel de *Jatrofa Curcas L* frente al aditivo sintético XP3@W-BD es superior; así que tiene potencial para ser usado como aditivo de origen natural; la materia prima (aceite de *Jatrofa Curcas L*), al tener en su composición ácidos grasos e insaturados (en su mayoría oleico y linoleico), se mezcla entre los esteres presentes en el biodiésel de palma, y así se consigue reducir el punto de nube (3 °C por debajo del obtenido para biodiésel sin aditivo).

Para continuar con líneas de trabajos futuros, se recomienda realizar una mayor investigación a diferentes concentraciones de los aditivos, valorando las características de calidad que exige la norma NTC 5444 como punto de fluidez. De igual manera, se recomienda escalar las concentraciones realizadas en el laboratorio, para así observar el comportamiento en pruebas de motor diésel en simulaciones con condiciones ambientales con bajas temperaturas.

REFERENCIAS

- Benjumea, P., Agudelo, J., Ríos, L. (2007). Propiedades de flujo a baja temperatura del biodiésel de aceite de palma. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 42, pp. 94-104
- Federación Nacional de biocombustibles en Colombia. (2012) *El vademécum de los biocombustibles*. Disponible en: http://www.fedebiocombustibles.com/files/El_Vademecum_de_los_Biocombustibles.pdf
- Ley 939. Diario Oficial de la República de Colombia, Bogotá, Colombia, 31 de diciembre de 2004.
- Madrid, Antonio. (2012). *La biomasa y sus aplicaciones energéticas*. Madrid: AMV Ediciones.

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE COMPUESTO A BASE DE CEMENTO REFORZADO CON FIBRAS VEGETALES

MECHANICAL BEHAVIOR OF COMPOSITE BASED ON CEMENT REINFORCED WITH OF VEGETABLES FIBER

Juan Pablo Villate Díaz¹
John Jairo Bautista Rocha²

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de un programa experimental sobre el comportamiento mecánico de un compuesto a base de cemento reforzado con fibras vegetales. Se realizaron ensayos a tracción directa tanto de la fibra como del compuesto. El compuesto reforzado con la fibra de chontaduro resultó con la formación una única fisura.

Palabras claves: fibras vegetales; compuesto a base de cemento; comportamiento mecánico.

ABSTRACT

This work presents the results of an experimental program relating to the mechanical behavior of vegetables fibers and cement-based composites reinforced with these fibers. The composites presented a strain softening behavior with the formation of only one crack.

Keywords: vegetable fiber; Cement-based composite; Mechanical behavior.

¹ Ingeniero civil, Magíster en estructuras. Docente tiempo completo Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Facatativá, Colombia. villate.juan@uniagraria.edu.co.

² Estudiante ingeniería civil, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia, bautista.john@uniagraria.edu.co

INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción como el acero, el concreto y la madera son los componentes más relevantes en la infraestructura y presentan una alta demanda hoy en día. No obstante, por los elevados costos de estos materiales y su gran impacto negativo en el medio ambiente, se ha aumentado el uso de materiales sustentables, como lo son los compuestos reforzados con fibras naturales (George, Sreekala, y Thomas, 2001). Estos compuestos naturales pueden reducir el desecho de la industria de la construcción y aumentar la eficiencia energética, ya que ofrecen una solución a la infraestructura en poblaciones menos favorecidas, así como promueven el concepto de sustentabilidad.

Estudios sobre compuestos reforzados con fibras largas y bidireccionales muestran que tienen una mayor resistencia a la tracción y una alta capacidad de absorción de energía, con la formación de múltiples fisuras (Fidelis, Silva y Filho, 2014; Silva, Zhu, Mobasher, Soranakom y Filho, 2010). Para esto, el contenido de fibra debe ser mayor que la fracción crítica (Bentur y Mindess, 2007). Los estudios acerca de la interfaz de la fibra natural con una matriz de cemento muestran que las secciones transversales irregulares presentan altos niveles de adherencia, con valores promedio hasta de 0.92 MPa (para sisal fibras) (Silva, Mobasher, Soranakom, y Filho, 2011). En caso de que se produzca una alteración en la interfaz, por ejemplo, estos valores de adherencia

pueden mejorar y aumentar hasta 1.25MPa con un recubrimiento polimérico (Fidelis et al., 2014).

