

ISSN 1390-4272 Impreso  
ISSN 2528-7737 Electrónico

Volumen 13 - Número 32, Enero - Abril 2020

# CIENCIA

## UNEMI

Revista de la Universidad Estatal de Milagro  
Milagro, Ecuador

[ojs.unemi.edu.ec](http://ojs.unemi.edu.ec)

# CIENCIA

UNEMI

UNIVERSIDAD  
ESTATAL DE MILAGRO  
UNEMI

*Evolución Académica*

## Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

Lcda. Carmen Hernández Domínguez, Ph.D  
**Coordinadora de Soporte a la  
Investigación CRAI**

**Trigésimo Segundo Número**

**ISSN 1390-4272** Impreso

**ISSN 2528-7737** Electrónico

**Indexada en:** ESCI (Emerging Sources Citation  
Index) WoS, Latindex, Folio 19258  
Dialnet, Código 23546

REDIB, CREI-OEI, Research Bib, OAJI  
Actualidad Iberoamericana, MIAR, ERIHPLUS, BASE,  
DOAJ, EBSCO, Google Scholar.  
Septiembre - Diciembre, 2019  
Milagro – Ecuador

La revista Ciencia UNEMI es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral. Dirigida a la población universitaria, que difunde los trabajos de investigación científica y reflexiones teóricas relacionadas con las áreas: Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a:  
Universidad Estatal de Milagro,

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Revista  
Ciencia UNEMI.

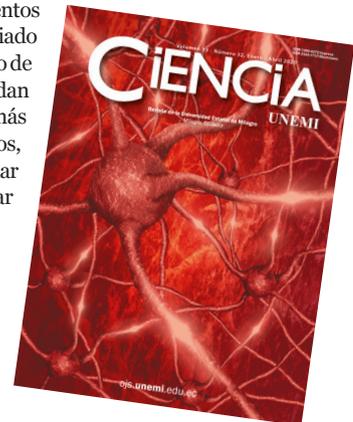
km 1.5, vía Milagro a Parroquia Virgen de Fátima.

O comunicarse por + 593 04 2715081 Ext. 3210.

Dirección electrónica: ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

### Portada:

La elaboración de los alimentos con el paso del tiempo ha variado mucho, se usan un sin número de productos químicos que ayudan a desarrollar de manera más rápida y eficaz los productos, para así poderse comercializar en diferentes lugares y abarcar a mucha más gente.



### Revista Ciencia UNEMI

Econ. Christoph Riegel, MSc.  
**Revisor de Traducción**

Lcdo. Victor Enrique Zea Raffo  
**Arte y Diagramación**

Ing. Ruth Farías Lema  
**Gestor Técnico**

## Contenido

Vol. 13, N° 32, Enero-Abril 2020 ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Digital

<b>Editorial</b> .....	<b>0</b>
<b>Distribución del tamaño de agregados de asfaltenos mediante análisis de imágenes y su influencia en la eficiencia de productos dispersantes.</b> Tomás Marín Velásquez; Dany Arriojas Tocuyo. ....	<b>01</b>
<b>Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador.</b> Salomón Barrezueta Unda; Kelvin Velepucha Cuenca; Mayra Solano; Luis Hurtado Flores. ....	<b>14</b>
<b>Un experimento para crear conciencia en las personas acerca de los ataques de Ingeniería Social.</b> Eduardo Benavides Astudillo; Walter Fuertes Díaz; Sandra Sánchez Gordon. ....	<b>27</b>
<b>Hidrólisis enzimática de polvillo de arroz para la producción de etanol de segunda generación.</b> José Ayala Armijos; Geanina Machuca Loja; Paola Benítez Castrillón; Jessica Alvarado Cáceres. ....	<b>41</b>
<b>La Inflación y disponibilidad de efectivo en la economía venezolana.</b> Armando Urdaneta; Emmanuel Borgucci; Omar Mejía-Flores. ....	<b>51</b>
<b>Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos de los residuos de la corteza de Teca (Tectona grandis L.f).</b> Meribary Monsalve Paredes; Adonis Bello Alarcón. ....	<b>63</b>
<b>Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de Mangifera indica L.</b> Celeste Carrillo Tomalá; Raúl Díaz Torres; Katherine Guerra Guamán; Andrés Román Salmerón. ....	<b>69</b>
<b>Factores psicosociales y síntomas de estrés en los trabajadores de una empresa de fabricación de neumáticos, Jalisco, México.</b> Carolina Aranda Beltrán; Lourdes González Galindo; Ricardo Vázquez García. ....	<b>78</b>
<b>Calidad física y química de tres compost, elaborada con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (Eichhornia Crassipes).</b> Magalys Rivas Nichorzon; Ramón Silva Acuña. ....	<b>87</b>
<b>Diagnóstico de la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la Provincia de El Oro.</b> Brian Mocha Cuenca. ....	<b>101</b>
<b>Decisiones empresariales de productividad y reajuste ante la crisis argentina 2018-2019. Caso GRIMOLDI.</b> Luis Peñafiel Chang. ....	<b>109</b>
<b>Proteína C reactiva ultrasensible y perfil lipídico posterior a dieta hipocalórica en sujetos obesos.</b> Jorly Mejía Montilla; Nadia Reyna Villasmil; Eduardo Reyna-Villasmil; Pedro Herrera Moya. ....	<b>123</b>
<b>Normas de Publicación.</b> .....	<b>131</b>

## Content

Vol. 13 N° 32 Enero-Abril 2020 ISSN 1390-4272 Printed ISSN 2528-7737 Electronic

<b>Editorial</b> .....	<b>0</b>
<b>Determination of the size distribution of asphaltene aggregates by image analysis and its influence on the efficiency of dispersant products.</b> Tomás Marín Velásquez; Dany Arriojas Tocuyo. ....	<b>01</b>
<b>Sequestration of soil organic carbon in grasslands in the province of El Oro, Ecuador</b> Salomón Barrezueta Unda; Kelvin Velepucha Cuenca; Mayra Solano; Luis Hurtado Flores. ....	<b>14</b>
<b>An Experiment to Create Awareness in People concerning Social Engineering Attacks.</b> Eduardo Benavides Astudillo; Walter Fuertes Díaz; Sandra Sánchez Gordon. ....	<b>27</b>
<b>Rice powder waste enzymatic hydrolysis for production of second generation ethanol</b> José Ayala Armijos; Geanina Machuca Loja; Paola Benítez Castrillón; Jessica Alvarado Cáceres .....	<b>41</b>
<b>Inflation and available money in the Venezuelan economy</b> Armando Urdaneta; Emmanuel Borgucci; Omar Mejía-Flores. ....	<b>51</b>
<b>Antimicrobial evaluation of Teca (<i>Tectona grandis</i> L.f) extracts obtained from residues of the bark</b> Meribary Monsalve Paredes; Adonis Bello Alarcón .....	<b>63</b>
<b>Antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts of leaves of two varieties of <i>Mangifera Indica</i> L.</b> Celeste Carrillo Tomalá; Raúl Díaz Torres; Katherine Guerra Guamán; Andrés Román Salmerón .....	<b>69</b>
<b>Psychosocial factors and symptoms of stress in workers of a tire manufacturing company, Jalisco, Mexico.</b> Carolina Aranda Beltrán; Lourdes González Galindo; Ricardo Vázquez García .....	<b>78</b>
<b>Physical and chemical quality of three composts, prepared with garden waste, coffee parchment and common water hyacinth (<i>Eichhornia Crassipes</i>)</b> Magalys Rivas Nichorzon; Ramón Silva Acuña .....	<b>87</b>
<b>Diagnosis of the presence of Badnavirus in banana plantations in the Province of El Oro</b> Brian Mocha Cuenca .....	<b>101</b>
<b>Business decisions of productivity and readjustment to the Argentine crisis 2018-2019. GRIMOLDI case</b> Luis Peñafiel Chang .....	<b>109</b>
<b>High-sensitivity C-reactive protein and lipid profile after a hypocaloric diet in obese subjects.</b> Jorly Mejía Montilla; Nadia Reyna Villasmil; Eduardo Reyna Villasmil; Pedro Herrera Moya. ....	<b>123</b>
Guidelines for Publishing .....	<b>131</b>

## Comité Editorial

**Dr. Eugenio Pellicer Armiñana**  
Universidad Politécnica de Valencia  
pellicer@upv.es  
Valencia, España

**Dr. Antonio Rodríguez Antalejo**  
Universidad de Complutense de Madrid  
antonio.artalejo@vet.ucm.es  
Madrid, España

**Dr. Óscar Nieto Palmeiro**  
Universidade de Vigo  
palmeiro@uvigo.es  
Vigo, España

**Dra. Luisa Calvo Hernández**  
Universidad Autónoma de Madrid  
luisa.calvo@uam.es  
Madrid, España

**Prof. Dr. rer. pol. Antonio Roldán-Ponce**  
Fachhochschule Dresden  
a.roldan-ponce@fh-dresden.eu  
Dresden, Alemania

**Msc. Josmel Pacheco Mendoza**  
Universidad San Ignacio de Loyola  
josmel@gmail.com  
Lima, Perú

**Dra. Verónica Arancibia Moya**  
Pontificia Católica Universidad de Chile  
darancim@uc.cl  
Santiago de Chile, Chile

**Dr. Marek Michalski Michalska**  
Universidad San Francisco de Quito  
mmichalski@usfq.edu.ec  
Quito, Ecuador

**Dra. Cheryl Martens**  
Universidad San Francisco de Quito  
cmartens@usfq.edu.ec  
Quito, Ecuador

**Dr. Ernesto Vivares**  
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales  
eavivares@flacso.edu.ec  
Quito, Ecuador

## Percepción de la importancia de los trabajos de investigación en química y comparación con las tasas de citación

El significado, la importancia y el impacto son todos objetivos que la comunidad química se esfuerza por maximizar - un descubrimiento innovador, un hallazgo importante, una metodología que cambia fundamentalmente la forma en que se realiza la investigación química. Mientras que los objetivos de los investigadores individuales pueden variar enormemente, muchos pueden tener como objetivo no sólo transformar la forma en que se realiza la investigación en química, sino también influir en áreas más amplias que trascienden las fronteras académicas. Sin embargo, estas nociones abstractas de significado, importancia e impacto, particularmente más allá del ámbito académico, son difíciles de definir y aún más difíciles de cuantificar.

En los últimos años, muchas agencias de financiamiento han incluido requisitos de esfuerzos que mueven la investigación fuera del laboratorio. Entre ellas se encuentra la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NSF), que ha reconocido la importancia de estos objetivos con sus requisitos de "Impactos más amplios" en las solicitudes de financiamiento. La NSF ofrece orientación en estas áreas de impacto, que incluyen "Innovar para nuestro futuro", "Mejorar nuestra sociedad" y "Involucrar a un público más amplio". Los esfuerzos en estas áreas están destinados a beneficiar a la sociedad en general junto con asegurar que la química (y otras disciplinas científicas) continúe recibiendo el apoyo popular y mantenga la capacidad de influir en las decisiones políticas. Desafortunadamente, las métricas basadas en la citación pueden tomar algún tiempo antes de proporcionar una estimación del impacto de un programa de investigación o de un investigador individual. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta la inmediatez durante estas evaluaciones, particularmente con el financiamiento de subvenciones.

Otra área en la que la percepción de la importancia de la investigación juega un papel importante es la evaluación de los manuscritos individuales por parte de los editores de las revistas y sus árbitros. Estas decisiones ciertamente van más allá de determinar el potencial de un artículo para generar citas. Los directores evalúan la importancia y el posible interés de un artículo, así como la forma en que el manuscrito encaja en el ámbito de la revista. Los árbitros evalúan la calidad de los experimentos de un artículo, dan su estimación sobre la medida en que esos experimentos encajan en el clima actual de investigación y hacen evaluaciones generales sobre si la importancia de la investigación merece ser publicada en la revista.

Está claro que las métricas tradicionales basadas en la citación no pueden utilizarse por sí solas para evaluar completamente la investigación o a un investigador, pero debe tenerse en cuenta la inmediatez como parte de estas evaluaciones. También está claro que los esfuerzos de los químicos por hacer que su trabajo sea relevante para la sociedad y lograr el objetivo de significación, según lo juzgan sus pares, no se han considerado ni medido ampliamente.

**Lcda. Carmen Hernández Domínguez, PhD.**

Coordinadora de Soporte a la Investigación CRAI

# Distribución del tamaño de agregados de asfaltenos mediante análisis de imágenes y su influencia en la eficiencia de productos dispersantes

Tomás, Marín-Velásquez<sup>1\*</sup>; Dany, Arriojas-Tocuyo<sup>2</sup>

## Resumen

La precipitación de asfaltenos en el petróleo es un fenómeno bastante estudiado, sin embargo, se sabe poco del efecto que causa el tamaño de estos agregados sobre la eficiencia de los productos dispersantes. La investigación se basó en determinar la distribución de tamaño de los agregados de asfaltenos mediante el análisis de imágenes y la influencia del diámetro promedio en la eficiencia de productos dispersantes. Se utilizaron 10 crudos del norte de Monagas, Venezuela. La formación de agregados en cada muestra se determinó aplicando n-heptano, microscopía óptica y el punto de dispersión con tres productos dispersantes, para luego calcular el índice de inestabilidad. Se tomaron microfotografías de los agregados y el diámetro promedio fue calculado por el método del círculo equivalente. La distribución granulométrica y la correlación entre el diámetro promedio y la eficiencia de los productos dispersantes se obtuvo con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI. El tamaño de agregados no se distribuye de forma normal y la relación entre el índice de inestabilidad y el diámetro promedio fue muy fuerte, inversa y significativa para cada uno de los productos, con un nivel de confianza del 95%.

**Palabras clave:** Precipitación, dispersante de asfaltenos, agregados.

## Size distribution of asphaltene aggregates by image analysis and its influence on the efficiency of dispersant products

## Abstract

The precipitation of asphaltenes in oil is a well studied phenomenon, however, little is known about the effect of the size of these aggregates on the efficiency of dispersant products. The research was based on determining the size distribution of asphaltene aggregates by image analysis and the influence of the average diameter on the efficiency of dispersant products. The formation of aggregates in each sample was determined by applying n-heptane and optical microscopy, as well as the point of dispersion with three dispersant products, and then calculating the index of instability. Microphotographs were taken of the aggregates and the average diameter was calculated by the equivalent circle method. The particle size distribution and the correlation between the average diameter and the efficiency of the dispersant products were obtained with the statistical package Statgraphics Centurion XVI. Aggregate size is not distributed normally and the relationship between the instability index and average diameter was very strong, inverse, and significant for each of the products, with a 95% confidence level.

**Keywords:** Precipitation, asphaltene dispersant, aggregates.

**Recibido:** 31 de julio de 2019  
**Aceptado:** 29 de octubre de 2019

<sup>1</sup> I Magíster en Gestión y Auditorías Ambientales. Departamento de Ingeniería de Petróleo. Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela. tmarin@protonmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-5895>

<sup>2</sup> MBA en Gerencia de la Industria de los Hidrocarburos. Área de Investigación, Innova Scientific SAC, Lima, Perú. arriojasd@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8192-9641>

\* Autor de correspondencia: tmarin@protonmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

El petróleo es una mezcla altamente compleja de componentes orgánicos, que van desde pequeñas moléculas en estado gaseoso hasta moléculas líquidas más grandes (Honse et al. 2012). Dentro de la composición del petróleo se encuentran los asfaltenos, los cuales son sólidos friables de color marrón oscuro a negro que no tienen un punto de fusión definido y que al calentarse generan un residuo carbonoso durante las operaciones de refinación (Speight, 2004; Akbarzadeh et al., 2007).

La teoría más aceptada del estado de los asfaltenos en el petróleo crudo, es que éstos se encuentran en suspensión coloidal, dispersos en la fase continua de petróleo, y están rodeados por resinas en forma micelar (Delgado, 2006). La adición de solventes ionizantes en este sistema coloidal inestable (como n-pentano, n-heptano, etc.) o alguna alteración físico-química en el crudo en campo (como las que se ocurren durante la producción), provoca cambios en la concentración de las moléculas de la resina, ya que algunas resinas salen de la micela, alterando la estabilidad de las partículas asfálticas suspendidas en el crudo y provocando el debilitamiento de las fuerzas repulsivas, provocando una interacción recíproca entre los asfaltenos y sus agregados (Navarro et al., 2004; Ariza et al., 2012).

La formación de agregados de asfaltenos y su posterior deposición, es un problema consecuente en la industria petrolera mundial, ya que produce taponamiento de oleoductos. Según Panuganti (2013), con el asfalteno depositado en los oleoductos, el área efectiva de la sección transversal se reduce, lo que influye en las características de flujo del petróleo crudo y amenaza su transporte seguro. Por lo tanto, la tasa de deposición de asfaltenos debe ser adecuadamente conocida para diseñar y operar con seguridad las tuberías como lo menciona Mullins (2011), “es esencial comprender los asfaltenos porque tienen un impacto significativo en muchas propiedades físicas y químicas de los petróleos crudos, y sistemas relacionados” (p. 394).

Por su complejidad, los agregados de asfaltenos no tienen una forma definida ni un tamaño estándar, por lo que se puede deducir que la

distribución de sus tamaños en un determinado crudo puede tener alguna influencia no sólo en la precipitación, sino también en la eficiencia de los productos químicos que se utilizan para la prevención o minimización del proceso de floculación, agregación y precipitación. Svalova, Parker, Povey y Abbott (2017) concluyeron que la heterogeneidad de los agregados de asfaltenos se debe a la variación en el tamaño molecular, lo que genera diferentes acoplamientos entre las estructuras de los asfaltenos, obteniéndose agregados de diferentes tamaños y formas. El estudio microfotográfico del comportamiento de los agregados de asfaltenos ante la aplicación de n-heptano, fue estudiada por Durán et al. (2018) donde concluyeron que cerca del umbral de precipitación, las estructuras predominantes son agregados lineales y planos. Sin embargo a mayores porcentajes de h-heptano (75% en peso), los agregados se volvieron más tridimensionales.

La distribución de tamaño de partículas de agregados de asfaltenos ha sido poco estudiada, pero se han desarrollado algunas investigaciones, como la de Segovia (2009) en la que buscó la obtención de las distribuciones granulométricas en el umbral de precipitación de asfaltenos de un crudo y la influencia del uso de aditivos dispersantes. En la citada investigación, el tamaño de las partículas no se correlacionó con la eficiencia de los aditivos, pero se propuso una metodología para estudiar el efecto de los diferentes aditivos sobre la estabilidad de los asfaltenos, determinando la concentración crítica para cada uno de ellos, siempre que el crudo no presente altas heterogeneidades. Mansur, Melo y Lucas (2012) evaluaron la variación en el tamaño de agregados de asfaltenos en función de la concentración de asfaltenos, la calidad termodinámica del medio disolvente, la adición de dispersantes de asfaltenos, temperatura de la dispersión y tiempo de exposición de los asfaltenos al tolueno. También Kraiwattanawong et al. (2009) estudiaron el efecto de los dispersantes de asfaltenos en la distribución y el crecimiento del tamaño de los agregados, observando que las partículas grandes de asfaltenos son agregados que consisten en partículas de asfaltenos de tamaño muy pequeño (submicrométrico). Otros investigadores que trabajaron en la determinación

de tamaño de agregados de asfaltenos, fueron Rajagopal y Silva (2004), quienes midieron el tamaño de agregados de asfaltenos en mezclas de tolueno y tolueno – n-heptano, utilizando dispersión de luz, para un petróleo brasileño. En la investigación los autores concluyen que el tamaño promedio de las partículas se mantuvo constante con el tiempo y aumenta con el aumento de la cantidad de n-heptano.