La búsqueda de nuevos materiales sustentables ha motivado este trabajo. Los autores han buscado una alternativa con una fibra natural como la de chontaduro, además que esta planta tiene un crecimiento rápido. El objetivo primordial del presente trabajo era desarrollar, caracterizar y evaluar el comportamiento mecánico tanto de la fibra como del compuesto a base de cemento reforzado con fibras de chontaduro (Silva, Filho, Filho y Fairbairn, 2010; Filho, Silva, Fairbairn y Filho, 2009; Filho, Ghavami, England y Scrivener, 2003).

Apremia entonces la creación de un material que se ajuste a las necesidades de las poblaciones menos favorecidas, donde los materiales convencionales tienen un costo muy alto. Además, en lugares remotos, su accesibilidad y transporte es complejo. Las fibras naturales, este nuevo material con refuerzos renovables, se investigan y se trabajan en pro de los pilares de la Fundación Universitaria Agraria, para llevar desarrollo a las poblaciones rurales.

Programa experimental

Las fibras se organizaron unidireccionalmente en el sentido axial a la carga, para que los esfuerzos a tracción estuvieran distribuidos al largo de la fibra, como se muestra en la Figura 1.

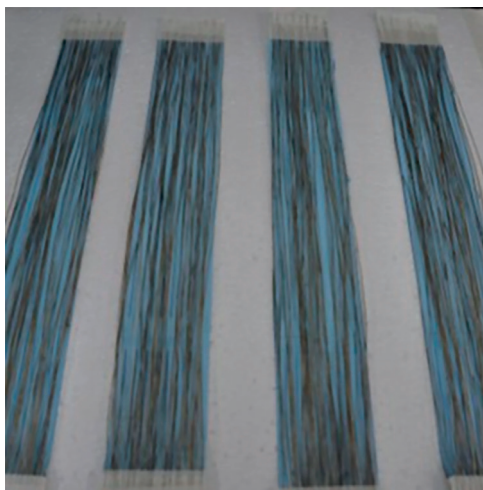


Figura 1. Ensayo a tracción directa de la fibra de chontaduro.

Fuente: elaboración propia.

Los ensayos de tracción directa del compuesto se realizaron en el modelo MTS 311 con una celda de 1000 kN. La velocidad de desplazamiento fue 0,5 mm/

min, como se muestra en la Figura 2. Las dimensiones de cada cuerpo de prueba fueron de 400 x 50 x 15 mm (longitud x ancho x espesor).

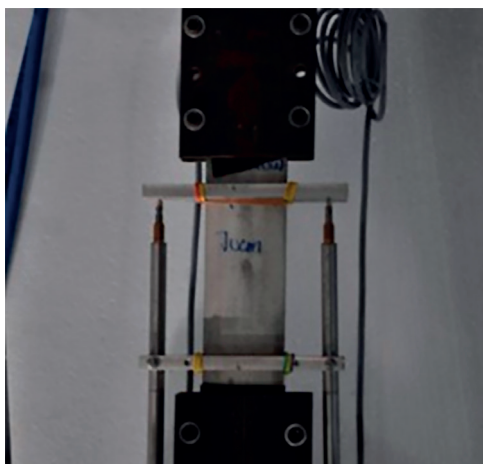


Figura 2. Ensayo de tracción directa compuesto.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

La fibra obtuvo un módulo de

elasticidad de 8 GPa y una resistencia a tracción de 190 MPa, como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Resultados ensayo a tracción fibra de chontaduro.

Tipo de fibra	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Resistencia máxima a tracción (MPa)	Deformación máxima (%)	Módulo de elasticidad GPa
Chontaduro	20	0,4 ±0,04	190 ±17,8	2,8 ±0,3	7,3 ±0,8

Fuente: elaboración propia.

Una de las consecuencias de no obtener un comportamiento dúctil en la conformación de múltiples fisuras es la baja adherencia de la fibra de chontaduro con la matriz de cemento, que también se mencionó en otros estudios (de Farias, Farina, Pezzin y Silva, 2009). Se puede ver que el comportamiento mecánico del compuesto,

cuando se utiliza fibras, aunque se presente una formación de una sola fisura como se muestra en la Figura 3, después existen un endurecimiento causada por la resistencia establecida por las fibras, hasta la falla de las mismas. Este comportamiento frágil puede también deberse a la baja fracción volumétrica de fibra en la matriz.