El análisis de imagen, para la estimación de tamaño de partículas irregulares, ha sido utilizada en investigaciones como la de Schroeder et al. (2019) quienes estudiaron los factores mediante análisis de forma, según la American Society for Testing and Materials (ASTM) en partículas de polietileno; Agimelen et al. (2015), estudiaron la distribución granulométrica y la relación de aspecto de partículas no esféricas mediante análisis de imagen, utilizando partículas de forma alargada. Igualmente, Bagheri, Bonadonna, Manzella y Vonlanthen (2015) realizaron un estudio sobre la caracterización del tamaño y la forma de las partículas irregulares en el que dentro de las técnicas aplicadas estuvo el análisis de imagen, usando muestras de partículas de clastos volcánicos. Así mismo, Khanam, Syuhada y Rashedi (2016) también utilizaron análisis de imagen para medir el tamaño de partículas en aguas residuales, aplicando microscopía y cálculo de tamaño de sólidos irregulares. También Kumara, Hayano y Ogiwara (2012) utilizaron la técnica de análisis de imagen para la evaluación de la distribución del tamaño de partícula de la grava.

Los objetivos de la investigación fueron, determinar los modelos de distribución de tamaño de agregados de asfaltenos obtenidos en el umbral de floculación aplicando n-heptano, y la relación entre el diámetro promedio de los mismos y la eficiencia de productos dispersantes comerciales, utilizando análisis de imagen, con la finalidad de contribuir a un mejor entendimiento de los parámetros que influyen en un fenómeno complejo, como la precipitación de asfaltenos y de esa manera mejorar la forma de mitigar los problemas ocasionados por éste, entre los que se puede mencionar, taponamiento de tuberías de producción y equipos de procesamiento.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 10 muestras de petróleo crudo provenientes de diferentes campos productores del Estado Monagas, Venezuela, las cuales fueron proporcionadas por personal técnico de la gerencia de producción de la empresa petróleos de Venezuela (Pdvsa) Las muestras se obtuvieron de estaciones de flujo, luego de la separación de gas y la deshidratación, por lo que se clasifican como petróleo muerto y deshidratado. **Caracterización de las muestras de petróleo crudo.**

A cada muestra de petróleo se le determinó la densidad (API), la viscosidad y el umbral de floculación. Para la obtención de la densidad API, se utilizó el método del hidrómetro, según lo establecido en la norma ASTM D 287 (2012) y se emplearon hidrómetros API según especificaciones de la norma ASTM E100 (2005). La viscosidad se obtuvo a través del procedimiento de la norma ASTM D2196 (2015), donde la viscosidad de las muestras estudiadas se determina, mediante el instrumento Brookfield, en el que se lee el valor de la viscosidad directamente. Se utilizó un viscosímetro Brookfield: modelo LVDVE, serie 8506002, 115V, frecuencia 50/60 Hz, potencia 20W. El umbral de floculación (UF) se determinó aplicando volúmenes sucesivos de n-heptano, mediante una bureta graduada de 25 ml marca Kimax con apreciación de 0.1 ml y un microscopio óptico marca Optima, modelo XSZ-207, con objetivo 10X y ocular 10X, siguiendo el procedimiento descrito por Marín, Marcano y Febres (2016).

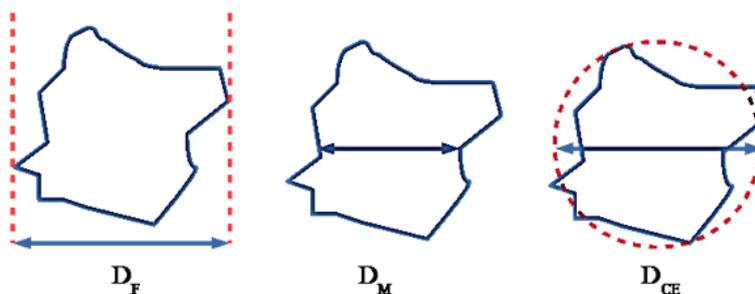
### **Determinación de la distribución de tamaño de agregados de asfaltenos**

Al alcanzar el umbral de floculación de los asfaltenos, se tomaron microfotografías digitales de los agregados de asfaltenos para cada muestra de petróleo crudo (tres por cada muestra), con una cámara digital marca Nikon modelo Coolpix S9100 de 18 mega píxeles de resolución. Se procesaron las imágenes obtenidas mediante el programa Microsoft Power Poin 2013, con el que se estimó el diámetro de cada una de las partículas. Inicialmente, se llevó a cabo una revisión de literatura, sobre las metodologías aplicables para estimar el diámetro de las partículas irregulares mediante imágenes, para elegir la que mejor se

adaptó a la forma de los agregados de asfaltenos (Perry & Green, 1999).

Los diámetros de los sólidos irregulares procesados a través de imágenes pueden estimarse mediante dos métodos: el diámetro de Feret, que es la proyección perpendicular, en una dirección fija, de las tangentes a los extremos más distantes de la partícula (Shanthi, Porpatham & Pappa, 2014); el diámetro de Martin, que es una línea, paralela a una dirección fija, que divide el perfil de las partículas

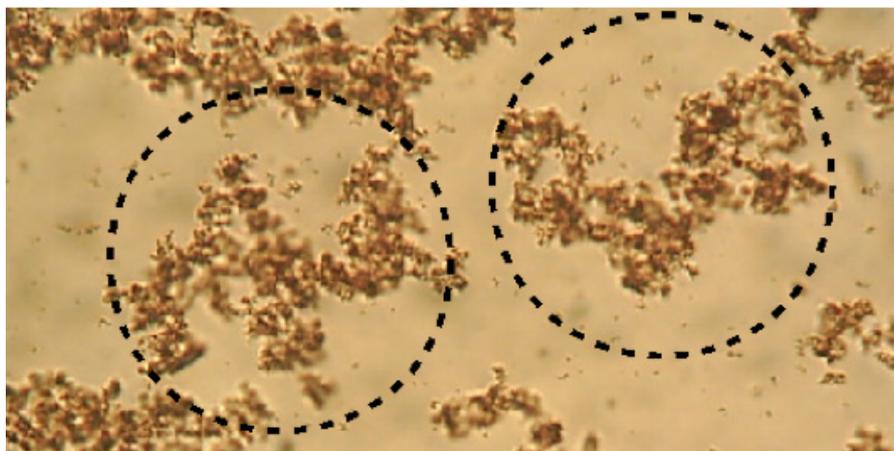
en dos áreas iguales. Dado que la magnitud de estos diámetros estadísticos varía con la orientación de las partículas, sólo tienen importancia cuando se realiza un número suficiente de mediciones (Perry & Green, 1999). Como alternativa a los métodos anteriores, las áreas proyectadas de las partículas pueden compararse con las áreas de los círculos (método del círculo equivalente). La figura 1 muestra una representación gráfica de cada uno de los métodos usados para aproximar el diámetro de sólidos irregulares.



**Figura 1.** Representación de las medidas de diámetro equivalente de partículas irregulares.  $D_F$  representa el diámetro de Feret,  $D_M$  es el diámetro de Martin y  $D_{CE}$  representa el diámetro del círculo equivalente. Fuente: elaboración propia tomando como referencia a Perry y Green (1999)

En el caso particular de los agregados de asfaltenos, se aplicó la metodología del círculo equivalente, debido a que la mayoría de los agregados podían ser aproximados por este

método, como se muestra en la figura 2, donde se muestra una imagen de agregados de asfaltenos con un aumento de 1000X y en ella se puede observar su aproximación a una proyección circular.



**Figura 2.** Aproximación del tamaño de los agregados de asfaltenos al diámetro del círculo equivalente. Fuente: elaboración propia.

El propósito del análisis es asignar un tamaño a cada partícula, que en general es un diámetro equivalente. Luego el valor de cada partícula fue almacenado en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2013 y como las mediciones se hicieron en centímetros, la unidad fue transformada a micrómetros o micrones, usando la ecuación 1:

$$D(\mu m) = \frac{D(cm)}{118} \times 1000 \quad (1)$$

Donde,  $D(\mu m)$  es el diámetro equivalente en micrómetros y  $D(cm)$  es el diámetro equivalente en centímetros.

Se tuvo en cuenta el aumento del microscopio que era de 100X y de la cámara de 18X, ya que la imagen fue procesada en su tamaño original, a partir de la suma de los dos, se obtiene el término que divide en la ecuación de 118X. Puesto que un cm equivale a 10000  $\mu m$ , éste representa el término que se multiplica en la ecuación.

El análisis de imágenes para determinar el diámetro de las partículas también fue utilizado por Shanthi et al. (2014), quienes consideraron una combinación de círculo equivalente y diámetro de Feret para reducir el error de estimación. Kumara et al. (2012) también concluyeron que la técnica de análisis de imágenes puede utilizarse para obtener una estimación del tamaño de las partículas con sólo utilizar una cámara y un ordenador, lo que demuestra el uso de esta técnica.

Una vez obtenidos los diámetros equivalentes de cada agregado para cada una de las muestras de petróleo crudo, se utilizó el *software* estadístico Statgraphics Centurion XVI en su modo de análisis de distribución, con lo que se estableció el tipo de distribución estadística ajustada a las características de distribución de frecuencia de los agregados, así como el valor del diámetro promedio para cada muestra.

#### **Determinación del punto de dispersión (PD) aplicando productos dispersantes**

Se utilizaron tres muestras de productos dispersantes comerciales de asfaltenos, que se identificaron como A, B y C. Para determinar PD de cada producto, se utilizó el procedimiento descrito por López y Vásquez (2012). Se procedió a obtener

el Umbral de Floculación de asfaltenos (UF) de cada muestra de Petróleo Crudo en mL de n-heptano, y luego se aplicaron cantidades sucesivas de 5 microlitros ( $\mu l$ ) del producto dispersante a las muestras con asfaltenos agregados, medidas con una microjeringa marca SGE de capacidad 10  $\mu l$  y 0.2  $\mu l$  de apreciación, observando en el microscopio para cada aplicación hasta obtener la dispersión de los agregados. Cada PD de las muestras de producto dispersante se determinó por triplicado. Luego se calculó el índice de inestabilidad del asfaltenos (INE) aplicando cada dispersante, como la relación entre la DP y el UF de acuerdo con la ecuación 2.

$$INE = \frac{PD(\mu l)}{UF(ml \ C7)} \quad (2)$$

El índice de inestabilidad indica la cantidad de producto necesario en  $\mu L$  para dispersar los agregados de asfaltenos por cada ml de n-heptano utilizado para obtener agregación de las partículas. Los valores de INE más bajos representan una mayor estabilización de los asfaltenos.

Se procedió a determinar la correlación entre los valores de INE para cada muestra, con el diámetro promedio de los agregados, con la finalidad de estudiar si las dos variables tienen relación estadística significativa, tomando como referencia un valor de significancia de 0.05. Se utilizó el software estadístico Statgraphics Centurion XVI.I. Así mismo, se estableció el modelo de regresión ajustado a cada muestra de producto dispersante.

### **III. RESULTADOS**

#### **Caracterización de las muestras de petróleo crudo**

La Tabla 1 muestra las características obtenidas para las 10 muestras de petróleo crudo utilizadas en la investigación, seis de ellas clasificadas como medianas y cuatro como pesadas según lo establecido en la tabla de clasificación API (León, 2013).

**Tabla 1.** Características de las muestras de petróleo crudo.

Muestra	API	$\mu$ (cP)	UF (mL de n-heptano)	Clasificación
1	24.7	51.9	7.0	Mediano
2	28.3	22.2	6.5	Mediano
3	25.3	32.2	5.5	Mediano
4	23.3	55.0	5.5	Mediano
5	25.0	47.6	5.5	Mediano
6	13.4	12729.0	15.0	Pesado
7	16.2	2247.0	13.0	Pesado
8	11.9	76851.0	15.0	Pesado
9	10.9	83847.0	16.0	Pesado
10	25.9	31.3	7.0	Mediano

**Fuente.** Elaboración propia a partir de datos de ensayos de laboratorio.

La viscosidad es una propiedad que según los resultados obtenidos mantiene una aparente relación de proporcionalidad inversa con el API. La relación entre la viscosidad y el tipo de crudo también evidencia una aparente relación, siendo las muestras medianas las de menor viscosidad en comparación con las pesadas, aunque se tiene crudos con grados API de entre 23 - 25 con mayores viscosidades, ya que depende de la composición de los diferentes compuestos de hidrocarburos, es decir de sus pesos moleculares - fracciones más pesadas. En cuanto al UF, se observa que no existe una tendencia definida entre esta característica y la API y viscosidad. Se observa el mismo UF para

las muestras 3, 4 y 5 a pesar de sus diferencias en API y viscosidad; asimismo, las muestras 1 y 10 presentaron el mismo UF. Esto se debe a que el umbral de floculación y, por tanto, la estabilidad de los asfaltenos en el petróleo, es un parámetro que no depende de propiedades como las estudiadas, sino de la interacción entre los asfaltenos y los demás componentes del petróleo (Delgado, 2006).

#### **Análisis de las imágenes obtenidas de los agregados de asfaltenos**

La Tabla 2 muestra los valores obtenidos de los diámetros promedios de los agregados de asfaltenos para cada muestra de petróleo crudo, a partir de la técnica del círculo equivalente.

**Tabla 2.** Datos obtenidos del procesamiento de imágenes de los agregados de asfaltenos.

Muestra	Nº de partículas	Dprom ( $\mu$ m)	Distribución
1	24.7	51.9	7.0
2	28.3	22.2	6.5
3	25.3	32.2	5.5
4	23.3	55.0	5.5
5	25.0	47.6	5.5
6	13.4	12729.0	15.0
7	16.2	2247.0	13.0
8	11.9	76851.0	15.0
9	10.9	83847.0	16.0
10	25.9	31.3	7.0

**Fuente.** Elaboración propia.

Se observa que para cada muestra se obtuvieron diferentes cantidades de partículas de agregados, lo que indica que cada petróleo crudo, al llegar al umbral de floculación de asfaltenos, presenta cantidades de partículas agregadas que dependen de su propia naturaleza, por ejemplo la muestra 10 mostró la mayor cantidad de partículas (172) mientras que la muestra cinco, la menor cantidad (32), aun cuando pertenezcan a la misma clasificación de aceite y sus APIs sólo difieren en 0.9 grados. El diámetro promedio de las partículas también varió sin una tendencia definida con respecto a las propiedades obtenidas para las muestras, por lo que se observa que las muestras pesadas (6, 7, 8 y 9) tienen los diámetros

más grandes, con un rango entre 75.7 y 106.7; esto sugiere que para los petróleos crudos estudiados, las muestras pesadas, forman agregados de asfaltenos con tamaños de partículas más grandes en comparación con los crudos medios.

### Distribución del tamaño de agregados

Se observa en la figura 3, que los diámetros equivalentes de la muestra 1, se concentran en un rango entre 9.5 y 22.1  $\mu\text{m}$  con un 77.2% de las partículas distribuidas en un rango máximo de 9.5 a 11.1  $\mu\text{m}$  y de 12.6 a 17.4  $\mu\text{m}$ . La frecuencia más alta corresponde al rango de diámetros entre 15.8 y 17.4  $\mu\text{m}$  con un 21.1% y un punto medio de 16.6  $\mu\text{m}$ , el cual es superior a la media de la distribución, que fue de 14.9  $\mu\text{m}$ .

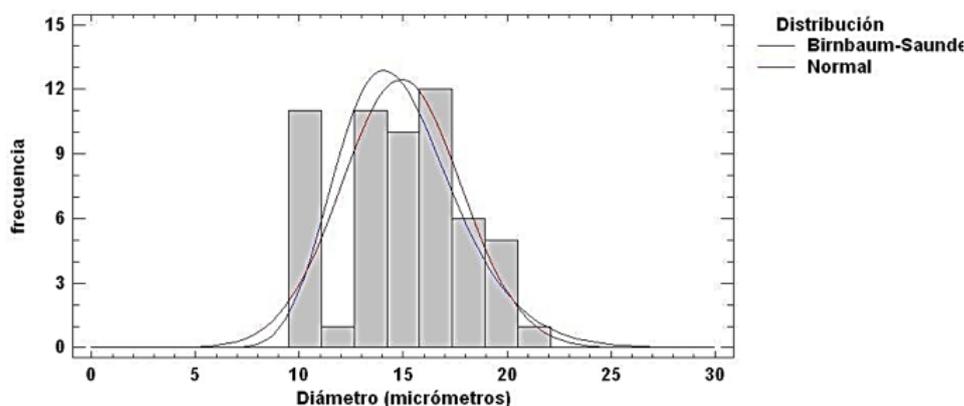


Figura 3. Distribución de tamaño de agregados para la muestra 1. Fuente: software Statgraphics Centurion XVI.I.

En la figura 3, se muestra la comparación entre una distribución de Birnbaum-Saunders y la Normal, los valores P de la tabla ANOVA correspondiente (0.21 para Birnbaum-Saunders y 0.35 para Normal) por la prueba de Kolmogorov-Smirnov indican que las partículas se ajustan a ambas distribuciones y que se representa un mejor comportamiento de los datos al modelarlos con una distribución Normal, porque se ajusta en un 34.8%, valor mayor en comparación con la distribución Birnbaum-Saunders que se ajusta en un 21.4%. A pesar de lo anterior, al considerar que el resto de las muestras no se ajustaron mejor a la Normal, se decidió tomar la distribución Birnbaum-Saunders para esta muestra (tabla 2).

El resto de las muestras se sometieron al mismo análisis y los resultados se muestran en la tabla 2. De forma general, se obtuvo que el comportamiento de los tamaños de partícula promedio de agregados, no se ajusta a la distribución Normal. La distribución Gaussiana Inversa fue la que se ajustó al mayor número de muestras (4 en total), seguida por la distribución Birnbaum-Saunders con 3 ajustes, continuando con la distribución Valor Extremo Mayor con 2 ajustes y la distribución Gamma con un ajuste. Hay que tener en cuenta que estas distribuciones fueron las que mejor se ajustaron según parámetros de comparación la Verosimilitud Log y un Valor-P superior a 0.05, es decir, con un nivel de confianza del 95%.

**Análisis correlación entre el Dprom y el INE**

En la Tabla 3 se muestra el INE calculado para cada producto aplicado a cada una de las muestras de petróleo crudo, destacando el producto C, que tiene el menor INE y por tanto las mayores

eficiencias, teniendo en cuenta que se necesitaba cantidad de producto en  $\mu\text{l}$  para dispersar los agregados formados por cada ml de heptano aplicado, destacando el valor obtenido para la muestra 8 que fue de  $2.7 \mu\text{l} / \text{ml}$ , que fue el valor más bajo de todos.

**Tabla 3.** Índices de Inestabilidad de asfaltenos obtenidos para cada producto dispersante.

Muestra	Dprom ( $\mu\text{m}$ )	A	B	C
1	14.9	14.3	32.9	9.3
2	26.0	38.5	23.8	12.3
3	24.9	25.5	36.4	4.5
4	14.6	50.9	16.4	6.4
5	13.8	17.3	40.0	16.4
6	83.4	6.7	4.3	4.3
7	106.7	11.9	11.5	4.2
8	94.0	7.7	15.7	2.7
9	75.7	15.3	6.6	6.3
10	69.6	19.3	15.0	2.9

Fuente. Elaboración propia.

Tomando en cuenta que los datos obtenidos no se ajustan a una distribución normal, se procedió

a realizar un análisis de correlación no lineal, mostrándose los resultados en la tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados del análisis de correlación entre el Dprom y el INE

Dispersante	Modelo matemático	R	Correlación	Valor-P	Significancia
A	Logaritmo-Y cuadrado-X	-0.7040	Muy fuerte	0.0231	Significante
B	Logaritmo X	-0.7826	Muy fuerte	0.0074	Significante
C	Multiplicativo	-0.7447	Muy fuerte	0.0135	Significante

Fuente. Elaboración propia.