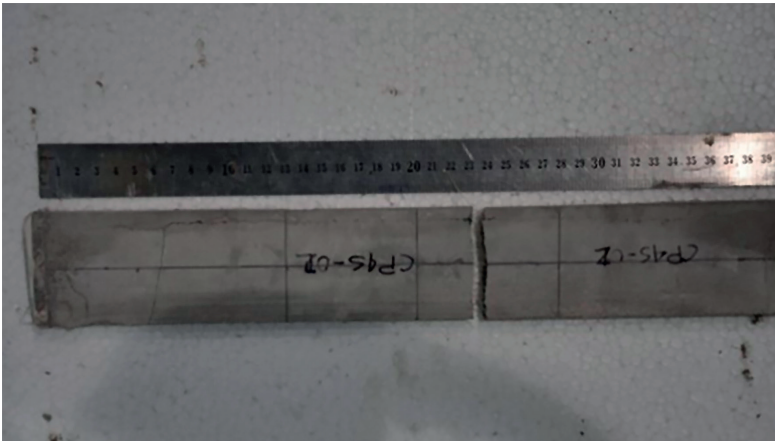


Figura 3. Formación de única fisura dentro del rango del compuesto.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

La fracción volumétrica de las fibras tiene una gran influencia en la resistencia y el módulo de elasticidad. El comportamiento mecánico a tracción del compuesto inició con un aumento de una única fisura, seguido de un endurecimiento que llegó finalmente a la falla del material. El comportamiento frágil del compuesto es ocasionado por la baja de la cantidad de volumen de fibra utilizada; por tanto, las fibras necesitan un tratamiento en su superficie para aumentar su adherencia con aumento en la fracción volumétrica para que se genere una formación múltiple de fisuras.

Este análisis es vital para mejorar las propiedades de adherencia, para seguir una secuencia experimental usando otras fibras naturales y para determinar cuál se adapta a un modelo y a las necesidades de la vivienda unifamiliar de un piso. Mediante trabajos futuros, esperamos que se realice un diseño estructural sujeto a unas memorias de cálculo y planos y que se use un sistema constructivo de muros de carga que cumpla con los parámetros mínimos de diseño, para que sea una construcción con un impacto positivo económica y socialmente.

REFERENCIAS

- Bentur, A., y Mindess, S. (Eds.) (2007). *Fibre reinforced cementitious composites*. Oxford: Taylor & Francis.
- De Farias, M., Farina, M., Pezzin, A., y Silva, D., (2009). Unsaturated polyester composites reinforced with fiber and powder of peach palm: Mechanical characterization and water absorption profile. *Materials Science and Engineering*, 29 (2), pp. 510-513. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2008.09.020>
- Fidelis, M. E., Silva, F., y Filho, R. (2014). The Influence of Fiber Treatment on the Mechanical Behavior of Jute Textile Reinforced Concrete. *Key Engineering Materials*, 600, pp. 469-474, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.600.469
- Filho, R., Ghavami, K., England, G., y Scrivener, K. (2003). Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. *Cement and Concrete Composites*, 25 (2), pp. 185-196. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00018-5)
- Filho, R., Silva, F., Fairbairn, E., y Filho, J. (2009). Durability of compression molded sisal fiber reinforced mortar laminates. *Construction and Building Materials*, 23 (6), pp. 2409-2420. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.10.012>
- George, J., Sreekala, M. S., y Thomas, S. (2001). A Review on Interface Modification and Characterization. *Polymer Engineering and Science*, 41 (9), pp. 1471-1485.
- Silva, F., Filho, R., Filho, J., y Fairbairn, E. (2010). Physical and mechanical properties of durable sisal fiber-cement composites. *Construction and Building Materials*, 24 (5), pp. 777-785, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.030>
- Silva, F., Mobasher, B., Soranakom, C., y Filho, R. (2011). Effect of fiber shape and morphology on interfacial bond and cracking behaviors of sisal fiber cement based composites. *Cement and Concrete Composites*, 33 (8),

pp. 814-823, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.05.003>

Silva, F., Zhu, D., Mobasher, B., Soranakom, C., y Filho, R. (2010). High speed

tensile behavior of sisal fiber cement composites. *Materials Science and Engineering*, 527 (3), pp. 544-552, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2009.08.013>

DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA

DESIGN OF AN ADMINISTRATIVE MANAGEMENT TOOL

Claudia Magally Rozo P.¹
Tania Ximena Rincón B²

RESUMEN

Este estudio fue desarrollado en el municipio de Sutatausa, Cundinamarca, en una finca ubicada en la vereda de Palacio a las afueras del pueblo. Se estudió una pequeña producción de quinua dulce orgánica, equivalente a unos 800 metros cuadrados.

Se realizaron varias visitas, desde el inicio de la producción hasta el desarrollo y finalización de la cosecha. Este agricultor era nuevo en el mercado de la quinua, su especialización y enfoque se encontraba en la producción de arveja; sin embargo, debido a la gran acogida que ha tenido la producción de quinua en el sector, tomó la decisión de iniciar la producción. En el municipio hay varios agricultores de este cereal dedicados no solo a la producción del cultivo de quinua, sino también al procesamiento y venta de productos, como lo son galletas, malteadas y cereales de quinua orgánica.

Una producción orgánica se caracteriza por el no uso de químicos y el cuidado de las plántulas por medio del ciclo natural de la producción. Además, este tipo de producciones no son masivas, sino que más bien se dan en pequeñas cantidades. Los productos de este tipo, además de ser mucho más sanos y saludables para el consumo humano, tienen una mejor textura y unos colores más definidos.

Se plantea principalmente desarrollar una herramienta administrativa y de gestión que permita a estos pequeños agricultores la toma de decisiones frente a su producción y de esta manera obtener una competitividad en el mercado nacional. Esto se pretende llevar a cabo mediante un estudio de caso. Mediante de la observación y las encuestas a los dueños del proceso productivo, se recolectan y analizan los datos obtenidos para dar cumplimiento al objetivo de la investigación.

Palabras claves: Quinua, Saponina, Producción Orgánica, Producción limpia, Sutatausa.

¹ Estudiante de Contaduría Pública, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Uniagraria. Bachiller Técnico Comercial, Bogotá, Colombia, rozo.claudia@uniagraria.edu.co

² Estudiante Contaduría Pública, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Uniagraria, Bogotá, Colombia.

ABSTRACT

This study was developed in the municipality of Sutatausa Cundinamarca in a farm located in the Vereda de Palacio on the outskirts of the town, where a small production of Organic Sweet Quinoa equivalent to about 800 square meters was studied.

Several visits were made from the beginning of production to the development and completion of the harvest. This new farmer in the market of Quinoa specialized in the production of peas, but due to the great reception that has received for the production of quinoa in the sector, I am making the decision to start production. In the municipality there are several farmers of this cereal dedicated not only to the production of quinoa, but also the processing and sale of products such as cookies, milkshakes, organic quinoa cereals.

An organic production is characterized by the use of NO chemicals, the care of the seedlings by means of the natural cycle of production, besides that these types of productions are not massive, but rather in small quantities. The products of this type in addition to being much healthier for human consumption, have a better texture and more defined colors.

The main purpose is to develop an administrative and management tool that allows these small farmers to make decisions regarding their production and thus obtain competitiveness in the national market. This is intended to be carried out through a case study in which, through observation and surveys of the owners of the production process, the data obtained is collected and analyzed to comply with the purpose of the investigation.

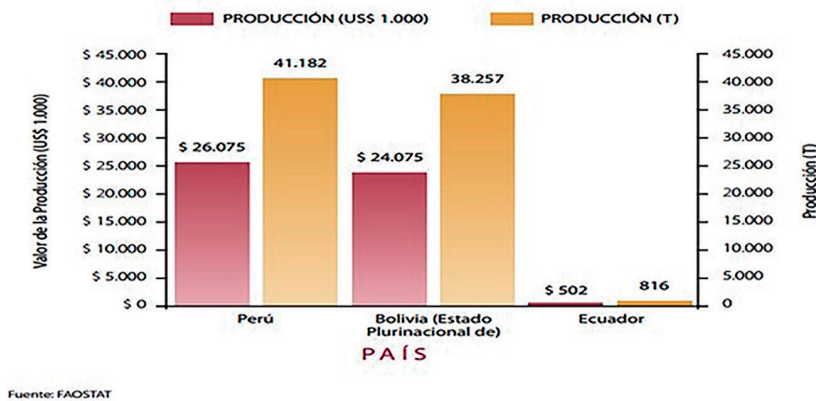
Keywords: quinoa, saponin, organic production, clean production, Sutatausa.