Se observa en la tabla 4 que no hubo ajuste de los datos a un único modelo matemático, destacando que para cada dispersante se estableció un modelo diferente. Los INE de los tres dispersantes mostraron correlaciones negativas, siendo entonces la relación entre las variables de tipo inverso. Según Hopkins (2014), la correlación en todos los casos fue muy fuerte, por lo que se puede decir que si existe una asociación entre el tamaño promedio de los agregados de asfaltenos y las eficiencias de los productos utilizados basadas en el factor INE. Esto se complementa con el Valor-P de la tabla ANOVA, que en todos los casos

fue inferior a 0.05, lo que indica que existe una relación estadísticamente significativa entre las dos variables correlacionadas.

**IV. DISCUSIÓN**

Las viscosidades se muestran acordes con el tipo de crudo, observándose mayores valores de esta propiedad para los petróleos pesados, los cuales al presentar componentes hidrocarburos de mayor complejidad molecular (Alomair, Jumaa, Alkorieim & Hamed, 2016). Ilyin et al. (2016), mencionan que se ha demostrado que existe una correlación entre la viscosidad del petróleo crudo

y los niveles relativos de los grupos químicos más complejos. La viscosidad del petróleo aumenta junto con la porción de la resina de mayor peso molecular y los asfaltenos. La relación entre la estabilidad de los asfaltenos en relación al umbral de floculación y la composición del petróleo crudo ha sido motivo de varios estudios, en los que se ha concluido que por su complejidad, no es conveniente generalizar respecto a esta relación. Estudios como el de Prakoso et al. (2018) sugieren que el comportamiento de la fase de asfaltenos, es indicativo de su estabilidad dentro del petróleo y que esta va a depender de la composición, observando que el contenido organometálico del petróleo crudo desestabiliza los asfaltenos, mientras que un alto contenido fino aumenta la estabilidad de los mismos.

Según Mansur et al. (2012), el tamaño de partícula de los agregados de asfaltenos en tolueno a bajas concentraciones oscila entre 12 y 22 nm al medirse con un equipo detección láser. La adición de n-heptano induce el crecimiento de las partículas hasta su eventual precipitación a un tamaño > 1000 nm (1  $\mu\text{m}$ ), además, la presencia de aditivos dispersantes reduce el tamaño de los agregados asfálticos, inhibiendo la formación de partículas mayores de 1000 nm. La investigación citada muestra, entonces, resultados menores a los obtenidos en la presente investigación, sin embargo se debe tomar en cuenta que se utilizaron metodologías de medición diferentes y en el caso citado el petróleo crudo fue diluido en tolueno y no usado en forma pura, como en la presente investigación.

Por otro lado, Kraiwattanawong et al. (2009), midieron tamaños de agregados de asfaltenos para tres muestras de petróleo crudo de Alaska, con densidades entre 27 y 30 API, con valores comprendidos entre 1 y 30  $\mu\text{m}$  en una solución diluida, así mismo concluyeron que los agregados no se distribuyen de forma normal. En la presente investigación los tamaños promedio de agregados de asfaltenos se midieron entre 13.8 y 106.7  $\mu\text{m}$ , siendo los menores tamaños los de las muestras de menor densidad, lo que es coincidente con la investigación citada. Igualmente, se observa coincidencia en la forma en que se distribuyen las partículas, ya que en ambas investigaciones se

obtuvo que la distribución no sigue una tendencia hacia la normalidad.

Segovia (2009), también reportó valores de tamaño de agregados de asfaltenos en el umbral de floculación, para dos petróleos crudos de 20.8 y 38.6 API entre 2.2 y 5.5  $\mu\text{m}$ , valores menores a los obtenidos en la presente investigación para las muestras similares. Lo anterior indica que los agregados de asfaltenos presentan variedad de tamaños de partículas, debido a la complejidad de su estructura, la cual varía de un petróleo a otro, como lo expresa Akbarzadeh et al. (2007), los asfaltenos exhiben un amplio rango de pesos moleculares, lo que ha generado un debate entre los investigadores, sobre la estructura y el tamaño de los mismos. Ferworn, Svrcek y Mehrotra (1993), encontraron que para su muestra de seis petróleos crudos medianos y pesados del Alberta en Canadá, una gran mayoría de las partículas estaban lejos de tener forma redonda, con un tamaño medio de partícula que iba de 4.5 a 291  $\mu\text{m}$ , por lo que se observa que los valores obtenidos en esta investigación están dentro de ese rango. Estudios como el de Hasanvand, Behbahani, Feyzi y Mousavi (2017), también demostraron que el tamaño y la distribución de las partículas de asfaltenos en un crudo pesado de Teherán, dependen de la temperatura y la presión, por lo que puede haber variaciones importantes, así mismo, el tamaño y la distribución granulométrica de los asfaltenos influyen en el lugar donde se generan los depósitos en los pozos.

De lo anterior se puede concluir que los productos dispersantes de asfaltenos en esta investigación se aplicaron a sistemas con partículas relativamente grandes, con gran variación en cantidad y tamaño, tal como se obtuvo en el análisis de distribución, lo que podría tener una influencia significativa en la forma en que actuaron como dispersantes, influyendo igualmente en los coeficientes de correlación obtenidos. Autores como Hasanvand, Feyzi, Behbahani y Mousavi (2016) concluyeron que la distribución de tamaño de agregados de asfaltenos para un petróleo crudo de Irán, mostraba un ajuste a un modelo binormal, lo que contrasta con lo obtenido en la presente investigación. Otro factor que puede influir sobre el tamaño y la distribución de los agregados de

asfaltenos, es la temperatura a la cual se realicen los ensayos, lo que fue estudiado por Kananpanah, Bayat y Mousavian (2017), quienes concluyeron que el aumento de la temperatura por encima de una temperatura óptima causa la reducción del tamaño de los agregados de asfaltenos, lo que indica que el mecanismo de los agregados de asfaltenos es parcialmente reversible.

La distribución de los agregados de asfaltenos, medidos en el umbral de floculación, no siempre es constante, ya que depende de las características del petróleo, de los asfaltenos y de cómo estos reaccionen con el agente floculante, en este caso el n-heptano; asimismo, hay que tener en cuenta que no existe, al menos para las muestras estudiadas y en las condiciones de la investigación, un comportamiento normal en la distribución de los tamaños de agregados de asfaltenos. García-Jacomino et al. (2015) mostraron una distribución granulométrica del compuesto químico pirlusita medida por la metodología del círculo equivalente ajustado al Valor Extremo Mayor, similar a la obtenida en esta investigación.

La relación aparente, entre el diámetro medio de los agregados de asfaltenos y la eficiencia de los productos dispersantes, con respecto al parámetro del Índice de Inestabilidad, está fuertemente influenciada por los tamaños de las partículas de los agregados, pero esta relación no es lineal, sino que se ajusta a modelos de regresión no lineal y con tendencia inversa, es decir, con relaciones inversamente proporcionales. La presencia de dispersantes de asfaltenos causa disminución en el tamaño de los agregados, como lo expresaron Mansur et al. (2012), por lo que mientras mayor sea el tamaño, mayor cantidad de agente dispersante es necesaria para lograr un tamaño acorde que genere la dispersión, que en el caso de la investigación citada se estimó en menos de 0.022  $\mu\text{m}$ . Igualmente, Kraiwattanawong et al. (2009) obtuvieron que a mayor tamaño de partículas, menor es la eficiencia de los agentes dispersantes, ya que obtuvieron que la dispersión, en su caso de estudio particular, se logra con tamaños de partículas entre 0.1 y 1  $\mu\text{m}$ . El tamaño y número de partículas, también se relacionaron con la eficiencia de productos dispersantes de asfaltenos en la investigación de Segovia (2009), además

concluye que existe una concentración de aditivo donde empieza a actuar sobre la precipitación de asfaltenos obteniendo un número de partículas mayor pero de menor tamaño. Todos los resultados de las investigaciones citadas son consistentes con lo obtenido en la presente investigación, donde se demuestra que la eficiencia de los dispersantes de asfaltenos no depende solamente de su composición y la del petróleo (García & Moreno, 2005; López & Vásquez, 2012; Mendoza & Aguilarte, 2014), sino que también es función de la cantidad y tamaño de los agregados que se forman durante la floculación.

## V. CONCLUSIONES

Los diámetros promedio de los agregados de asfaltenos calculados para las muestras estudiadas, variaron entre 13.8 y 106.7  $\mu\text{m}$ , sin una tendencia definida con respecto a las propiedades densidad y viscosidad, observando que las muestras de petróleo pesado, cuando se mezclan con n-heptano, producen agregados de asfaltenos de mayor diámetro que los producidos en aceites medios.

Para todas las muestras de petróleo estudiadas, el comportamiento del tamaño de agregados no se ajustó a una distribución normal, siendo los modelos más comunes, las distribuciones Gaussiana Inversa y Birnbaum-Saunders.

Al correlacionar los diámetros promedios de los agregados de asfaltenos con la eficiencia de dispersión de los productos utilizados, se obtiene, en todos los casos, correlaciones negativas muy fuertes y significativas con un nivel de confianza de 95%.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda continuar investigando sobre la influencia de otros factores que pueden afectar el tamaño y la distribución del tamaño de los agregados, como la composición del petróleo, en función al análisis SARA y la temperatura, ya que estos también pueden influir en conjunto en la eficiencia de los productos dispersantes.

## VI. REFERENCIAS

Agimelen, O.S., Hamilton, P., Haley, I., Nordon, A., Vasile, M., Sefcik, J., & Mulholland, A.J. (2015). Estimation of particle size distribution and aspect ratio of non-spherical particles from chord length distribution. *Chemical Engineering Science*, 123,

- 629-640. doi: 10.1016/j.ces.2014.11.014.
- Akbarzadeh, K., Hammami, A., Kharrat, A., Zhang, D., Allenson, S., Creek, J., Kabir, S., Jamaluddin, A. et al. (2007). *Los asfaltenos: problemáticos pero ricos en potencial*. USA: Oilfield Review.
- Alomair, O., Jumaa, M., Alkorie, A., & Hamed, M. (2016). Heavy oil viscosity and density prediction at normal and elevated temperatures. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 6, 253-263. doi: 10.1007/s13202-015-0184-8.
- Ariza, E., Gutiérrez, J.F., Bolaño, A.A., & Santafé, E.R. (2012). Análisis de la simulación de precipitación de asfaltenos en el crudo del campo colorado. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, 10(1), 55-62.
- ASTM D287. (2012). *Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method)*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- ASTM D2196. (2015). *Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- ASTM E100. (2005). *Standard Specification for ASTM Hydrometers*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- Bagheri, G.H., Bonadonna, C., Manzella, I., & Vonlanthen, P. (2015). On the characterization of size and shape of irregular particles. *Powder Technology*, 270, 141-153. doi: 10.1016/j.powtec.2014.10.01.
- Barberii, E.E. (1998). *El pozo ilustrado*. Caracas: FONCIED.
- Delgado, J. (2006). *Asfaltenos, composición, agregación, precipitación*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Durán, J., Casas, Y., Xiang, L., Zhang, L., Zeng, H., & Yarranton, H.W. (2018). The Nature of Asphaltene Aggregates. *Energy & Fuels*, 33(5), 3694-3710. doi: 10.1021/acs.energyfuels.8b03057.
- Ferworn, K.A., Svrcek, W.Y., & Mehrotra, A.K. (1993). Measurement of Asphaltene Particle Size Distributions in Crude Oils Diluted with n-Heptane. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 32, 955-959.
- García, C., & Moreno, S. (2005). *Diseño de un equipo para la medición de la precipitación de asfaltenos y la evaluación de productos químicos inhibidores / dispersantes en condiciones de operación* (tesis de pregrado). Universidad de Oriente, Venezuela.
- García-Jacomino, J.L., Valdés-Arencibia, R., Ruiz-Mena, L., Quintana-Puchol, R., Cruz-Crespo, A., & Alvarez-Luna, M. (2015). Uso del procesamiento de imágenes digitales para medir los parámetros morfométricos de partículas. *Boletín Científico Técnico INIMET*, 1, 14-27.
- Hasanvand, M.Z., Behbahani, R.M., Feyzi, F., & Mousavi, S.A. (2016). The effect of asphaltene particle size and distribution on the temporal advancement of the asphaltene deposition profile in the well column. *The European Physical Journal Plus*, 131(5), 1-12. doi: 10.1140/epjp/i2016-16150-3.
- Hasanvand, M.Z., Behbahani, R.M., Feyzi, F., & Mousavi, S.A. (2017). Asphaltene particles size and size distribution change at high pressure high temperature conditions: experimental study on a heavy oil sample. *High Temperatures-High Pressures*, 46, 85-99.
- Honse, S.O., Ferreira, S.R., Mansur, C.R.E., & Lucas, E.F. (2012). Separation and characterization of asphaltenic subfractions. *Química Nova*, 35(10), 1991-1994.
- Hopkins, W. (2014). *A New View of Statistics*. Recuperado de <https://complementarytraining.net/free-will-hopkins-a-new-view-of-statistics-pdf-printout/>
- Ilyin, S., Arinina, M., Polyakova, M., Bondarenko, G., Konstantinov, I., Kulichikhin, V., & Malkin, A. (2016). Asphaltenes in heavy crude oil: Designation, precipitation, solutions, and effects on viscosity. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 147,

- 211-217. doi: 10.1016/j.petrol.2016.06.020.
- Kananpanah, S., Bayat, M., & Mousavian, M.A. (2017). The evolution of heavy crude oil's asphaltene particle size distribution by elevating temperature. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 14(3), 232-246. doi: 10.1504/ijogct.2017.082046.
- Khanam, T., Syuhada Wan Ata, W.N., & Rashedi, A. (2016). Particle Size Measurement in Waste Water Influent and Effluent Using Particle Size Analyzer and Quantitative Image Analysis Technique. *Advanced Materials Research*, 1133, 571-575. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1133.571.
- Kraiwatanawong, K., Fogler, H.S., Gharfeh, S.G., Singh, P., Thomason, W.H., & Chavadej, S. (2009). Effect of Asphaltene Dispersants on Aggregate Size Distribution and Growth. *Energy & Fuels*, 23(3), 1575-1582. doi: 10.1021/ef800706c.
- Kumara, G., Hayano, K., & Ogiwara, K. (2012). Image Analysis Techniques on Evaluation of Particle Size Distribution of Gravel. *International Journal of GEOMATE*, 3(1), 290-297.
- León, J.A. (2013). *Guía práctica laboratorio de fluidos gravedad API*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander
- López, F., & Vásquez, C. (2012). *Evaluación de la eficacia de un aceite a base de cáscaras de cítricos (Genus citrus) como dispersante del asfaltenos* (tesis de pregrado). Universidad de Oriente, Venezuela.
- Mansur, C.R.E., De Melo, A.R., & Lucas, E.F. (2012). Determination of Asphaltene Particle Size: Influence of Flocculant, Additive, and Temperature. *Energy & Fuels*, 26(8), 4988-4994. doi: 10.1021/ef300365x.
- Marín, T., Marcano, S., & Febres, M. (2016). Evaluación del aceite de *Jatropha curcas* como aditivo dispersante de asfaltenos en un crudo del campo el Furrial, Venezuela. *Ingeniería* 20(2), 99-107.
- Mendoza, I.I., & Aguilarte, M.F. (2014). *Comparación de la dispersión de asfaltenos aplicando productos químicos a base de resina de pino (Pinus caribaea) en diésel y productos comerciales Lipesa (460 Y 562)* (tesis de pregrado). Universidad de Oriente, Venezuela.
- Mullins, O.C. (2011). The Asphaltenes. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 4, 393-418.
- Navarro, L., Álvarez, M., Grosso, J.L., & Navarro, U. (2004). Separación y caracterización de resinas y asfaltenos provenientes del crudo castilla. Evaluación de su interacción molecular. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 2(5), 53-67.
- Panuganti, S.N. (2013). *Asphaltene Behavior in Crude Oil Systems* (Doctoral dissertation). Rice University, USA.
- Perry, R., & Green, D. (1999). *Chemical Engineers Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Prakoso, A., Punase, A., Rogel, E., Ovalles, C., Hascakir, B. (2018). Effect of Asphaltene Characteristics on Its Solubility and Overall Stability. *Energy & Fuels*, 32, 6482-6487. doi: 10.1021/acs.energyfuels.8b00324.
- Rajagopal, K., & Silva, S.M.C. (2004). An experimental study of asphaltene particle sizes in n-heptane-toluene mixtures by light scattering. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21(4), 601-609.
- Schroeder, S., Braun, S., Mueller, U., Sonntag, R., Jaeger, S., & Kretzer, J.P. (2019). Particle analysis of shape factors according to American Society for Testing and Materials. *Journal of Biomedical Materials Research Part B*, 1-9. doi: 10.1002/jbm.b.34382.
- Segovia, M. (2009). *Obtención de las distribuciones de tamaño de partículas en el umbral de precipitación de asfaltenos de crudos de petróleo. Influencia del uso de aditivos* (tesis de pregrado). Universidad Rey Juan Carlos, España.
- Shanthi, C., Porpatham, R.K., & Pappa, N. (2014). Image Analysis for Particle Size Distribution. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 6(3), 1340-1345.

Speight, J.G. (2004). Asphaltenes, Resins and the Structure of Petroleum. *Oil & Gas Science and Technology*, 59(5), 467-477.

Svalova, A., Parke, N., Povey, M.J.W., & Abbott, G.D. (2017). Determination of Asphaltene Critical Nanoaggregate Concentration Region Using Ultrasound Velocity Measurements. *Scientific Reports*, 7(1), 16125. doi: 10.1038/s41598-017-16294-5.

# Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador

Salomón, Barrezueta-Unda<sup>1\*</sup>; Kelvin, Velepucha-Cuenca<sup>2</sup>; Mayra, Solano<sup>3</sup>; Luis, Hurtado-Flores<sup>4</sup>

## Resumen

El suelo es el recurso natural más vulnerable frente al cambio climático, debido a que constituye la mayor reserva de carbono y su potencial productivo se encuentra amenazado por la intensificación de la explotación agrícola y ganadera. La capacidad de almacenar carbono orgánico del suelo (COS) por los pastizales debe ser estudiada, ya que ocupan la mayor superficie en el planeta. El objetivo de la investigación fue caracterizar dos suelos cultivados con pasto *Baccharia* sp. mediante la descripción de algunas propiedades generales del suelo y la producción de biomasa neta (PNB) a nivel radicular; además, se analizó el almacenamiento de COS a diferentes profundidades en pastizales de la provincia de El Oro (Ecuador). Se establecieron parcelas de 3.0 ha en las localidades Santa Inés (SI) y Comuna Cune (CN), donde se tomaron muestras de suelo y de biomasa radicular del pasto. La profundidad del muestreo fue de 0-0.10 m (C1), 0.10-0.20 m (C2) y 0.20-0.30 m (C3). Las diferencias se mostraron en el pH del suelo (alcalinidad para SI; acidez para CN), y en los porcentajes de arcilla (<157.11 g kg<sup>-1</sup> en CN). Se determinó mayor número de unidades formadoras de colonias en bacterias y de PNB en CN, así como la mayor acumulación de COS (C3= 35.01 Mg ha<sup>-1</sup>; C2=33.44 Mg ha<sup>-1</sup>), mientras en SI el mayor valor fue de 18.43 Mg ha<sup>-1</sup> en C1. En general, los resultados sugieren que se necesita un adecuado conocimiento de la geología para limitar mejor la evolución del COS almacenado.

**Palabras claves:** *Brachiaria*, propiedades del suelo, producción neta de biomasa, unidades formadoras de colonias.

## Sequestration of soil organic carbon in grasslands in the province of El Oro, Ecuador

### Abstract

The soil is the natural resource most vulnerable to climate change, because it represents the largest carbon pool and its productive potential is at risk from the intensification of agricultural and livestock. The capacity to store soil organic carbon (SOC) by grasslands should be studied, as they occupy the largest area on the planet. The objective of this research was to characterize two soils cultivated with *Brachiaria* sp. (signalgrass) describing some general properties of the soil and the net biomass production (NBP) at root level; in addition, the storage of SOC at different depths in grasslands in the province of El Oro (Ecuador) was analyzed. Plots of 3.0 ha were established in Santa Inés (SI) and Cune (CN), where soil and root biomass samples were taken. The sample depth was 0-0.10 m (C1), 0.10-0.20 m (C2) and 0.20-0.30 m (C3). Differences were shown in soil pH (alkalinity for SI; acidity for CN), and clay percentages (<157.11 g kg<sup>-1</sup> in CN). A higher number of colony-forming units was determined in bacteria and NBP in CN, as well as the greater accumulation of SOC (C3=35.01 Mg ha<sup>-1</sup>; C2=33.44 Mg ha<sup>-1</sup>), while in SI the higher value was 18.43 Mg ha<sup>-1</sup> in C1. In general, the results suggest that an adequate knowledge of geology is needed to better limit the evolution of the stored SOC.

**Key words:** *Brachiaria*, soil properties, net production of biomass, colony forming units.

**Recibido:** 4 de junio de 2019  
**Aceptado:** 20 de octubre de 2019

<sup>1</sup> Doctor en investigación Agraria y Forestal. Profesor titular; Profesor titular de la Universidad Técnica de Machala. [sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec).

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Machala. [kavelepucha\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:kavelepucha_est@utmachala.edu.ec)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Machala. [masolano\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:masolano_est@utmachala.edu.ec)

<sup>4</sup> Master en Microbiología. Profesor titular en la Universidad Técnica de Machala. [lhurtado@utmachala.edu.ec](mailto:lhurtado@utmachala.edu.ec)

\* Autor de correspondencia: [sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec)

## I. INTRODUCCIÓN

La expansión de los sistemas agrarios desempeña un papel importante en el almacenamiento de carbono en los suelos (Lorenz & Lal, 2014; Zhang et al., 2018). Uno de los sistemas agrarios de mayor crecimiento en los países de clima tropical y subtropical, son los pastizales (Don et al., 2011; Rattan Lal, 2015; Lorenz & Lal, 2014), lo cual condujo a que grandes extensiones de bosques fueran deforestadas para dar paso a este sistema agrario, provocando reducción del carbono almacenado en los suelos (Gaba et al., 2015); por tanto, se produjo un efecto directo en el cambio climático global, al aumentar los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitidos hacia la atmósfera (Brahma et al., 2018; Rattan Lal et al., 2015).

Para algunos investigadores (Ramachandran-Nair et al., 2009; Tonucci et al., 2017; Eze et al., 2018; Meyer et al., 2018), los pastizales presentan una gran capacidad de secuestrar carbono orgánico en los suelos, principalmente por tres factores: la producción bruta de biomasa radícula (Meyer et al., 2018), por la excreta de los animales y el manejo del suelo (Rattan Lal, 1998; Tilman et al., 2002). Es por ello, que los niveles de secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) pueden evaluarse a partir de la biomasa vegetal, la actividad microbiana o recuento de microorganismos edáficos, o por las propiedades físicas y químicas del suelo (Vallejo-Quintero, 2013; Han et al., 2016).

Por otra parte, la producción de pastos es el uso del suelo más extendido en el planeta y el medio de subsistencia de 1 millón de familias, siendo un eslabón importante en la cadena alimentaria de las personas (Lefèvre, Rekik, Alcantara, & Wiese, 2017; Lorenz & Lal, 2018). En Ecuador, los pastizales son el principal uso del suelo agrícola, la estimación del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) del área cultivada con pastos permanentes y transitorios fue de 4 840 926.62 ha en el 2010 (INEC, 2017), mientras el área dedicada a la producción de banano, cacao y café fue de 2 551 513.00 ha (Monteros Guerrero, Sumba Lusero, & Salvador Sarauz, 2014).

Estudios realizados en Ecuador indican que la sustitución del bosque nativo por pastizales en las zonas tropicales (región Costa y Amazonía), subtropicales

(pie de monte andino) y de clima templando-frío (páramo andino), ha tenido efectos negativos como: la compactación, acidificación y baja población de microorganismos en el suelo, acompañado de la disminución del contenido de materia orgánica; lo que ha conducido a la pérdida de niveles de COS principalmente en los primeros 30 cm (Rhoades et al., 2000; Bravo et al., 2017).

Los objetivos de la investigación fueron: caracterizar dos suelos cultivados con pasto *Bachearia* sp, mediante la descripción de algunas propiedades generales del suelo y la producción de biomasa neta a nivel radicular; así como, analizar la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en la Granja Experimental Santa Inés (SI) en el Municipio de Machala (03° 17' 16" S; 79° 54' 05" O) y la comuna de Cune (CN) en el Municipio de Chilla (03°37'15" S; 79°60'46" O). Ambos sitios en la provincia de El Oro (Ecuador), donde el modelo de ganadería predominante es el intensivo y de doble propósito (Staller, 2001). La temperatura es diferente para cada sitio, se presenta una media anual de 24.87°C±4 a nivel del mar en el caso de SI y 21.1 °C ±4° entre 550 a 1100 msnm para CN. La precipitación acumulada anual fue de 708.4 mm y 1755 mm para SI y CN respectivamente, con un periodo lluvioso entre diciembre a mayo y una época menos lluviosa de junio a noviembre (Hasan & Wyseure, 2018; Luna-Romero et al., 2018).

### Condiciones del terreno

En SI el terreno es una planicie costera, mientras que en CN se ubica en una zona de montaña con laderas que disminuye su altitud de norte a sur (Rhoades et al., 2000). En ambos sitios los tipos de clase textural que prevalecen son: franco-arcillosa y franco arenoso en los primeros 30 cm del suelo (Moreno et al., 2016).

El detalle de las principales características de los sitios con su respectivo uso de suelo se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los sitios Granja Santa Inés (Machala) y Comuna Cune (Chilla).

Características	Santa Inés (SI)	Cune (CN)
Pendiente (%)	0-8	5-20
Subgrupo de suelo <sup>1</sup>	Aquic Dystrustepts	Typic Haplanthrepts
Color del suelo en seco <sup>2</sup>	10 YR 6/1	10YR4/2
Uso actual	Pasto (30 años) Bosque (>50 años)	Pasto (20 años) Bosque (>50 años)

<sup>1</sup> Clasificación (USDA, 2010) tomado de Villaseñor et al. (2015).

<sup>2</sup> Lectura en Tabla MUNSELL COLOR (1994).

### Diseño del muestreo

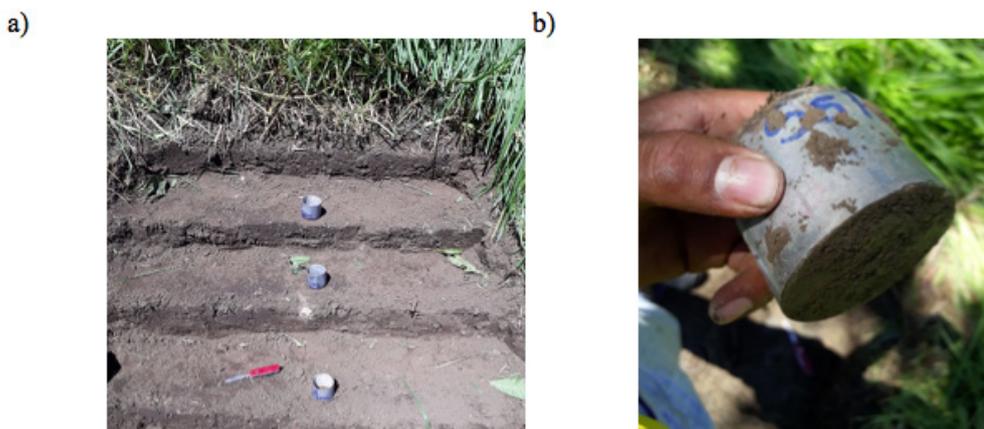
En cada localidad se delimitó una parcela de 3.00 ha cultivadas con pasto, de la variedad *Brachiaria sp*, donde se tomaron muestras de suelo y de raíces. Para este fin, se realizaron dos tipos de muestreo en función de la topografía del terreno, los cuales se detallan a continuación.

En la Granja Santa Inés por ser un terreno plano con árboles dispersos se optó por demarcar en el centro de la parcela, separados a 100 m, tres transectos de 30 m de largo, en los cuales se extrajeron las muestras a 1 m, 15 m y 30 m. El muestro se realizó a una altura menor de 5 msnm, por tanto, no fue necesario subdividir las parcelas.

Por la ubicación de la Comuna Cune en terreno de alta pendiente (> 25%), se delimitaron tres subparcelas ubicadas en

tres pisos altitudinales (<100 m; entre 500 a 1000 m y > 1000 m). En cada subparcela el muestro se realizó en forma de L, de 25 m de largo en vertical siguiendo la pendiente y 25 m en horizontal que se ubicó a la derecha por la dirección que toma el aspecto de la montaña. En cada subparcela se demarcaron los puntos de muestreo a los 0 m, y al final de los 25 m en vertical y horizontal (Singh & Benbi, 2018).

Para determinar el COS, en cada punto de muestreo se realizó el procedimiento recomendando por Hairiah et al., (2010), que consiste en conformaron escalones de 0.20 m de ancho y de 0.10 m de profundidad (Figura 1 a). Las muestras de suelo de tipo inalteradas fueron tomadas con un cilindro metálicos de 100 cm<sup>3</sup> ±2 (Figura 1 b); a continuación, las muestras se codificaron como capa 1 (C1) de 0 a 0.10 m, capa 2 (C2) de 0.10 a 0.20 m y capa 3 (C3) de 0.20 a 0.30 m.



**Figura 1.** Esquema de toma inalteradas del suelo. a) conformación de escalones (capas) cada 10 cm, b) cilindro con muestra de suelo inalterada

En los puntos de muestreo, adicionalmente se recolectaron muestras compuestas de 1.5 kg de suelo por cada capa. Una porción de la muestra se conservó en refrigeración a 4°C para los análisis microbiológicos. La otra porción se secó al aire, se tamizó a 2 mm, y se utilizó para los análisis físicos y químicos. El trabajo de campo fue realizado en junio del 2017 (SI) y julio de 2018 (CN).

### Análisis de propiedades del suelo

Con las muestras de suelo inalteradas, se obtuvo la propiedad física densidad aparente ( $D_a$ ), que se determinó por la diferencia de peso de la muestra en fresco y la muestra seca en una estufa a 105 °C durante 48 h, resultado dividido para el volumen del cilindro (Ecuación 1), como lo sugiere Don *et al.* (2011).

$$BD = \frac{Ms}{Vc} \quad (1)$$

### Dónde:

$D_a$ =Densidad aparente ( $g\ cm^3$ ).  $M_s$ =Peso de la muestra seca dentro del cilindro.  $V_c$ = volumen vacío del cilindro. Las determinaciones fueron realizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Los análisis físicos y químicos de suelo se realizaron mediante procedimientos analíticos:

arcilla por el método del hidrómetro de Bouyoucus (Monroe *et al.*, 2016), pH (en agua relación 1:2.5), conductividad eléctrica (CE) en pasta de saturación con agua, carbono orgánico (CO) por digestión húmeda con dicromato de potasio (Walkley & Black, 1934), nitrógeno (N) por micro Kjeldahl, fósforo (P) por absorción atómica y potasio (K) por Olsen modificado (Olsen & Sommers, 1982). Determinaciones que se realizaron en el laboratorio de suelos de la Agencia de Regulación Fitosanitaria del Ecuador (AGROCALIDAD).

### Calculo de producción de neta de biomasa (PNB) radicular para pasto

Dentro de las parcelas se recolectó la masa radicular de *Brachiaria* sp., para lo cual, se usaron cuadrantes de madera de 0.25 m<sup>2</sup>, lanzadas al azar dentro de cada punto de muestreo, procedimiento tomado de Díaz *et al.*, (2016)(Figura 2 a). A continuación, se extrajeron 30 cm de suelo con raíces de las plantas (Figura 2 b), que fueron lavadas con agua destilada para eliminar el suelo adherido, insectos y rocas. Después se cortaron las raíces para escoger las de diámetro <5 mm y <50 mm de largo, para el cálculo de la producción neta de biomasa (PNB), procedimiento que permitió registrar el peso raíces en húmedo ( $Pr_h$ ) y peso de raíces en seco ( $Pr_s$ ) a 80 °C por 48 h (Kurz *et al.*, 1996), resultados que fueron utilizados en la siguiente ecuación (2) que incluye los factores de 0.47 de carbono orgánico, área de la parcelas (4 ha) y el factor de superficie 1 000 000, resultado expresado en  $Mg\ ha^{-1}$  (McGroddy *et al.*, 2015).

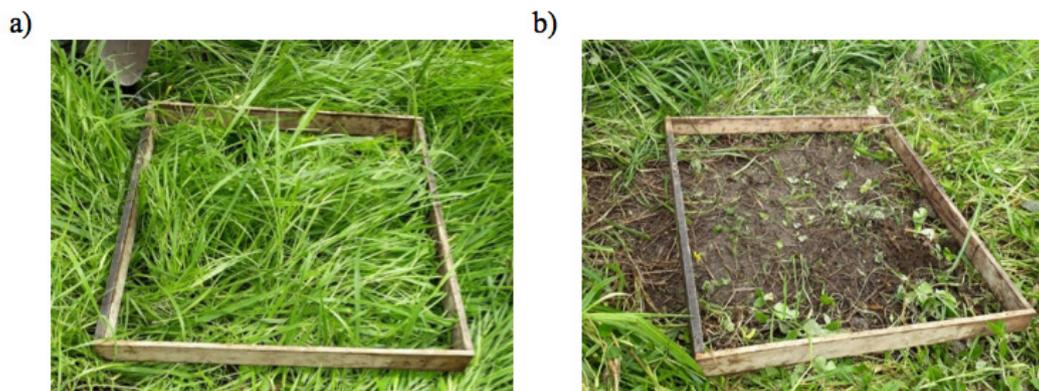


Figura 2. Cuadrante utilizado para la toma de muestra de raíces para estimar la producción neta de biomasa (PNB)

$$PNB = \frac{\{[(Prh-Prs)*0.47]*[(0.25*4)*10\ 000]\}}{1\ 000\ 000} \quad (2)$$

### Determinación de flora total y colimetría en el suelo

Para los recuentos de flora total (FT) y colimetría (CL), se realizaron cultivos en diluciones seriadas del suelo en agua con una solución buffer salino, preparada con  $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$  y NaCl. Para la siembra se usó como medio de cultivo los agares plate counter (TM MEDIA, India) y Macconkey (TM MEDIA, India). La siembra se realizó sobre cajas de petri con una distribución homogénea sobre la superficie del plato en una cámara de flujo laminar (Ortíz-Maya et al., 2017). A continuación, se transfirieron a la incubadora a 38 °C durante 24 h y 48 h para el conteo de FT y CL respectivamente; y se efectuó conteo de Unidades Formadoras de Colonias totales por gramo de suelo (UFC  $g^{-1}$ ). Estimación realizada en un contador digital Leica modelo 3327 (Leica, Colorado, USA).

### Cálculo del almacén de carbón orgánico del suelo

La cantidad de COS almacenada se calculó (Ecuación. 3), multiplicando el carbono orgánico (CO) por la Da ( $g\ cm^3$ ), la profundidad (d) de muestreo del suelo (0.10 m) y por el factor 10 000 (Ruiz Potma Goncalves et al., 2017).

$$COS\ almacenado\ (Mg\ ha^{-1}) = Da * d * (CO/100) * 10\ 000 \quad (3)$$

### Procedimiento estadístico

Para la caracterización de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y los valores de COS almacenado se calcularon medidas de resumen de datos que incluyeron tendencia central y dispersión. Para conocer si se presentan diferencias estadísticas significativas entre las capas para cada sitio estudiado se utilizó análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos (C1, C2, C3), previo cumplimiento de los requisitos de independencia de errores, normalidad de datos y homogeneidad de varianzas. Procedimiento similar se utilizó para conocer si existe diferencia estadística significativa para cada sitio y altitud en función de PNB; así como, por capa en cada

sitio para COS. Cuando se presentaron diferencias estadísticas se aplicó prueba post hoc (Tukey) para conocer entre que grupo existen diferencias o similitudes. Para determinar si existe diferencia estadística entre los sitios en función de las propiedades biológicas del suelo se aplicó una prueba t de Student para grupos independientes. Para establecer la correlación entre las variables COS y las propiedades del suelo se determinó el coeficiente de correlación de Pearson al 1 y 5 % de significancia.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa SPSS, versión 23.0 de prueba para Windows (SPSS Inc, 2013) y un nivel de significancia de 5%.

## III. RESULTADOS

### Características de los suelos

En la tabla 2, se presentan la comparación entre capas por cada sitio estudiado de las propiedades de suelo relacionadas con el almacenamiento del COS. Se obtuvo diferencias significativas solo en las propiedades carbono orgánico, nitrógeno y potasio para las muestras de suelo tomadas en la Comuna Cune.

En cuanto a las propiedades físicas como la Da, la variación fue poca (SI: 1.09-1.12  $kg\ m^3$ ; CN: 1.04-1.11  $kg\ m^3$ ); valores que no indican problemas de compactación, contrario a lo determinado por Brahma et al., (2018) en la India en la sucesión bosque a pasturas, donde la Da fue  $>1.62\ kg\ m^3$ . Los resultados de arcilla en SI (352.67  $g^{-1}\ kg^{-1}$ ; 443.33  $g^{-1}\ kg^{-1}$ ; 380.33  $g^{-1}\ kg^{-1}$ ), fueron superiores a los determinados para CN que no sobrepasan los 157.11  $g^{-1}\ kg^{-1}$ . Valores que clasifican a los suelos en clase textural franco arcillosa (SI) y franco arenoso (CN).

La reacción química del suelo presentó variaciones entre las localidades. El pH osciló de 8.76 a 9.06, en SI y entre 5.31 a 5.37 en la CN; valores que indicaron alcalinidad y acidez del suelo respetivamente. Estos valores son típicos para los suelos de zona costera que varían entre pH 7 a 9 y de pH 4.2 (bosque) a 5.3 (pasto) para suelos en montañas del Ecuador (Rhoades et al., 2000; Potthast et al., 2012).

Los valores de CE en general fueron bajos (rango SI: 0.87-1.12  $dS\ cm^{-1}$ ; rango CN: 0.82-0.86

dS cm<sup>-1</sup>). Resultados similares a los obtenidos por Chávez-Velazco & Araya-Vargas, (2009) y Barrezueta-Unda & Paz-González (2017), en la zona en estudio.

Los niveles de carbono orgánico por cada localidad fueron diferentes. En SI, el CO disminuyó de 1.68% en la primera capa, a 0.67% en la última capa, valores categorizados como bajos. Mientras en la CN el CO incrementó de 3.09% a 3.37%, valores inferiores a los determinados por Don et al. (2011) y Potthast et al. (2012), en suelos con pendiente entre 10 a 30%, en los andes ecuatorianos, pero altos en comparación con los suelos de pie de monte de Tailandia e Italia (Masamichi et al., 2019; Novara et al., 2013); en todos los casos el uso del suelo fue pastos en sucesión de bosques. Martínez, Fuentes, & Acevedo (2008), encontraron una relación directa entre la acidez del suelo y los niveles de carbono, que indican que la materia orgánica, en este caso cuando el pH tiene un rango

de 5.31-5.37 en CN, estaría relacionado con el nivel de CO.