INTRODUCCIÓN

Se pretende el diseño de una herramienta de gestión por medio de un sistema de acumulación de costos basado en actividades para una producción de quinua orgánica en el municipio de Sutatausa, Cundinamarca, con el fin de ofrecer a los pequeños productores una herramienta gerencial de control sobre una producción no controlada de quinua orgánica. Así les será posible entrar a competir de manera eficiente en el mercado con un diferenciador específico, como lo es una agricultura orgánica.

Los pequeños productores de quinua en el municipio desconocen el costo frente a los elementos que incurren para la producción, es decir, no cuentan con una estructura financiera organizada que les permita fijar precios o tener pleno conocimiento de los gastos y costos en que incurrió durante el proceso productivo. La quinua es un producto que cuenta con muchos componentes nutritivos, además de contar con amplios mercados a nivel nacional e internacional. Principalmente, se cultiva en Bolivia, Perú y Ecuador, lo que corresponde aproximadamente al 80 % de la producción total (FAO, 2014), (ver Gráfica 1).

Figura 1. Principales productores de quinua (2012)



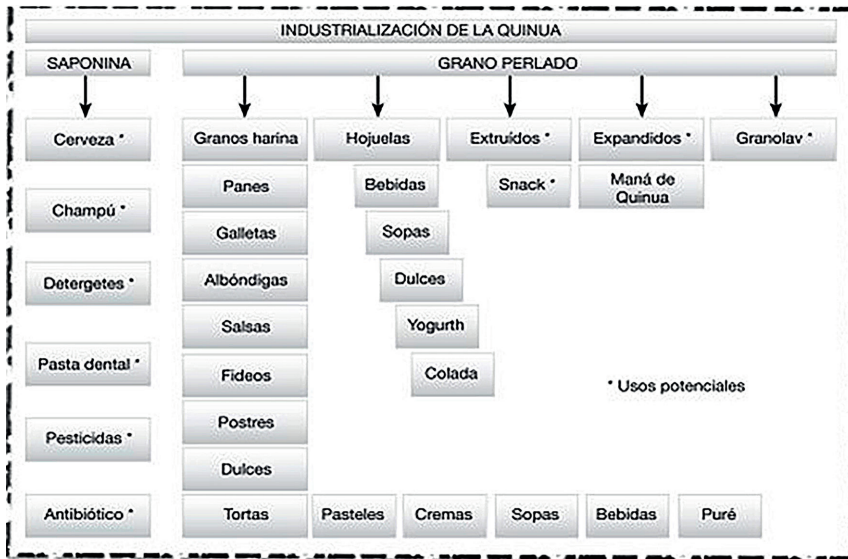
Gráfica 1. Principales Productores de Quinua a 2012
Fuente: FAOSTAT

En Colombia más del 75% territorio nacional son zonas aptas para las actividades agrícolas de este tipo, pero debido a factores socioculturales y económicos, se cultiva en muy pocas zonas. Además, los pequeños productores dedicados a este mercado carecen de herramientas

gerenciales para determinar presupuestos, costos de producción, precios de mercado, entre otros elementos financieros vitales para el desarrollo de un negocio. Con el presente trabajo se pretende optimizar los recursos financieros; determinar presupuestos y costos que permitan

establecer un precio real en el mercado para abrir paso a futuras contrataciones de exportación; fomentar el consumo nacional; promover la economía del país

y contribuir a la salud con una producción limpia de tipo orgánico. Este cereal cuenta con un mercado de subproductos (ver Gráfica 2).



Gráfica 2. Industrialización de la Quinua

Fuente: Artículo de Revista. (Luz Alexandra Restrepo, enero 2005).

Junto a Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile, Colombia es uno de los países productores de quinua en Latinoamérica. Según datos del Ministerio de Agricultura, en 2007 había 104 hectáreas cosechadas en todo el país y la producción de quinua era de 140 toneladas. Cabe resaltar que la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) declaró el 2013 como año internacional de la quinua, debido a que "la quinua puede desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre, la desnutrición y la pobreza" (FAO, parra. 1) como afirmó el Director General de la FAO, José

Graziano da Silva, en el lanzamiento oficial del Año Internacional de la Quinua en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Según la FAO, en la actualidad en el país al menos 80.000 niños reciben una colada de quinua diaria que en un 21.5% está compuesta por proteína. En Colombia se realizó la conformación del Comité Nacional para el año internacional de la quinua para promover la producción y el consumo de quinua en el país, vincular activamente el sector académico, las asociaciones de productores y el sector privado para adelantar diferentes actividades que ayudaran a rescatar el

conocimiento existente sobre este cultivo y fortalecer la alimentación de nuestra población, además de la incursión en nuevos mercados.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación es la técnica del método de inducción y deducción. Se realizaron técnicas de observación como primera medida, con el fin de caracterizar la producción del objeto de estudio. Luego de esto, por medio de la observación se dedujo la problemática de la producción

y la medida en que este problema afecta a los pequeños productores del sector y a la región en general. Ya por medio de la experimentación se realizaron varias visitas para desarrollar la técnica de observación y deducción con el fin de determinar la causa del problema y brindar una solución eficiente.

ANÁLISIS DE DATOS

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se determinaron las siguientes actividades en el desarrollo del cultivo (ver Gráfica 3).



Gráfica 2. Proceso Productivo Quinua

Fuente: elaboración propia.

1. El arado de la tierra: consta del uso del tractor para arar la tierra, con una duración de una hora por fanegada de Tierra.
2. El surco: consiste en hacer las líneas de plantación y usar el abono orgánico, en especial los humos de lombriz.
3. La siembra: se inicia en época de lluvia, que empieza en enero, para recoger la cosecha en verano, que es aproximadamente, en agosto, puesto que si se cosecha en invierno se corre el riesgo de perder toda la producción.
4. Para desyerbar se utiliza mano de obra para quitar la saponina.
5. Fumigación: se realiza con un fungicida orgánico compuesto de ajo, cebolla y ají, para así eliminar la maleza.

6. Recolección: se hace manual, ya que no cuentan con equipos especializados para desarrollar esta actividad.

Para la poscosecha

7. El proceso de desgrane se hace manual, y luego se deja en una malla para continuar con el proceso.
8. El proceso de secado se hace con el viento y el sol, al aire libre.
9. El lavado se realiza en un lavadero; se hace varias veces hasta quedar en óptimas condiciones.
10. El secado final se realiza al aire libre, hasta lograr un secado total del grano para generar productos secundarios como tortas, sopas, etc.

COSTOS GENERADOS

Alquiler tractor: \$500.000 pesos; 14 Bultos de humus deshierba personal: \$600.000 pesos; limpieza del cultivo, fumigación realizada con ajo y ají: \$35.000 pesos por cada jornal para la fumigación, que se realizó cuatro (4) veces, 2 lb de quinua amarilla y blanca.

Para la preparación del terreno y el surcado se requirieron cuatro personas y a cada una se le pagó un jornal por valor de \$14.000 pesos. Este proceso productivo inició en el mes de septiembre del año 2016, con lo

cual se obtuvo la cosecha para el mes de mayo del 2017.

CONCLUSIONES

El diseño de una herramienta de gestión permite dar solución a la problemática presentada, ya que permitirá la acumulación de información relevante en la producción con el fin de estudiarla y generar una interpretación financiera. Con una cifra exacta de sus costos y gastos, el agricultor puede presupuestar inversiones, determinar un precio de venta para la producción y, de esta manera, lograr una competitividad en el mercado adecuado, ya que cuando se habla de productos orgánicos no se compite netamente con precios, sino que se compite en gran medida con calidad y reconocimiento de la producción. Además, este diferenciador le permite al productor ajustar un precio coherente en relación a sus costos de producción para obtener una rentabilidad en su actividad productiva.