Los niveles de N y P fueron bajos en ambos sitios como se puede observar en la Tabla 2. Los valores de nitrógeno oscilaron entre 0.09-0.01% (SI) y 0.35-0.31% (CN). El fósforo, presentó rangos de 8.9-3.5 mg kg<sup>-1</sup> (SI) y 8.88-4.33 mg kg<sup>-1</sup> (CN). En el caso del potasio, los resultados variaron entre 1.59-0.48 cmol kg<sup>-1</sup> (SI) y de 1.00-0.90 cmol kg<sup>-1</sup> (CN) lo cual indica un nivel alto (> 0.40 cmol kg<sup>-1</sup> de K) de este elemento. Para Priess, de Koning & Veldkamp (2001), los suelos de las montañas bajas y zonas de costa del Ecuador las pérdidas de macronutrientes no son compensadas con la entrada de estiércol que puede aportar el ganado, debido a que gran parte se pierde por la cosecha del pastizal, por la lixiviación hídrica de origen antrópica (riego por inundación) y precipitaciones), así como, por las pérdidas de gases en el caso del N como NO<sub>2</sub> y por la erosión.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos y test de Tukey (p<0.05) por capas de las propiedades generales del suelo en los sitios SI y CN.

Sitio/Capas (N=9)	Da (g cm <sup>-2</sup> )	Arcilla (g <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	pH	C.E (dS cm <sup>-1</sup> )	CO (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (cmol kg <sup>-1</sup> )
<b>SI</b>								
C1	1.09 sn	352.67 sn	8.76 sn	0.87 sn	1.68 sn	0.09 sn	8.9 sn	1.59 sn
C2	1.16 sn	443.33 sn	9.06 sn	1.12 sn	1.11 sn	0.02 sn	3.5 sn	1.00 sn
C3	1.13 sn	380.33 sn	9.03 sn	1.12 sn	0.67 sn	0.01 sn	3.5 sn	0.48 sn
<b>CN</b>								
C1	1.04 sn	134.89 sn	5.31 sn	0.82 sn	3.09 a	0.35 a	6.50 sn	1.00 a
C2	1.06 sn	157.11 sn	5.37 sn	0.84 sn	3.29 b	0.31 b	8.88 sn	1.05 b
C3	1.11 sn	129.78 sn	5.31 sn	0.86 sn	3.37 b	0.31 b	4.33 sn	0.9 c

C1 (capa 1 de 0-0.10 m); C2 (capa 2 de 0.10-0.20 m); C3 (capa 3 de 0.20-0.30 m)

\*Letras diferentes indican significancia estadística (para p-valor<0.05). sn=sin significancia estadística.

En la Tabla 3 se presenta la comparación de medias de PNB con el test de Tukey al 5% de significancia que aporta la especie *Brachiaria* sp. en los suelos en estudio. Se observó mayor generación de biomasa radicular en CN cuando sobrepasan los 1000 msnm, obteniendo 1.13 Mg ha<sup>-1</sup> de PNB y disminuye a 0.95 Mg ha<sup>-1</sup> (500 a 1000 m de altura) y 0.44 Mg ha<sup>-1</sup> (< 100 m de altura). Mientras en SI el valor fue de 0.39 Mg ha<sup>-1</sup> (SI < 10 m). Resultados que mostraron diferencias significativas cuando se sobrepasan los 500 m

de altitud, pudiendo incidir la pendiente en el desarrollo radicular de *Brachiaria* sp, debido que el mayor tiempo de pastoreo en la CN se realiza en el sector más plano (pendiente <15%), lo que ocasiona una sobre explotación del recurso suelo y también a una mayor proporción de arcilla en el caso de los suelos de la SI, que pudo limitar la producción de biomasa radicular. Jiménez & Lal (2006), expresan que la PNB está relacionada a la respiración del suelo, entonces entre mayor biomasa radicular la cantidad de COS es más estable y por lo tanto, mayor retención de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3.** Comparación de medias (Tukey al 5%) de producción neta de biomasa (PNB) de raíces de las especies *Brachiaria* sp. por sitios.

Sitio/Altitud (msnm)	N	Media (Mg ha-1)	DS (±)
CN > 1000	3	1.13 a	0.11
CN 500 -1000	3	0.95 a	0.38
CN <100	3	0.44 b	0.02
SI < 10	6	0.39 b	0.09

\*Letras diferentes indican diferencias significativas (p-valor<0,05). DS=desviación típica o estándar.

El test de Tukey que se presenta en la Tabla 4, muestra diferencia significativa (p<0.05) entre los usos de suelo para la propiedad biológica FT. El mayor promedio correspondió a la CN con 8,5 x10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup>, valor alto de FT con respecto a la investigación de Álvarez-Solís & Azueto-Martínez (2004), que obtuvieron rangos entre 6,27-6,91 x10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup> en pastos con propiedades del suelo similares al estudio (pH 4.40-5.1 de clase textural franco arenosa). En SI, el conteo de FT fue bajo en comparación con el promedio de 4,1 x10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup>, obtenido en soja en suelos con clase textural franco arcillosos y de pH 6.01-6.4 (Fernández *et al.*, 2005). En investigaciones sobre actividad microbiana en suelos ecuatorianos, se determinó una relación directa con los altos contenidos de CO y del P con la abundancia de bacterias tipo gram positivas como las actinobacterias, relacionadas con la formación de humus (Crespo *et al.*, 2011; Potthast *et al.*, 2012; Tischer, Potthast, & Hamer, 2014; Zhou, Wang, & Luo, 2018); efecto que puede estar relacionado con la mayor abundancia de FT en las muestras de suelo de CN.

Por otra parte, los cuatro promedios de coliformes (Tabla 4), indicador biológico del suelo relacionado con la cantidad de bacterias de la familia *bacteroidetes* (gram negativas) que se encuentran en la materia fecal (Zhou *et al.*, 2018), no presentan diferencias significativas (p-valor=0.28), al compararse entre sitios. Los valores de CL oscilaron entre 1,95 x 10<sup>6</sup> (CN) y 0,39 x 10<sup>6</sup> (SI). Para Chen *et al.* (2018), las altas cargas de bacterias en el suelo se encuentran relacionadas al pH ácido, mientras Weil & Brady (2017) expresan, que los disturbios antropogénicos son más acentuadas en suelos con un pH alcalino, siendo un factor negativo para el aumento de la actividad microbiana. Fernández *et al.* (2005), señalaron que la cantidad de UFC g<sup>-1</sup> de CL en el suelo se encuentra influenciado por el manejo agronómico como, por ejemplo: por aplicación excesiva de fertilizantes químicos y pesticidas. Otro factor que puede incidir en los valores de FT y CL es el desarrollo radicular del pasto, que presenta mayor acumulación de raíces en los primeros 10 cm del suelo, y por tanto mayor número de bacterias (Makeschin *et al.*, 2008).

**Tabla 4.** Prueba t Student (p-valor<0.05) entre SI y CN de la flora total (FT) y de la colimetría (CL) de bacterias, en los primeros 0.10 m del suelo.

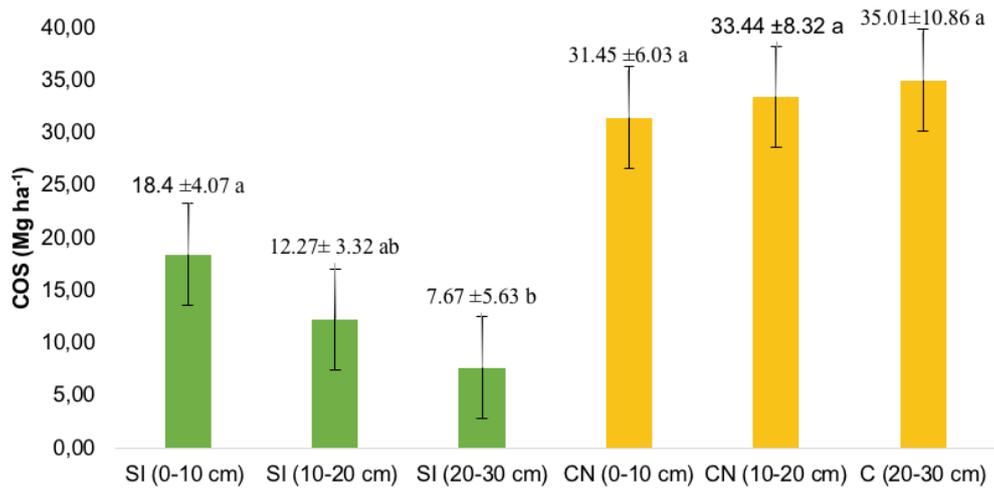
Sitio (N=3)	Propiedad biológica	Media (UFC/g de suelo)	Rango	Sig. (p-valor<0,05)
SI	FT	3,23 x 10 <sup>6</sup> ab	3,90 x 10 <sup>6</sup>	0,01
CN		8,50 x 10 <sup>6</sup> a	6,10 x 10 <sup>6</sup>	
SI	CL	0,39 x 10 <sup>6</sup> a	8,70 x 10 <sup>5</sup>	0,28
CN		1,95 x 10 <sup>6</sup> a	3,42 x 10 <sup>6</sup>	

El análisis del COS almacenado por cada sitio y capa se presenta en la Figura 3. En SI, el COS presentó un descenso de forma gradual de la primera capa (18.43 Mg C ha<sup>-1</sup>) a la última

capa (7.67 Mg C ha<sup>-1</sup>), mostrando diferencias significativas entre las tres capas. Mientras que en las parcelas de CN el patrón de almacenamiento del COS se incrementó de 31.34 Mg C ha<sup>-1</sup> en la

primera capa C1 a 35.01 Mg C ha<sup>-1</sup> en la tercera capa. La alta variabilidad de COS almacenado en SI, puede obedecer a la estacionalidad del clima, que retrasa los procesos fisiológicos de las plantas al sur del Ecuador, y a un programa inadecuado de pastoreo, que provoca acumulación irregular de restos de flores, frutos, hojas y de raíces como lo expone Bendix *et al.* (2006). La menor cantidad de arcilla en los suelos de la Comuna Cune puede influir en el fenómeno de eluviación (transporte de nutrientes hacia horizontes inferiores del suelo), hechos registrado por Scott *et al.* (1999), en bosques y pasturas.

La suma total COS almacenada fue mayor en CN con 99.79 Mg C ha<sup>-1</sup>, con una distribución porcentual entre C1 y C3 de 31.41% y 38.08%. Resultados que concuerdan con otras investigaciones en suelos de alta pendiente, donde más del 60% del COS almacenado se ubica en los primeros 0.20 m del suelo (Gebeyehu & Soromessa, 2018; Minasny *et al.*, 2017; Tonucci *et al.*, 2017). Mientras en SI el total de COS fue 38.34 Mg C ha<sup>-1</sup> y una distribución en las dos primeras capas del 80.53 %, resultado similar a los obtenidos por Bravo *et al.* (2017), en pastos de la región amazónica del Ecuador.



**Figura 3.** Comparación de COS almacenado por sitios y capas.  
\*Letras diferentes para cada sitio, indican diferencias estadísticas significativas para un p-valor < 0.05.

La matriz de Pearson entre los resultados de COS almacenado de SI y CN y las propiedades arcilla, pH, CE, N, P, K, PBR, FT y CL, se presenta en la Tabla 5. El Nitrógeno mostró una alta correlación (p-valor < 0.00) positiva (0.62\*\*), en la CN, mientras que el pH indicó una correlación (p-valor = 0.04) negativa (-0.49\*) en SI. En el caso del pH igual correlación fue determinada por

Ruiz, Elizalde, & Paolini (2000), en el estado de Guárico en Venezuela, aunque en el uso de suelo bosque. Barré *et al.* (2017) señalan que los suelos más desarrollados tienen mayor capacidad de almacenar carbono, aunque la composición de la vegetación anterior también influye en los niveles de COS y, por tanto, los niveles de nitrógeno se correlacionan.

Tabla 5. Matriz de correlación de Pearson para el COS.

Propiedades del suelo	COS	
	SI	CN
Arcilla	-0.09 (p-valor=0.73)	-0.22 (p-valor=0.26)
pH	<b>-0.49* (p-valor=0.04)</b>	-0.25 (p-valor=0.21)
CE	-0.44 (p-valor=0.08)	-0.38 (p-valor=0.05)
N	0.47 (p-valor=0.24)	<b>0.62** (p-valor=0.00)</b>
P	0.05 (p-valor=0.91)	-0.24 (p-valor=0.30)
K	0.34 (p-valor=0.41)	-0.19 (p-valor=0.42)
PBR	0.77 (p-valor=0.08)	-0.61 (p-valor=0.08)
FT	-0.09 (p-valor=0.78)	0.82 (p-valor=0.38)
CL	-0.48 (p-valor=0.20)	0.79 (p-valor=0.42)

Significancia estadística \*(0.05) \*\*(0.01).

#### IV. CONCLUSIONES

Las propiedades del suelo que diferencia a los dos sitios son: los niveles de arcilla y el pH. En el caso de los suelos de SI las proporciones de arcilla revelaron un suelo con clase textural franco arcilloso con pH alcalino, contrario a lo determinado en CN, donde los suelos presentan clase textural francos arenosos con pH ácido.

Los niveles de FT y CL, así como la PNB fueron mayores en los suelos de la CN, sin tener correlaciones con el COS almacenado, contrario a lo encontrado en el pH y el N en SI y CN respectivamente, lo que revela que la condición alcalina del suelo puede influir de forma negativa en los niveles de COS en los suelos de SI.

La mayor cantidad de COS almacenado fue en CN, con un ligero incremento en la tercera capa, posiblemente debido al efecto de eluviación y escorrentía, que pudo trasladar el carbono hacia la capa inferior (0.20-0.30 m). Este hecho puede influir significativamente en las reservas de carbono, pero se necesita más investigación para comprender cómo influye el material parental del suelo, ya que no puede explicarse simplemente por los parámetros fisicoquímicos básicos del suelo (arcilla y pH). En general, los resultados sugieren que se necesita un adecuado conocimiento de la geología para limitar mejor la evolución de los COS almacenados.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Solís, J., & Azueto-Martínez, M. (2004). Actividad microbiana del suelo bajo

diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 38(1), 13–22.

Barré, P., Durand, H., Chenu, C., Meunier, P., Montagne, D., Castel, G., ... Cécillon, L. (2017). Geological control of soil organic carbon and nitrogen stocks at the landscape scale. *Geoderma*, 285(January), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.029>

Barrezueta-Unda, S., & Paz-González, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Agroecosistemas*, 5(1), 2–9.

Bendix, J., Homeier, J., Cueva Ortiz, E., Emck, P., Breckle, S. W., Richter, M., & Beck, E. (2006). Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. *International Journal of Biometeorology*, 50(6), 370–384. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0029-8>

Brahma, B., Pathak, K., Lal, R., Kurmi, B., Das, M., Nath, P. C., ... Das, A. K. (2018). Ecosystem carbon sequestration through restoration of degraded lands in Northeast India. *Land Degradation & Development*, 29(1), 15–25. <https://doi.org/10.1002/ldr.2816>

- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., ... Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18(11).
- Chávez-Velazco, C., & Araya-Vargas, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 361–369.
- Chen, S., Wang, W., Xu, W., Wang, Y., Wan, H., Chen, D., ... Bai, Y. (2018). Plant diversity enhances productivity and soil carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(16), 201700298. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1700298114>
- Crespo, P., Feyen, J., Buytaert, W., Bücker, A., & Breuer, L. (2011). Identifying controls of the rainfall – runoff response of small catchments in the tropical Andes ( Ecuador ). *Journal of Hydrology*, 407(1–4), 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.07.021>
- Díaz, P., Ruiz, G., Tello, C., & Arévalo, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra , en la región San Martín Perú. *Revista Intenacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 1(2), 57–67.
- Don, A., Schumacher, J., & Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17(4), 1658–1670. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x>
- Eze, S., Palmer, S. M., & Chapman, P. J. (2018). Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings. *Journal of Environmental Management*, 223(October 2017), 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.013>
- Fernández, L., Zalba, P., Gómez, M., & Sagardoy, M. (2005). Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la region sojera. *Ciencia Del Suelo*, 23(1), 31–37. Retrieved from [http://www.wuv.de/digital/die\\_sechs\\_mythen\\_des\\_programmatic\\_marketings](http://www.wuv.de/digital/die_sechs_mythen_des_programmatic_marketings)
- Gaba, S., Lescourret, F., Boudsocq, S., Enjalbert, J., Hinsinger, P., Journet, E.-P., ... Ozier-Lafontaine, H. (2015). Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 607–623. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0272-z>
- Gebeyehu, G., & Soromessa, T. (2018). Status of soil organic carbon and nitrogen stocks in Koga Watershed Area, Northwest Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0162-8>
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S., & van Noordwijck, M. (2010). *Measuring Carbon Stocks Across Land Use System: A Manual*. (July), 155.
- Han, L., Sun, K., Jin, J., & Xing, B. (2016). Some concepts of soil organic carbon characteristics and mineral interaction from a review of literature. *Soil Biology and Biochemistry*, 94, 107–121. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.023>
- Hasan, M. M., & Wyseure, G. (2018). Impact of climate change on hydropower generation in Rio Jubones Basin, Ecuador. *Water Science and Engineering*, 11(2), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.07.002>
- INEC. (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. In *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>
- Jiménez, J. J., & Lal, R. (2006). Mechanisms of C Sequestration in Soils of Latin America. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25(4), 337–365. <https://doi.org/10.1080/0735268060094240>
- Kurz, W., Beukema, S., & Apps, M. (1996). Estimation of root biomass and dynamics for the

carbon budget model of the Canadian forest sector. *Canadian Journal of Forest Resources*, Vol. 26, pp. 1973–1979.

Lal, Rattan. (1998). Agronomic impact of soil degradation. In R Lal, W. . Blum, C. Valetine, & B. Stewart (Eds.), *Methods for Assessment of Soil Degradation*. Boca Raton, Florida, EE.UU.: CRC.

Lal, Rattan. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7, 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

Lal, Rattan, Negassa, W., & Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15(030), 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.09.002>

Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). *Soil organic carbon: The hidden potential* (L. Wiese, V. Alcantara, R. Baritz, & R. Vargas, Eds.). <https://doi.org/10.1038/nrg2350>

Lorenz, K., & Lal, R. (2014). Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 443–454. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0212-y>

Lorenz, K., & Lal, R. (2018). *Carbon Sequestration in Agricultural Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92318-5>

Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>

Makeschin, F., Haubrich, M., Abiy, M., Burneo, J., & Klinger, T. (2008). Pasture Management and Natural Soil. In E. Beck (Ed.), *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador* (pp. 397–408). Berlin: Springer International Publishing.

Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8, 68–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

Masamichi, T., Hirai, K., Marod, D., Anusontpornperm, S., Limtong, P., Leaugvutivirog, C., & Panuthai, S. (2019). Atypical Pattern of Soil Carbon Stocks along the Slope Position in a Seasonally Dry Tropical Forest in Thailand. *Forests*, 10(106), 1–12. <https://doi.org/10.3390/f10020106>

McGroddy, M. E., Lerner, A. M., Burbano, D. V., Schneider, L. C., & Rudel, T. K. (2015). Carbon Stocks in Silvopastoral Systems: A Study from Four Communities in Southeastern Ecuador. *Biotropica*, 47(4), 407–415. <https://doi.org/10.1111/btp.12225>

Meyer, R. S., Cullen, B. R., Whetton, P. H., Robertson, F. A., & Eckard, R. J. (2018). Potential impacts of climate change on soil organic carbon and productivity in pastures of south eastern Australia. *Agricultural Systems*, 167(August), 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.08.010>

Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., ... Winowiecki, L. (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, 292, 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>

Monroe, P. H. M., Gama-Rodrigues, E. F., Gama-Rodrigues, A. C., & Marques, J. R. B. (2016). Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.022>

Monteros Guerrero, A., Sumba Lusero, E., & Salvador Sarauz, S. (2014). *Productividad Agrícola En El Ecuador*. Quito, Ecuador.

Moreno, J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Haro, R., & Zambrano, J. (2016). Soil from the Coastal Plane. In J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal (Eds.), *The Soils of Ecuador* (pp. 1–195).

<https://doi.org/10.1007/978-3-319-20541-0>

MUNSELL COLOR. (1994). *Munsell soil color charts*. New Windsor, NY: Kollmorgen Instruments Corporation.

Novara, A., Gristina, L., Kuzyakov, Y., Schillaci, C., Laudicina, V. A., & La Mantia, T. (2013). Turnover and availability of soil organic carbon under different Mediterranean land-uses as estimated by  $\delta C$  natural abundance. *European Journal of Soil Science*, 64(4), 466–475. <https://doi.org/10.1111/ejss.12038>

Olsen, S. ., & Sommers, L. . (1982). Phosphorous. *In Methods of Soil Analysis* (pp. 403–430). Madison: American Society of Agronomy.

Ortíz-Maya, J., Escalante-Espinosa, E., Fócil-Monterrubio, R. L., Ramírez-Saad, H. C., & Díaz Ramírez, I. J. (2017). Dinámica de poblaciones bacterianas y actividad deshidrogenasa durante la biorremediación de suelo recién contaminado e intemperizado con hidrocarburos. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(2), 237–246. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.05>

Potthast, K., Hamer, U., & Makeschin, F. (2012). Land-use change in a tropical mountain rainforest region of southern Ecuador affects soil microorganisms and nutrient cycling. *Biogeochemistry*, 111(1–3), 151–167. <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9626-7>

Priess, J. ., de Koning, G. H. ., & Veldkamp, A. (2001). Assessment of interactions between land use change and carbon and nutrient fluxes in Ecuador. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1–3), 269–279. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00193-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00193-1)

Ramachandran-Nair, P. K., Mohan-Kumar, B., & Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(1), 10–23. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800030>

Rhoades, C. C., Eckert, G. E., & Coleman, D. C. (2000). Soil carbon differences among forest, agriculture, and secondary vegetation in lower montane Ecuador. *Ecological Applications*, 10(2), 497–505. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0497:SCDAFA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0497:SCDAFA]2.0.CO;2)

Ruiz, M., Elizalde, G., & Paolini, J. (2000). Correlaciones entre el carbono orgánico de los microagregados y algunos atributos del suelo en paisaje de sabana. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 26, 125–135.

Ruiz Potma Goncalves, D., Sá, J. C. de M., Mishra, U., Cerri, C. E. P., Ferreira, L. A., & Furlan, F. J. F. (2017). Soil type and texture impacts on soil organic carbon storage in a sub-tropical agroecosystem. *Geoderma*, 286, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.021>

Scott, N. A., Tate, K. R., Ford-robertson, J., Giltrap, D. J., Smith, T., Scott, N. A., ... Giltrap, D. J. (1999). Soil carbon storage in plantation forests and pastures: land-use change implications. *Tellus*, 51, 326–335. <https://doi.org/10.3402/tellusb.v51i2.16301>

Singh, P., & Benbi, D. K. (2018). Soil organic carbon pool changes in relation to slope position and land-use in Indian lower Himalayas. *Catena*, 166(March), 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.006>

SPSS, I. (2013). *SPSS Statistics for Windows*. Retrieved from <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/spss-predictive-analytics-enterprise>

Staller, J. (2001). Reassessing the Development and Chronological Relationships of the Formative of Coastal Ecuador. *Journal of World Prehistory*, 15(2), 193–246.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(August), 671–677.

Tischer, A., Pothast, K., & Hamer, U. (2014). Land - use and soil depth affect resource and microbial stoichiometry in a tropical mountain rainforest region of southern Ecuador. *Oecologia*, 175, 375–393. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-2894-x>

Tonucci, R. G., Nair, V. D., Ramachandran Nair, P. K., & Garcia, R. (2017). Grass vs. tree origin of soil organic carbon under different land-use systems in the Brazilian Cerrado. *Plant and Soil*, 419(1–2), 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3347-1>

USDA. (2010). Claves para la *Taxonomía de Suelos* (Decima). Retrieved from [http://www.mdp.edu.ar/agrarias/grado/723\\_Genesis/archivos/Taxonomia\\_Suelos\\_2010.pdf](http://www.mdp.edu.ar/agrarias/grado/723_Genesis/archivos/Taxonomia_Suelos_2010.pdf)

Vallejo-Quintero, V. (2013). Importance and utility of microbial elements in evaluating soil quality: case studies in silvopastoral systems. *Colombia Forestal*, 16(1), 83–99.

Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34.

Walkley, A., & Black, A. (1934). An examination of the determination method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.

Weil, R., & Brady, N. (2017). *The nature and properties of soil*. <https://doi.org/http://lcn.loc.gov/2016008568>

Zhang, B., Thomas, B. W., Beck, R., Willms, W. D., Zhao, M., & Hao, X. (2018). Slope position regulates response of carbon and nitrogen stocks to cattle grazing on rough fescue grassland. *Journal of Soils and Sediments*, 18(134). <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1992-5>

Zhou, Z., Wang, C., & Luo, Y. (2018). Effects of forest degradation on microbial communities and soil carbon cycling: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 27(1), 110–124. <https://doi.org/10.1111/geb.12663>

# Un experimento para crear conciencia en las personas acerca de los ataques de Ingeniería Social

Eduardo, Benavides-Astudillo<sup>1\*</sup>; Walter, Fuertes-Díaz<sup>2</sup>;  
Sandra, Sánchez-Gordon<sup>3</sup>

## Resumen

La Ingeniería Social es la técnica que permite obtener información confidencial de los usuarios, de manera fraudulenta, con la finalidad de usarla en contra de ellos mismos, o de las organizaciones en las que laboran. Este estudio presenta un experimento enfocado a crear conciencia acerca de las consecuencias de este tipo de ataque, mediante la ejecución de un ataque controlado a personas de confianza. Para lograrlo, se han llevado a cabo un conjunto de engaños y actividades, que los atacantes usan comúnmente para obtener información sensible, incentivando la curiosidad de los contactos de las redes sociales para que visiten un blog personal con información ficticia. A más de esta interacción humana, se ha instalado un complemento oculto y no deseado, para recolectar información del usuario tales como: su dirección IP, país de origen, sistema operativo y tipo de navegador. Con la información recolectada, se realizó un ataque de escaneo a los puertos 80 (Web server) y 22 (SSH Server), para encontrar más información sensible. Posteriormente, se muestran los resultados a las víctimas. Además, luego del ataque se realizó una encuesta a los usuarios acerca de su conocimiento de Phishing y de Ingeniería Social. Los resultados muestran que únicamente el 2% de las personas, sospecharon o preguntaron acerca del verdadero motivo para visitar el Blog. Más aún, demuestra que las personas que visitaron el blog, no tienen conocimiento y conciencia de cómo se puede vulnerar información sensible de una forma relativamente sencilla.

**Palabras clave:** Ingeniería Social, Phishing, Ciber Ataque.

## An Experiment to Create Awareness in People concerning Social Engineering Attacks

### Abstract

Social Engineering is the technique of obtaining confidential information from users, in a fraudulent way, with the purpose of using it against themselves, or against the organizations where they work. This study presents an experiment focused on raising awareness about the consequences of this type of attack, by executing a controlled attack on trustworthy people. To accomplish this, we have carried out a set of activities or tricks that attackers use to obtain information, inspiring the curiosity of social network contacts to visit a personal blog with fictitious information. In addition to this human interaction, a hidden plug-in has been installed to collect user information such as his IP address, country, operative system, and browser type. With the information collected, a pentesting attack has been done to ports 80 and 22, in order to collect more information. Finally, the results were shown to the victims. In addition, after the attack, users were surveyed about their knowledge of Phishing or Social Engineering. The results demonstrate that only 2% of people suspected or asked about the real reason to visit the Blog. Furthermore, it reveals that the people, who visited the blog, do not have any knowledge and awareness of how to steal sensitive information in a relatively simple way.

**Key word:** Social Engineering, Phishing, Cyberattack.

**Recibido:** 30 de julio de 2019  
**Aceptado:** 15 de noviembre de 2019

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Nacional; Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE; Quito - Ecuador; diego.benavides@epn.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-4543-0082>

<sup>2</sup> Escuela Politécnica Nacional; Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE; Quito - Ecuador; walter.fuertes@epn.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9427-5766>

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Nacional; sandra.sanchez@epn.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2940-7010>

\*Autor de correspondencia: diego.benavides@epn.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Social es el acto de violar la seguridad de la información de los seres humanos, por medio de todo tipo de engaños, para conseguir que se revele información privada. Su uso se ha incrementado en los últimos años gracias al crecimiento exponencial de los usuarios de las redes sociales, los correos electrónicos y demás formas de comunicación online.

La técnica cibernética de Ingeniería Social más utilizada es conocida como Phishing, por medio de la cual se logra obtener información confidencial de forma fraudulenta. El tipo de información sensible que se trata de obtener, son comúnmente: nombres de usuarios, contraseñas o incluso, información de tarjetas de crédito u otra información financiera de la víctima. El estafador conocido como phisher frecuentemente se hace pasar por una persona o empresa de confianza en una aparente comunicación oficial electrónica. Por lo general, se trata de contactar con sus víctimas, por medio de un correo electrónico, o de algún sistema de mensajería instantánea, redes sociales, SMS/MMS, o incluso utilizando llamadas telefónicas.

Frente a este escenario, este estudio realiza un experimento orientado a causar concienciación en el usuario. Para lograrlo, primero se realiza un ataque de Ingeniería Social controlado, a varios contactos de las redes sociales Facebook y WhatsApp. Para esto, se incentivó que los usuarios de Facebook y WhatsApp accedan a un Blog Personal ficticio con un complemento maligno oculto, para obtener información no consentida de los visitantes. Con esta recolección y análisis de datos, se desarrolló luego un ataque de pentesting de bajo impacto, mediante el cual se escanearon las direcciones IP recolectadas de forma no consentida, y se localizó aquellas que tenían los puertos 80 o 22 abierto, obteniéndose información adicional.

Finalmente, luego de informarles a los usuarios que habían sido víctimas de un ataque, se les realizó una encuesta para analizar el conocimiento de las personas, acerca de Ingeniería Social y Phishing. El objetivo principal de nuestro estudio es el de concientizar a los usuarios acerca de los peligros de Phishing e Ingeniería Social, y, además de demostrarles que mediante herramientas sencillas de red se puede obtener información valiosa de ellos. Otro aporte de este trabajo es el de conocer de primera mano, por medio de una encuesta, el conocimiento de ellos del problema, y su

interés en conocer un poco más acerca de Phishing.

La organización del documento es como sigue: En la Sección Trabajos Relacionados, hacemos un completo análisis de la literatura, acerca de los métodos para combatir Phishing. El Materiales y Método, hacemos una descripción de la metodología utilizada para la realización de este experimento, y realizamos el experimento en sí. En resultados y discusión, realizamos un análisis de los resultados encontrados. En la siguiente sección, realizamos una encuesta a las personas que fueron nuestras víctimas y analizamos sus resultados. Finalmente, se muestran las conclusiones de nuestro trabajo.

### Trabajos Relacionados

#### *A. Técnicas tradicionales de detección de ataques de Phishing*

Frente a este escenario, las opciones propuestas por la comunidad para mitigar los ataques de Phishing se enfocan principalmente a soluciones técnicas de ingeniería, es decir, en su minoría se orientan a educar al usuario acerca de las posibles causas y consecuencias de estos ataques.

De acuerdo a nuestra revisión sistemática de la literatura, las técnicas de mitigación más utilizadas para contrarrestar los ataques de Phishing son:

- Aquellas basadas en Machine Learning (Bahnsen, Bohorquez, Villegas, Vargas, & Gonzalez, 2017; Li, Geng, Yan, Chen, & Lee, 2016; Marchal, Francois, State, & Engel, 2014; Jianyi Zhang, Pan, Wang, & Liu, 2016).
- Aquellas basadas en el análisis de tráfico (Zou Futai, Gang Yuxiang, Pei Bei, Pan Li, & Li Linsen, 2016).
- Las basadas en complementos de navegadores (Marchal et al., 2017).
- Las basadas en arquitectura cognitiva (Williams & Li, 2017).
- Las basadas en la definición de listas negras (Jayshree Hajgude & Ragma, 2012; Hawanna, Kulkarni, & Rane, 2016) y por último
- Las basadas en el análisis léxico de las URL (Bahnsen et al., 2017; Feroz & Mengel, 2015).

Brevemente se describen estas soluciones a continuación:

La solución de (Bahnsen et al., 2017) se centra en el uso de técnicas de aprendizaje automático para la clasificación de sitios de Phishing analizando su URL, para ello, los autores comparan la combinación del análisis léxico con el estadístico, cuya salida actúa como entrada de un clasificador de una red de memoria de corto y de largo plazo Long Short Term Memory (LSTM). PhishStorm (Marchal et al., 2014), es un sistema automatizado de detección de Phishing, que también analiza en tiempo real cualquier URL para identificar si es un posible sitio de Phishing, además, puede interactuar con cualquier servidor de correo electrónico o proxy HTTP, para ello, los autores han definido un nuevo concepto de vinculación llamado intra-URL, y lo evalúan utilizando características extraídas de palabras que componen la URL, basadas en datos de consultas de motores de búsqueda de Google y Yahoo. Estas características se utilizan en la clasificación basada en el aprendizaje de máquina para detectar una URL falsa dentro de un conjunto de datos reales. Otra propuesta dentro del campo de Machine Learning, es la de implementar un sistema inteligente de detección de Phishing (IPD) (Li et al., 2016), de esta manera, primero se generan en forma automática, un conjunto de datos de detección usando los registros globales de nombres de dominio, entonces aplica el algoritmo Naive Bayes, el cual es optimizado por las características basadas en la posición de los caracteres, para lograr la detección con una alta precisión. Finalmente, para encontrar más sitios Web de Phishing, IPD expande el conjunto de datos de detección generando plantillas de URL basándose en los resultados de la detección previa.

Algunos aspectos nuevos de las características comunes que aparecen en las URL de Phishing se observan en (Jianyi Zhang et al., 2016), en que se introduce un clasificador estadístico de aprendizaje de máquina, para detectar los sitios de Phishing que dependen de estas características seleccionadas. Por medio de este análisis, se detecta el sitio Web de destino completamente basado en la propia URL y sin comprobar el contenido Web asociado.

La propuesta de (Zou Futai et al., 2016), se orienta al análisis de tráfico y al comportamiento de los sitios Web de Phishing, analizando los flujos IP directamente en los Proveedores de Servicios de Internet (ISP). Esto conllevó a los autores a proponer un método de detección basado en Graph Mining, utilizando una relación inherente entre la URL y su visitante, pudiendo

detectar un posible ataque de Phishing que no pueda detectarse mediante el análisis de las URL.

En (Marchal et al., 2017), se presenta un enfoque moderno para detectar en tiempo real las páginas Web de Phishing a medida que son visitadas por un navegador. Esta propuesta se implementa como un complemento del navegador en el lado del cliente, preservando así la privacidad del usuario. Además, identifica el sitio Web de destino real que una página Web de Phishing intenta imitar y presenta al usuario una advertencia para proceder.

En (Williams & Li, 2017), se informan los resultados de una investigación sobre cómo los usuarios finales se comportan cuando se enfrentan a sitios Web de Phishing y cómo este comportamiento los expone a nuevos ataques. Los autores presentan un modelo de computadora como una prueba de concepto que simula el comportamiento humano con respecto a la detección de sitios Web de Phishing basada en una arquitectura cognitiva.

La propuesta del algoritmo de (Hawanna et al., 2016), hace una verificación en una lista negra de google que se va actualizando constantemente, y utiliza los resultados de este motor de búsqueda, además, muestra un mensaje de alerta de si la URL es una posible página de Phishing, de lo contrario, muestra un mensaje de sitio seguro. Este algoritmo mejora el rendimiento del equipo al analizar URLs de Phishing conocidas o ya analizadas.

En (J Hajgude & Ragha, 2012) los autores usan una técnica en la que se consideran las ventajas de las listas negras, listas blancas y la técnica heurística, para aumentar la precisión y reducir la tasa de falsos positivos. En la técnica heurística, usan el análisis textual y el análisis de URL de los correos electrónicos. Dado que la mayoría de los correos de Phishing tienen contenidos similares, este método aumenta su rendimiento, analizando el contenido textual de los mensajes sospechosos.

Existe una aproximación que clasifica las URL automáticamente, basándose en sus características léxicas (Feroz & Mengel, 2015) y basadas además en el host cliente. En complemento, se usan los servicios de reputación de URL en línea para así clasificarlas, y de acuerdo a esta calificación se las clasifica en categorías, como una fuente suplementaria de información, que permitiría al sistema clasificar las URLs en Phishing o no.

En la Tabla I, se ha clasificado a la literatura encontrada, de acuerdo a los métodos que se usan actualmente para mitigar el problema del Phishing. Además, se han tomado en cuenta solo los trabajos

que hagan un análisis de las direcciones URL, sin embargo, estos métodos de detección han tenido sus limitaciones, provocando que los atacantes puedan mejorar y modificar sus estrategias, para así evitar su detección.

**Tabla 1.** Clasificación de las soluciones

Métodos	Documentos	Análisis de URL	Incentivan al usuario final
Machine Learning	(Bahnsen et al., 2017; Li et al., 2016; Marchal et al., 2014; Jianyi Zhang et al., 2016)	SI	NO
Análisis de tráfico	(Zou Futai et al., 2016)	SI	NO
Complemento de Navegador	(Marchal et al., 2017)	SI	NO
Arquitectura Cognitiva	(Williams & Li, 2017)	SI	NO
Listas Negras	(J Hajgude & Raha, 2012; Hawanna et al., 2016)	SI	NO
Análisis Léxico	(Bahnsen et al., 2017; Feroz & Mengel, 2015)	SI	NO

La técnica más utilizada en la detección de ataques es la basada en Blacklists, sin embargo, esta técnica sucumbe al detectar páginas o correos de phishing, que todavía no se han reportado como malignas. Para enfrentar esta deficiencia, se implementan técnicas de detección temprana con algoritmos de Machine Learning, como las revisadas en esta sección. Las técnicas de Machine Learning tradicionales mencionadas, necesitan a su vez, la supervisión de una persona o algoritmo, que seleccione las características principales de una página de Phishing, para que su exactitud en la detección sea mayor. Para mejorar la exactitud en la detección y prescindir de la selección de las características de una página de Phishing, en los últimos años se han implementado estudios en un área particular de Machine Learning, esta es Deep Learning. En el siguiente apartado, se hace una revisión de estas técnicas.

*B. Últimas técnicas de detección de ataques de Phishing*

Si bien el paper de (Basnet, Mukkamala, & Sung, 2008) no es relativamente nuevo (2008), este es interesante para entender el enfoque que los autores han tenido para evaluar las técnicas de Machine Learning tradicionales usadas hasta este momento, incluso, la estructura del artículo es completa y fácil de entender. Para este estudio, primero se escogieron 16

características relevantes, luego se recopilaron 4000 URLs entre URLs de Phishing y URLs benignas. De las 4000 URLs, se entrenó con el 50%, y con el otro 50% se realizaron las validaciones, finalmente, se evaluaron los Algoritmos: Support Vector Machines (SVM), Neural Networks, Self Organizing Maps y K-Means. De los métodos estudiados se observa que el más exacto fue SVM con un 97.99% de precisión.

El artículo (Yuan, 2017), utiliza un enfoque mixto, con las ventajas de velocidad de los métodos tradicionales de Machine Learning y la precisión de Deep Learning. Para esto, monitorea constantemente el comportamiento normal o anormal de los programas que se ejecutan en el Sistema Operativo. Si por alguna razón, y basándose en las reglas de Machine Learning, este software resulta sospechoso, entonces pasa a una fase de evaluación usando Deep Learning.

En (Woodbridge, Anderson, Ahuja, & Grant, 2018), se define primeramente un homoglifo como un nombre de suplantación de identidad, basado en la similitud de nombres de dominio reales, con nombres de dominio falsos, aprovechando el intercambio o borrado de caracteres dentro de una cadena legítima, por ejemplo, svchost.exe en lugar de svchost.exe. Este paper propone una solución por medio del uso de Siamese Convolutional Neural Network (SCNN). Esta solución maneja una técnica utilizada en la renderización de las imágenes., de esta manera, una CNN aprende características que son utilizadas para detectar

similitudes visuales de las cadenas renderizadas. Metodológicamente, primero las cadenas de texto de nombre de dominio se transforman a imágenes y luego estas son pasadas por medio de la SCNN.