REFERENCIAS

- FAO. (2013). Quinoa, 2013 año internacional. Extraído de: <http://www.fao.org/quinua-2013/es/>
- Horngren, C. (2012). *Contabilidad de costos*. México: Pearson educacion.
- Sinisterra, G. (2006). *Contabilidad de costos*. Bogotá: ecoe ediciones.

GUÍA PARA LOS AUTORES

INTRODUCCIÓN

Cuadernos de Semilleros de Investigación es una publicación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia-UNIAGRARIA, creada con la finalidad de divulgar los proyectos de investigación presentados por estudiantes de semilleros de investigación y, a su vez, estimular la producción investigativa en los educandos.

ORIENTACIÓN EDITORIAL

La revista publica artículos en español relacionados con las líneas institucionales de investigación, que sean originales y que no hayan sido publicados en otras revistas y que se desarrollen en el marco de la estrategia “Semilleros de Investigación”.

CONTENIDO DEL ARTÍCULO

Los artículos deben incluir las siguientes partes: título en español; título en inglés; nombre del autor o autores; información del autor o autores; resumen; palabras clave; *abstract*; *keywords*; contenido del artículo; agradecimientos (opcional); conflictos de intereses (opcional); referencias bibliográficas y anexos. Dicho orden debe seguirse en el documento.

En general, el contenido de los artículos de investigación tiene las siguientes secciones: introducción, métodos, resultados, discusión, referencias bibliográficas y agradecimientos. Las tablas y figuras deben ubicarse a lo largo del artículo.

TIPOS DE ARTÍCULOS

La Revista “Cuadernos de Semilleros de Investigación” adopta la siguiente tipología:

Artículo de investigación científica y tecnológica:

Documento que presenta los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículo de reflexión:

Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión:

Documento resultado de una investigación en el que se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Artículo corto:

Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica; por lo general, requieren de una pronta difusión.

Reporte de caso:

Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular; con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática y comentada de la literatura sobre casos análogos.

Cartas al editor:

Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista. A juicio del comité editorial, constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

Editorial:

Documento escrito por el editor; un miembro del comité editorial o un investigador invitado, acerca de orientaciones en el dominio temático de la revista.

PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

Parámetros generales: el artículo se presenta en tamaño carta (21,5 x 28,0 cm), con interlineado doble; márgenes: 4 cm a la izquierda y 3 cm en los demás márgenes; numeración: en todas las páginas, en el ángulo inferior derecho de cada una; fuente: *Times New Roman*; tamaño de la fuente: 12 puntos.

Títulos: van alineados a la izquierda, en mayúsculas, los correspondientes a: título en español e inglés, nombre de los autores, resumen, palabras clave, *abstract*, *keywords*, introducción,

métodos, resultados, discusión, agradecimientos, conflictos de intereses, referencias bibliográficas y anexos. Los demás títulos y subtítulos van en minúscula, con la primera letra en mayúscula y alineados a la izquierda.

Extensión máxima del artículo: 10 páginas.

Título del artículo: Corto pero informativo, debe limitarse a 15 palabras y estar centrado en mayúsculas.

Nombre de los autores: se escriben los nombres, el primer apellido, y la letra inicial del segundo apellido seguida de punto. Van alineados a la derecha. Se respetará el nombre de pluma del autor; es decir, la forma habitual de los autores de separar los apellidos por un guion. El orden de los autores quedará como esté en el manuscrito enviado; se entiende que el primero es el autor principal.

Información de los autores: Se escribe en una nota al pie de página, con números arábigos consecutivos. Se incluirán los siguientes datos de cada autor: profesión, grados académicos, filiación profesional (instituciones con las cuales está vinculado), cargo actual, ciudad, país y correo electrónico (del autor principal o de quien se encargue de la correspondencia).

Resumen: debe tener una extensión entre 150 y 250 palabras en español y en inglés.

Palabras clave: se deben incluir de 3 a 7 palabras que identifiquen con certeza el contenido del artículo.

Agradecimientos: se debe incluir el nombre, filiación y tipo de colaboración ofrecida por los colaboradores en la realización del manuscrito, pero que no se catalogan como autores. Las personas nombradas tienen que haber expresado su consentimiento para ser mencionadas y el autor es responsable de la obtención del permiso escrito por parte de ellas.