En el artículo (Saxe & Berlin, 2017), se trabaja sobre un método como en las cadenas de caracteres de las URLs, el cual se llama ofuscación. Para enfrentar este problema, se propone la utilización de una técnica de Deep Learning denominada eXpose neural network. Con esta técnica, se resalta que los datos ingresados son cadenas cortas de datos crudos, y posteriormente aprende a simultáneamente extraer características y clasificar esos datos, usando incrustaciones a nivel de carácter y usando convolutional neural network.

En (Shima et al., 2018), se usa una técnica llamada Bag of Bytes. Con esta técnica, los datos no entrarían totalmente crudos para ser analizados con los algoritmos de Deep Learning, sino que previamente los investigadores le asignan un valor hexadecimal a cada carácter de la cadena URL, luego, esos valores se emparejan con cada valor a la derecha. Posteriormente estos conjuntos de datos en hexadecimal son pasados por el algoritmo del modelo de red neural para su clasificación. Con este procedimiento, se mejora la exactitud de trabajos previos como eXpose (Saxe & Berlin, 2017).

El documento (Vazhayil, Vinayakumar, & Soman, 2018) hace un análisis comparativo entre los distintos métodos de inteligencia artificial para detectar URLs de Phishing. Primero evalúa los métodos tradicionales de Machine Learning, y luego los compara con los métodos de Deep Learning. En definitiva, se concluye que el método de Deep Learning LSTM es el más exacto, con un 98% de precisión.

En (Epishkina & Zapechnikov, 2016), los investigadores proponen mitigar los ataques pero por medio de la enseñanza de cómo prevenir estos, en el contenido del estudio de los universitarios durante su carrera. Su propuesta es más bien de manera práctica, aplicando el concepto de analíticas de Big Data, para mitigar los ataques de Ingeniería Social.

En el documento (X. Zhang, Zeng, Jin, Yan, & Geng, 2018), se hace uso de dos cosas para evaluar si una página es de Phishing o no: 1) Un análisis sintáctico del texto y 2) Un análisis estadístico del sitio web. Usa la premisa de que un conjunto de caracteres de una página de Phishing es similar a una página legítima. Además de la valoración anterior, se hace una evaluación de

las estadísticas de las características de las páginas de Phishing, es decir, si es una página nueva, o por ejemplo si tiene mala reputación, etc. Finalmente, para la ejecución de la propuesta y medición, utiliza los algoritmos AdaBoost, Bagging, Random Forest y Sequential minimal optimization (SMO).

En (Vanhoenshoven, Napoles, Falcon, Vanhoof, & Koppen, 2016), clasificadores como Support Vector Machines (SVM), Random Forest, Naive Bayes, Decision Trees, K-Nearest Neighbors y Multi-Layer Perceptron fueron examinados y comparados con la clasificación binaria de URLs maliciosas. Para evaluar un conjunto de datos públicos de alrededor de 2.4 millones de URLs, este sistema recomienda la utilización de características numéricas para entrenamiento, y para obtener una mejor tasa de precisión en la predicción.

El usar URLs confusas, es decir las URL que se parecen mucho a alguna URL legítima, es una técnica muy común para engañar a los usuarios. Para lograr este tipo de confusión se utilizan varios trucos, los cuales pueden ser detectados mediante la extracción de las características comunes de estas páginas falsas. En este trabajo (Chen, Zhang, & Su, 2018), se recolectan 12 características de las páginas de Phishing, luego, se entrena el algoritmo LSTM Recurrent Neural Network con estas características, lo que finalmente produce un 99.14% de efectividad en la detección de nuevos sitios falsos.

En el paper (Jiahua Zhang & Li, 2017), se propone resolver el problema de datos desbalanceados, por medio de la implementación de un algoritmo Borderline-Smote (Synthetic Minority Oversampling Technique). Para esto, primero son extraídos tres grupos de características de las páginas de Phishing: Características de URL, características de páginas web y características de las imágenes. Con estos datos se entrena el algoritmo y posteriormente se obtiene una efectividad sobre 99% en la detección de nuevos sitios afectados.

Un novedoso y diferente método de detección es el que se hace sobre el flujo real IP (Internet Protocol), desde el proveedor ISP. Así, el paper (Yi et al., 2018), se centra principalmente en la aplicación de un framework para detectar páginas de Phishing. Primeramente, se clasifican dos tipos de características de los sitios falsos, las características originales y las características de interacción. En este trabajo se propone un modelo basado en DBN.

En el paper (Aksu, Turgut, Üstebay, & Aydin, 2019), se hace un estudio comparativo para la detección de sitios de Phishing, entre varias técnicas tradicionales de Machine Learning y la técnica Stacked Autoencoder de Deep Learning. Como resultado, la técnica de DL alcanzó la mejor tasa en la detección con una exactitud del 80%, independientemente de la cantidad de datos ingresados para entrenamiento. Antes de ser analizadas, las URLs son traducidas al código ASCII. Además, hace una determinación del porcentaje de incidencia de cada característica en una página Phishing.

Un enfoque para detectar si una página es de falsa o no, por medio de un mecanismo de Deep Learning no supervisado, es el que se usa en (Zhao, Wang, Ma, & Cheng, 2019). En este trabajo, los investigadores usan gated recurrent neural networks (GRUs), la cual es una variante de RNN. Una ventaja de este trabajo, es que puede además identificar qué tipo de ataque sobre URLs se está tratando de ejecutar. Es decir, en puede clasificar esa URL en Legítima, SQL Injection, XSS Attack, Sensitive File Attack, Directory Traversal, u otro tipo de ataque.

En (Jiang et al., 2018), los autores proponen un sistema de detección de URLs maliciosas, usando un esquema de CNN basado en nivel de carácter. Luego de usar este esquema, se realiza una comparación con otros esquemas, sobre 1000 URLs, y se obtiene que: usando un esquema de selección de características (Feature Selection), se encontraron 282 fallos; usando CNN a nivel de palabras, 158 fallos, mientras que, usando CNN a nivel de caracteres, se detectaron 40 fallos.

En (Spaulding & Mohaisen, 2018), se propone una solución que combate tanto a Phishing como a ataques de DNS tal como DDoS. Así, se propone un sistema llamado D-FENS el cual identifica nombres de dominio maliciosos en tiempo real. Este sistema corre dentro de un servidor DNS. En lugar de identificar características para ser aprovechadas en un sistema de Machine Learning tradicional, se opta por un enfoque de Deep Learning que aprende las características automáticamente de los datos de entrada.

Todos los métodos seleccionados en esta sección, dedicada sobre todo a la solución mediante la aplicación de aprendizaje profundo son importantes, sin embargo, se pueden revisar estos y más métodos especializados en esta área, en el artículo realizado por (Benavides, Fuertes, Sanchez, & Sanchez, 2019).

### C. Métodos de detección no tradicionales

Un método poco común, es en el que se aplica la detección directamente sobre el tráfico en un DNS. En (Pereira, Coleman, Yu, DeCock, & Nascimento, 2018), se combate principalmente las direcciones URLs fraudulentas, generadas por medio de Domain Generation Algorithms (DGAs), para esto, se propone la utilización de una herramienta denominada WordGraph, con la que se pueden generar diccionarios similares a los utilizados por los DGAs.

En los métodos propuestos en el paper (Rao & Pais, 2018), no se evalúa ninguno de los métodos de Machine Learning tradicionales, pero si se realiza un estudio comparativo exhaustivo de la exactitud de estos métodos. Sin embargo, incluimos este artículo, porque explica a detalle las diferentes características que pueden ser extraídas de un sitio engañoso.

Por medio de DeepSeq (Sur, 2018), se trata de obtener el DNA o el perfil característicos de las personas que comúnmente son propensos a ser Phishers. Para esto, en base a los logs obtenidos, se compara los datos intrínsecos de las personas (Edad, Sexo, Ocupación, etc), versus los datos de los sitios que se visitan (negocios, arte, social media, etc). Finalmente, luego de realizar un análisis por medio de DNN, se obtiene un perfil tipo DNA.

En el trabajo propuesto en (Vrbančić, Fister, & Podgorelec, 2018), los investigadores proponen el método TDLBA o TDLHBA (Tuning Deep Learning using Bat/Hybrid Bat Algorithm). Este método combina los enfoques de inteligencia de enjambre para la configuración de los parámetros de las redes de Deep Learning. La principal ventaja del método según los autores, es la facilidad del uso con varias topologías Feed Forward Neural Networks y diferentes conjuntos de datos.

Un último método poco tradicional estudiado, para detectar ataques de Phishing, es el utilizado en (Rodríguez, Benavides, Torres, Flores, & Fuertes, 2018), en el cual los autores proponen la utilización de un modelo de confianza, a través del robo de la información almacenada en las cookies de los navegadores web. Esta información es recolectada y posteriormente enseñada a los mismos usuarios, para mostrarles lo vulnerables que pueden ser al permitir que se almacene información sensible de ellos en las cookies.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en el desarrollo de este estudio fue cuantitativa-descriptiva y por supuesto experimental, pues para obtener los datos, se contabilizaron las acciones que realizarán los usuarios en cada vector de ataque, además, se concluyó con la tabulación de una encuesta realizada a los usuarios acerca de la utilización de este ataque controlado.

Primeramente, se programó un complemento en Kali Linux, por medio del cual se puede capturar información de las personas, el cual se lo colocó en un al Blog Personal. Para incentivar que los usuarios visiten a este blog, se los enganchó indirectamente por Facebook

y por WhatsApp. Una vez que el usuario visita el blog, ya es víctima del ataque, porque se obtiene información de su equipo, sin ningún consentimiento. Luego, con la información obtenida hasta ese momento, se realiza una prueba de penetración, obteniéndose de esta manera mayor información delicada. Una vez que el experimento termina, se les informa a los usuarios, que han sido víctimas de un ataque de Phishing. Finalmente, se les pide a los usuarios, que llenen una breve encuesta acerca de Phishing e Ingeniería Social.

Los resultados obtenidos en el experimento y en la encuesta son tabulados y mostrados en una sección posterior.



Figura 1. Contador de Visitas al blog

### Ejecución del Experimento



¿Eres curioso? Demuéstralo.

Figura 2. Código QR mostrado en el estado de WhatsApp

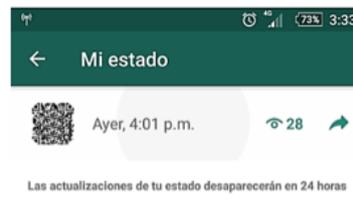


Figura 3. Número de usuarios que vieron el estado de WhatsApp

#### A. Recolección de datos

En esta primera sección se recolectó información a través de un ataque de Ingeniería Social, para esto, se planteó un escenario real, contando con la confianza de contactos conocidos en redes sociales. Para evitar atentar contra la privacidad de los usuarios, no se ejecutaron todas las fases del ciclo de un ataque de Phishing, únicamente se cumplió con la primera fase, que es la de recolección de información, posteriormente, se le notificó a cada usuario de que habían sido víctimas de un ataque de Phishing

Para cumplir con este primer objetivo se usaron 3 vectores para la recolección de datos:

1. *Implementación de un contador en un Blog Personal.* En la red social Facebook, se publicó un link a un Blog Personal. En este blog, se implementó un contador de visitas (ver Figura 1), sin embargo, el contador de visitas es en realidad un complemento engañoso, que sin que lo detecte el usuario, en realidad recolectó

las siguientes características de los visitantes: País de origen, tipo de dispositivo usado, sistema operativo utilizado, tipo de navegador usado, dirección IP de origen, y fecha y hora de la visita al blog.

2. *Implementación de un código QR en un estado de WhatsApp.* Para esto, se configuró un QR Code usando la distribución Kali Linux, y se lo publicó como un estado de WhatsApp, para estimular la curiosidad de los contactos conocidos. Tal como se observa en la Figura 2, este QR Code tiene como leyenda “¿Eres curioso?, Demuéstralo.”. Una vez que el usuario escaneaba el código, se lo direccionaba al blog personal, que incluía el contador de visitas “maligno” del paso anterior. En la Figura 3. se aprecia el número de contactos que revisaron el estado publicado.
3. *Elaboración de una encuesta.* Esta encuesta se realizó para analizar cuantas personas

conocen el significado de Ingeniería Social y de Phishing. El link para esta encuesta se lo ubicó



Figura 4. Entrada del blog personal que solicita llenar una encuesta

dentro del blog personal implementado en el paso 1. Véase Figura 4.

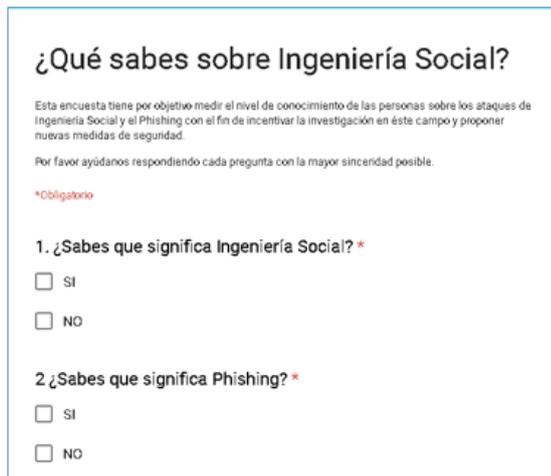


Figura 5. Encuesta elaborada con la herramienta Google Forms

Para realizar esta encuesta se usó la herramienta Google Forms, en la cual se plantearon 5 preguntas, con el objetivo de recolectar información sobre el conocimiento de las personas acerca de los ataques de Ingeniería Social. Véase la Figura 5.

de visitas camuflado en el blog personal. Para recolectar información adicional, se utilizaron las direcciones IP capturadas, de los equipos de los usuarios que visitaron el blog.

*B. Pentesting de las IPs recolectadas*

En la segunda parte del estudio se analizaron los datos recolectados fraudulentamente, con el contador

- (1) *Selección de la información del País de Origen y de las direcciones IP públicas:* Mediante el complemento camuflado que indicaba el número de visitantes, se registraron en una base de datos las variables que se muestran en la Figura 6.

Country	Device	Operating system	Browser	IP	Time
				██████████	6/8/2017 15:25:58

Figura 6. Variables registradas

- (2) *Filtro por país:* Se seleccionaron solo los registros que pertenecen al país Ecuador, con la finalidad de evitar cualquier violación a la privacidad en otros países.

- (3) *Reconocimiento:* Se utilizó software libre de test de penetración para ejecutar un análisis de escaneo de puertos a todas las direcciones IP registradas en la base de datos. Además, solo se seleccionaron los resultados de aquellos registros que tengan los puertos 22 y

80 abierto.

- (4) *Prueba de acceso:* Sobre los equipos cuyos registros se encontraron con los puertos 22 y 80 abiertos, inmediatamente se comprobó mediante cualquier navegador Web (puerto 80), o consola (puerto 22), si se puede visualizar alguna información adicional relacionada a esta IP.

- (5) *Registro de la información obtenida:* Con la información obtenida en

los pasos anteriores, se creó un registro de toda la información obtenida, con la finalidad de mostrar esta información a los usuarios posteriormente.

(6) *Publicación de los resultados:* Finalmente, se le comunicó a cada uno de los usuarios la información obtenida de ellos, para así concientizarlos de que obtener este tipo de información de ellos, no es un procedimiento complicado y de que en general somos muy vulnerables.

En esta sección se plantea una solución para incentivar a los usuarios a que se interesen en el conocimiento de la Ingeniería Social. A continuación, se realiza una breve descripción:

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente, la idea de este ejercicio fue hacer que los usuarios ingresen a un Blog

Personal, el mismo que estaba “contaminado” con un componente contador de visitas, por medio del cual se pudo obtener información no consentida, como la que se muestra en los gráficos de abajo. Así, 66 personas visitaron el Blog Personal implementado, y además de Ecuador, se registraron visitas de otros países como: Argentina, México, Brasil y Estados Unidos. Véase Figura 7.

El mayor número de dispositivos usados fue de 43 teléfonos celulares, frente a 23 usuarios que accedieron desde una PC. Véase Figura 8. Por lo tanto, el mayor número de usuarios accedió desde un dispositivo móvil con sistema operativo Android. Véase Figura 9. Esto ocurre porque la mayoría de los usuarios accedemos a internet desde nuestros propios dispositivos, en lugar de una computadora personal.



Figura 7. Estadísticas por países visitantes del Blog Personal implementado



Figura 8. Estadísticas por tipo de dispositivo usado



Figura 9. Estadísticas por sistemas operativos de origen

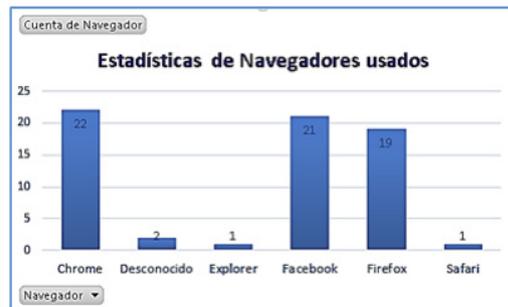


Figura 10. Estadísticas por navegadores usados por los usuarios

También se comprobó que la aplicación más usada fue el navegador Google Chrome, seguido de cerca por la aplicación Facebook y el navegador Firefox. Además, como dato curioso, se observó que también hubo usuarios que usaron navegadores desconocidos, tales como Tor, Proxy o incluso anonimizadores. Véase Figura 10. Adicionalmente, se registraron 28 contactos que observaron el estado de WhatsApp publicado con el código QR. Figura 2. En nuestro medio, la mayoría de teléfonos usan el sistema operativo Android, el cual es además muy amigable con Google Chrome, lo que nos lleva a concluir que por eso se usa en mayor medida Chrome.

A más de los datos obtenidos en este experimento, se realizaron pruebas de pentesting a todos los equipos que se mostraron vulnerables, obteniéndose acceso a los puertos 22 y 80, procedimiento por medio del cual se obtuvo aún más información. Esto demuestra que las personas comunes son muy vulnerables, y pueden fácilmente ser víctimas de un ataque de ingeniería social.

Además de los datos obtenidos de forma no consentida a los usuarios en esta sección, y después de haberles informado a ellos acerca de que habían sido víctimas de un ataque de Ingeniería Social, decidimos

hacer una encuesta a los mismos usuarios, para conocer un poco más acerca de sus apreciaciones con respecto a Phishing e Ingeniería Social. Para esto, diseñamos una encuesta con 5 preguntas, las que se discuten en la sección siguiente.

### Aplicación y resultados de una encuesta de Ingeniería Social

Para la encuesta, se registraron 57 personas. La confianza generada por la publicación en nuestra red social de Facebook para visitar una página informativa tuvo un buen resultado. Del total de personas que accedieron al enlace solamente una persona preguntó cuál era el motivo por el que se pedía ingresar. Al finalizar la encuesta, se informó a todas las personas que todo fue un ejercicio de Ingeniería Social. Estos resultados arrojaron que el 99% confiaron en nuestro enlace y solo el 1.7% preguntó de qué se trataba este enlace.

Como complemento, cada pregunta de la encuesta revela información importante, como por ejemplo que el 59.6% de personas tiene conocimiento sobre lo que significa Ingeniería Social, sin embargo, solo el 1.7% se cuestionó el por qué o el motivo de esta encuesta. Véase Figura 11.

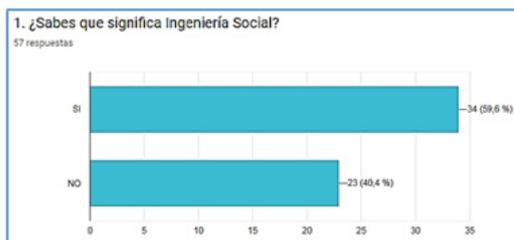


Figura 11. Pregunta 1 - ¿Sabes que significa Ingeniería Social?