Conflictos de intereses: en el evento en que se presente este caso, se debe hacer una nota sobre las relaciones personales o institucionales que puedan incidir en la conducción, resultados o interpretación de los mismos.

Citación de referencias bibliográficas: cada referencia bibliográfica será citada en el texto. En el caso de ser uno o 2 autores se debe escribir entre paréntesis el apellido del autor principal seguido de una coma y luego el año de la publicación, entre paréntesis según el orden consecutivo de aparición. Si son tres o más autores, solo se cita el primero seguido de la palabra et. al.

Referencias Bibliográficas: la revista "Cuadernos de Semilleros de Investigación" se rige por el estilo APA para la presentación de las referencias.

ENVÍO DE ARTÍCULOS

El texto completo del artículo se envía a la revista "Cuadernos de Semilleros de Investigación" en medio magnético e impreso en original, acompañado de una carta de presentación por parte del autor o autores que incluya los siguientes puntos:

- Nombre completo del artículo.
- Indicar que los autores están de acuerdo con el contenido, organización y presentación del artículo.
- Declarar que el artículo es original, que no se ha publicado con anterioridad y que no se va a presentar a otra revista nacional o internacional mientras esté en proceso de evaluación por parte del comité editorial de la revista.
- Declarar que los autores han respetado el derecho a la intimidad de las personas que participaron en la investigación; que han cumplido con normas éticas de experimentación con humanos o animales; y que en los agradecimientos incluyeron a las personas que, sin ser autores, participaron de forma especial en la realización del estudio.
- Indicar que los autores no tienen conflictos de intereses.
- Autorizar a "Cuadernos de Semilleros de Investigación" para reproducir el texto, figuras o cualquier otro material que tenga reserva de derechos y realizar ajustes en el contenido y estilo del artículo, por parte de los revisores de inglés u otro idioma y de estilo.
- Indicar cuál autor se encargará de recibir y enviar la correspondencia, de lo contrario, se asumirá que el primer autor asumirá las funciones antes mencionadas.
- Incluir el nombre completo (nombre y dos apellidos), documento de identificación y firma de todos los autores.

El artículo en medio magnético se envía en formato de Word, ya sea en CD o vía internet. La carta se podrá enviar escaneada en formato PDF al correo roncancio.nora@uniagraria.edu.co

SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

La recepción del artículo por parte de la revista "Cuadernos de Semilleros de Investigación" no implica obligación para su publicación ni compromiso con respecto a su fecha de publicación. En ningún caso los autores recibirán pago por la inclusión de su documento en la revista.

La revista "Cuadernos de Semilleros de Investigación" se reservará todos los derechos legales de reproducción de los artículos que publique.

Una vez enviado el artículo a la revista "Cuadernos de Semilleros de Investigación", el editor le enviará al autor vía correo electrónico, el acuse de recibido correspondiente. Todos los artículos son revisados inicialmente por el editor; quien verifica el cumplimiento de los criterios de presentación requeridos; si se encuentran aspectos para ajustar se le informará inmediatamente al autor. Es importante que el autor guarde copia de todo el material enviado. En cualquier momento que el autor lo desee, puede solicitar la información sobre el estado en el que se encuentra el artículo, al correo electrónico de la revista.

Cuando el artículo cumpla con los lineamientos de forma, se presentará al comité editorial por intermedio del director de la revista para su revisión general y asignación de arbitraje. Se evalúa la calidad científica y académica de los artículos y se da el concepto según el formato establecido.

Los autores de los artículos aceptados deberán diligenciar un formato acerca de su hoja de vida profesional antes de la publicación del documento.

El artículo aceptado pasa luego a corrección de estilo en español e inglés. Antes de la publicación, el autor recibirá copia del documento que se publicará, para que lo revise y de su aprobación final de documento que se incluirá en el volumen de la revista.

Comité Editorial
Revista: Cuadernos de Semilleros de Investigación

Cuadernos de Semilleros de Investigación

Publicación de la Fundación Universitaria
Agraria de Colombia, UNIAGRARIA.
Editado en la ciudad de Bogotá por
Entrelibros e-book solutions
Bogotá - 2018