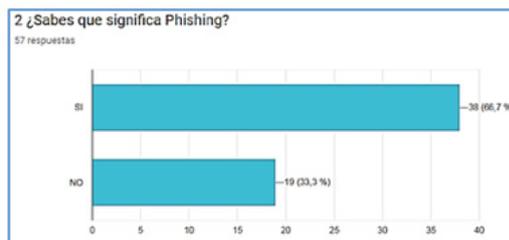


Figura 12. Pregunta 2 - ¿Sabes que significa Phishing?

Además, el 66,7% de personas tiene conocimiento de lo que significa Phishing (Figura 12.), y solo el 24,5% piensa que alguna vez ha recibido un ataque de Ingeniería Social (Figura 13.).

Un dato relevante es que el 77,4% (Vease Figura 14), pensó que sí se podría ejecutar un ataque mediante la publicación de un estado en WhatsApp. En otras palabras, el “enganche” planteado para atraer a los usuarios, tuvo un alto promedio de efectividad.



Figura 13. Pregunta 3 - ¿Alguna vez fuiste víctima de un ataque de ingeniería social?

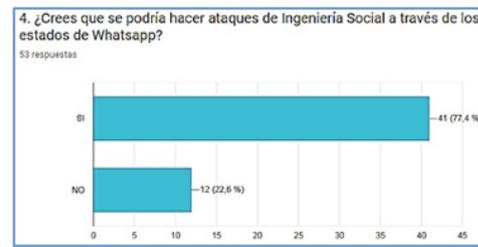


Figura 14. Pregunta 4 - ¿Crees que se podrían hacer ataques de Ingeniería Social a través de los estados de WhatsApp?

Con esta última pregunta (Figura 15.), se comprobó que muy aparte de que los contactos sean de confianza, el 9,1% indicó que se hubiera enojado si el ataque tenía

consecuencias, como robar sus credenciales de alguna forma, pero no sería tan grave. Por otro lado, el 7,3% hubiese cortado toda relación de confianza.

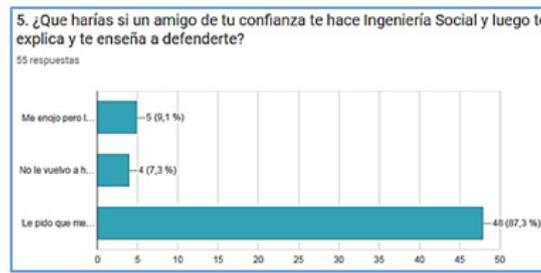


Figura 15. Pregunta 5 - ¿Qué harías si un amigo de tu confianza te hace un ataque de ingeniería social y luego te explica y te enseña a defenderte?

Cuando se publicaron estos resultados, el 100% de los participantes se interesó en averiguar más sobre como se pudo obtener información de su navegación. Esto demostró dos cosas: primero, que el incentivo por redes sociales funciona a un buen nivel y segundo, que además genera curiosidad relacionada al aprendizaje de la Ingeniería Social.

#### IV. CONCLUSIONES

Este estudio presentó una propuesta para incentivar el aprendizaje relacionado a la Ingeniería Social, el cual se basó en un ataque controlado, ejecutado a través de un blog, al que se llegó mediante Facebook y WhatsApp. En este Blog se instaló un complemento oculto, para recolectar información sensible acerca de los visitantes.

El ataque fue un éxito, pues de todas las personas que abrieron el blog se pudo obtener información primaria, la que fue posteriormente utilizada como insumo para obtener más información privilegiada mediante pentesting. Los resultados muestran adicionalmente que la mayoría de víctimas, fueron atacados por medio del uso del teléfono celular.

De la encuesta realizada en nuestro estudio se puede destacar que, al día de hoy, el número de personas que conocen algo sobre Inteligencia Artificial y Phishing, es considerablemente importante, no obstante, se pudo notar que a pesar de saber que existe este tipo de ataque, los usuarios no saben cómo evadirlo. Esto permite inferir que esa es la razón principal por lo que la pregunta en relación a “Si desea aprender de métodos de control de estos ataques”, es tan positiva.

Como trabajo futuro se planea utilizar diferentes algoritmos de Machine Learning y seguridad cognitiva para detectar, controlar y mitigar los ataques de Ingeniería Social. También se tiene planificado realizar un algoritmo que utilice Machine Learning para la detección temprana de los ataques de Phishing.

#### V. REFERENCIAS

Aksu, D., Turgut, Z., Üstebay, S., & Aydin, M. A. (2019). Phishing analysis of websites using classification techniques. In *Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 504, pp. 251–258). Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978->

981-13-0408-8\_21

Bahnsen, A. C., Bohorquez, E. C., Villegas, S., Vargas, J., & Gonzalez, F. A. (2017). Classifying phishing URLs using recurrent neural networks. In *eCrime Researchers Summit, eCrime* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ECRIME.2017.7945048>

Basnet, R., Mukkamala, S., & Sung, A. H. (2008). Detection of Phishing Attacks: A Machine Learning Approach. In *Soft Computing Applications in Industry* (pp. 373–383). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77465-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77465-5_19)

Benavides, E., Fuertes, W., Sanchez, S., & Sanchez, M. (2019). Classification of Phishing Attack Solutions by Employing Deep Learning Techniques: A Systematic Literature Review. *SISTI*, 51–64. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-9155-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-13-9155-2_5)

Chen, W., Zhang, W., & Su, Y. (2018). Phishing detection research based on LSTM recurrent neural network. In *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 901, pp. 638–645). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2203-7\\_52](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2203-7_52)

Epishkina, A., & Zapechnikov, S. (2016). A syllabus on data mining and machine learning with applications to cybersecurity. In *2016 Third International Conference on Digital Information Processing, Data Mining, and Wireless Communications (DIPDMWC)* (pp. 194–199). IEEE. <https://doi.org/10.1109/DIPDMWC.2016.7529388>

Feroz, M. N., & Mengel, S. (2015). Phishing URL Detection Using URL Ranking. In *2015 IEEE International Congress on Big Data* (pp. 635–638). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2015.97>

Hajgude, J., & Ragha, L. (2012). #x201C;Phish mail guard: Phishing mail detection technique by using textual and URL analysis #x201D;

*In 2012 World Congress on Information and Communication Technologies* (pp. 297–302). <https://doi.org/10.1109/WICT.2012.6409092>

Hajgude, Jayshree, & Ragha, L. (2012). “Phish mail guard: Phishing mail detection technique by using textual and URL analysis.” In *2012 World Congress on Information and Communication Technologies* (pp. 297–302). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WICT.2012.6409092>

Hawanna, V. R., Kulkarni, V. Y., & Rane, R. A. (2016). A novel algorithm to detect phishing URLs. In *2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)* (pp. 548–552). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACDOT.2016.7877645>

Jiang, J., Chen, J., Choo, K.-K. R., Liu, C., Liu, K., Yu, M., & Wang, Y. (2018). A Deep Learning Based Online Malicious URL and DNS Detection Scheme (pp. 438–448). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78813-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78813-5_22)

Li, X., Geng, G., Yan, Z., Chen, Y., & Lee, X. (2016). Phishing detection based on newly registered domains. In *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 3685–3692). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BigData.2016.7841036>

Marchal, S., Armano, G., Grondahl, T., Saari, K., Singh, N., & Asokan, N. (2017). Off-the-Hook: An Efficient and Usable Client-Side Phishing Prevention Application. *IEEE Transactions on Computers*, 66(10), 1717–1733. <https://doi.org/10.1109/TC.2017.2703808>

Marchal, S., Francois, J., State, R., & Engel, T. (2014). PhishStorm: Detecting Phishing With Streaming Analytics. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 11(4), 458–471. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2014.2377295>

Pereira, M., Coleman, S., Yu, B., DeCock, M., & Nascimento, A. (2018). Dictionary Extraction and Detection of Algorithmically Generated Domain Names in Passive DNS Traffic (pp. 295–314).

Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00470-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00470-5_14)

Rao, R. S., & Pais, A. R. (2018). Detection of phishing websites using an efficient feature-based machine learning framework. *Neural Computing and Applications*, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s00521-017-3305-0>

Rodríguez, G. E., Benavides, D. E., Torres, J., Flores, P., & Fuertes, W. (2018). *Cookie scout: An analytic model for prevention of cross-site scripting (XSS)* using a cookie classifier. *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 721). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_47)

Saxe, J., & Berlin, K. (2017). eXpose: A Character-Level Convolutional Neural Network with Embeddings For Detecting Malicious URLs, File Paths and Registry Keys. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1702.08568>

Shima, K., Miyamoto, D., Abe, H., Ishihara, T., Okada, K., Sekiya, Y., ... Doi, Y. (2018). Classification of URL bitstreams using Bag of Bytes. Retrieved from <http://member.wide.ad.jp/~shima/publications/20180219-ni2018-url-clf.pdf>

Spaulding, J., & Mohaisen, A. (2018). Defending internet of things against malicious domain names using D-FENS. In *Proceedings - 2018 3rd ACM/IEEE Symposium on Edge Computing, SEC 2018* (pp. 387–392). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SEC.2018.00051>

Sur, C. (2018). DeepSeq: learning browsing log data based personalized security vulnerabilities and counter intelligent measures. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–30. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-1084-9>

Vanhoenshoven, F., Napoles, G., Falcon, R., Vanhoof, K., & Koppen, M. (2016). Detecting malicious URLs using machine learning techniques. In *2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2016.7850079>

Vazhayil, A., Vinayakumar, R., & Soman, K. (2018). Comparative Study of the Detection of Malicious URLs Using Shallow and Deep Networks. In *2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2018* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2018.8494159>

Vrbančič, G., Fister, I., & Podgorelec, V. (2018). Swarm Intelligence Approaches for Parameter Setting of Deep Learning Neural Network. In *Proceedings of the 8th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics - WIMS '18* (pp. 1–8). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3227609.3227655>

Williams, N., & Li, S. (2017). Simulating Human Detection of Phishing Websites: An Investigation into the Applicability of the ACT-R Cognitive Behaviour Architecture Model. In *2017 3rd IEEE International Conference on Cybernetics (CYBCONF)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CYBCConf.2017.7985810>

Woodbridge, J., Anderson, H. S., Ahuja, A., & Grant, D. (2018). Detecting homoglyph attacks with a siamese neural network. In *Proceedings - 2018 IEEE Symposium on Security and Privacy Workshops, SPW 2018* (pp. 22–28). <https://doi.org/10.1109/SPW.2018.00012>

Yi, P., Guan, Y., Zou, F., Yao, Y., Wang, W., & Zhu, T. (2018). Web Phishing Detection Using a Deep Learning Framework. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2018*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2018/4678746>

Yuan, X. (2017). PhD Forum: Deep Learning-Based Real-Time Malware Detection with Multi-Stage Analysis. In *2017 IEEE International Conference on Smart Computing, SMARTCOMP 2017* (pp. 1–2). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP.2017.7946997>

Zhang, Jiahua, & Li, X. (2017). Phishing Detection Method Based on Borderline-Smote Deep Belief Network (pp. 45–53). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-72395-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72395-2_5)

Zhang, Jianyi, Pan, Y., Wang, Z., & Liu, B. (2016). URL Based Gateway Side Phishing Detection Method. In *2016 IEEE Trustcom/BigDataSE/ISPA* (pp. 268–275). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TrustCom.2016.0073>

Zhang, X., Zeng, Y., Jin, X. B., Yan, Z. W., & Geng, G. G. (2018). Boosting the phishing detection performance by semantic analysis. In *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2017* (Vol. 2018-Janua, pp. 1063–1070). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258030>

Zhao, J., Wang, N., Ma, Q., & Cheng, Z. (2019). Classifying Malicious URLs Using Gated Recurrent Neural Networks (pp. 385–394). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93554-6\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93554-6_36)

Zou Futai, Gang Yuxiang, Pei Bei, Pan Li, & Li Linsen. (2016). Web Phishing detection based on graph mining. In *2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)* (pp. 1061–1066). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CompComm.2016.7924867>

# Hidrólisis enzimática de polvillo de arroz para la producción de etanol de segunda generación

José, Ayala-Armijos<sup>1\*</sup>; Geanina, Machuca-Loja<sup>2</sup>; Paola, Benítez-Castrillón<sup>3</sup>;  
Jessica, Alvarado-Cáceres<sup>4</sup>

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue hidrolizar el polvillo de arroz a azúcares reductores y mediante fermentación alcohólica obtener bioetanol. Se prepararon nueve soluciones de polvillo de arroz molido (8%, 13 % y 18%) y agua purificada e inoculados con conidios de *Trichoderma* spp en concentraciones (0,2 g/L, 0,4 g/L y 0,6 g/L), los cuales se incubaron a 30°C por 144 horas. Mediante el método DNS (3, 5 ácido di nitrosalisílico), se cuantificó los azúcares reductores: tratamiento A: 4,32 ± 0,08%, B: 5,27 ± 0,07%, C: 5,10 ± 0,01%, D: 5,53 ± 0,12%, E: 8,24 ± 0,06%, F: 6,37 ± 0,07%, G: 5,13 ± 0,02%, H: 7,19 ± 0,26%, I: 9,69 ± 0,18% y el etanol mediante cromatografía de gases. El tratamiento que presentó mayor porcentaje de bioconversión fue el tratamiento I (18% y 0,6 g/L de inóculo), donde la concentración de glucosa, fue 9,88%, y el rendimiento de etanol fue de 5° GL. En conclusión, es posible hidrolizar los carbohidratos totales presente en el polvillo de arroz en azúcares reductores y posterior fermentación alcohólica.

**Palabras clave:** Azúcares reductores, Bioconversión, Celulasas, Cromatografía de Gases, *Saccharomyces cerevisiae*, etanol.

## Rice powder waste enzymatic hydrolysis for production of second generation ethanol

### Abstract

The objective of the present investigation was to hydrolyze the rice powder to reducing sugars and, through alcoholic fermentation, obtain bioethanol. Nine solutions of ground rice powder (8%, 13% and 18%) and purified water were prepared and inoculated with conidia of *Trichoderma* spp in concentrations (0.2 g / L, 0.4 g / L and 0.6 g. / L), which were incubated at 30 ° C for 144 hours. Using the DNA method (3, 5 di nitrosalisilic acid), the reducing sugars were quantified: treatment A: 4.32 ± 0.08%, B: 5.27 ± 0.07%, C: 5.10 ± 0, 01%, D: 5.53 ± 0.12%, E: 8.24 ± 0.06%, F: 6.37 ± 0.07%, G: 5.13 ± 0.02%, H: 7, 19 ± 0.26%, I: 9.69 ± 0.18% and ethanol by gas chromatography. The treatment with the highest percentage of bioconversion was treatment I (18% and 0.6 g / L inoculum), where the glucose concentration was 9.88%, and the ethanol yield was 5 ° GL. In conclusion it is possible to hydrolyze the total carbohydrates present in the rice powder by reducing sugars and the subsequent alcoholic fermentation.

**Keywords:** Reducing Sugars, Bioconversion, Cellulases, Gas Chromatography, *Saccharomyces cerevisiae*, Ethanol.

**Recibido:** 16 de julio de 2019  
**Aceptado:** 27 de noviembre de 2019

<sup>1</sup> 1Magister en Procesamiento de Alimentos; Docente Titular agregado 3 de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador; jayala@utmachala.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0148-4433>

<sup>2</sup> 2Bioquímica Farmacéutica; Técnico de Laboratorio; Universidad Técnica de Machala-Ecuador; gmachuca\_est@utmachala.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6798-9074><sup>3</sup> Química y Farmacéutica; Universidad de Guayaquil; Guayaquil-Ecuador; mayra.villavicenciov@ug.edu.ec

<sup>3</sup> Magister en Gerencia y Salud para el Desarrollo Local; Profesor ocasional 1 de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador; pbenitez@utmachala.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9157-8825>

<sup>4</sup> Magister en Medicina Forense; Profesor Ocasional 1 de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador; jvalvarado@utmachala.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6976-8726>

\* Autor para correspondencia: [tatiana.zamoraz@ug.edu.ec](mailto:tatiana.zamoraz@ug.edu.ec)

## I. INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existen diversas fuentes de residuos y subproductos lignocelulósicos disponibles en abundancia, renovables y de bajo costo (Salanti, Zoia, Tolppa, & Orlandi, 2012). Los materiales lignocelulósicos se componen de polímeros de hidratos de carbón (almidones, celulosa, lignina y hemicelulosa) que contienen aproximadamente 68,4% de polisacáridos principalmente de pentosa y hexosa, las cuales se forman de cadenas lineales de  $\beta$  (1-4) de la D-glucopiranosas (Sofía & Paz, s. f.). Las diferentes propiedades físicas y químicas de la lignina pueden tener varios efectos sobre la hidrólisis enzimática de sustratos lignocelulósicos (Hongdan Zhang, Wu, & Xie, 2017). Los almidones, la celulosa y hemicelulosa están formada por monómeros de D-glucosa unidos por enlaces  $\beta$ -1,4, difíciles de hidrolizar a sus monómeros, debido a la presencia de la lignina y la cristalinidad altamente organizada de la celulosa (Salanti et al., 2012). La hemicelulosa es un heteropolímero de hidratos de carbono compuesto de varios azúcares diferentes, incluyendo azúcares de cinco y seis carbonos, y puede ser fácilmente descompuesta a sus monómeros. La estabilidad hidrolítica y la solidez estructural de la celulosa y hemicelulosa presentes en las plantas ha evolucionado para resistir a la degradación, esta robustez o dureza es atribuible a la reticulación entre los polímeros de hidratos de carbono y el polímero aromático (lignina) a través de los enlaces éster y éter. Estos enlaces éster y éter entre los azúcares oxidados, los ácidos urónicos, fenoles y fenilpropanoles, surgen como parte funcional de la lignina. El residuo digerido en el rumen de la paja de arroz contiene carbohidratos residuales altos, que lo convierte en una posible materia prima de etanol (Haibo Zhang et al., 2018). Una fuente renovable de biomasa es el polvillo de arroz, subproducto del pelado y pulido del grano de esta gramínea, el cual posee una composición de 68,44% de carbohidratos solubles y 11,51% de proteína (Salanti et al., 2012).

Para extraer los azúcares fermentables del polvillo de arroz, se requiere reducir el tamaño de partícula y someter a una hidrólisis enzimática para separar la celulosa, hemicelulosa y almidones de la lignina, porque la lignina posee un complejo sistema de uniones químicas difíciles de romper (Ren, Zhao, Chen, Guo, & Cao, 2015).

Los monosacáridos resultantes de la hidrólisis enzimática de los carbohidratos presentes en el polvillo de arroz pueden ser fermentados a etanol, mientras que un alto porcentaje de pentosas en la hemicelulosa, tales como xilosa no son fáciles de fermentar por *Saccharomyces cerevisiae* (Ren et al., 2015).

Las barreras técnicas y las limitaciones fundamentales en los procesos de la despolimerización de azúcar han demostrado ser complejos y difíciles de superar (Jiang et al., 2016). La hidrólisis enzimática de celulosa, hemicelulosa y almidones se desarrolla mediante la intervención de múltiples enzimas celulíticas (Diego, 2015).

Las celulasas, hemicelulasas y amilasa son capaces de degradar los carbohidratos presentes en el polvillo de arroz en azúcares solubles que pueden ser fermentados para producir bioetanol. Actualmente, la sacarificación de residuos lignocelulósicos mediante hidrólisis enzimática produce bajos rendimientos, lo que dificulta el proceso de producción de bioetanol comercial (Greene, Himmel, Beckham, & Tan, 2015), el bioetanol es una fuente de energía renovable que puede reducir consumo de combustibles fósiles y contaminación ambiental (Shokrkar, Ebrahimi, & Zamani, 2018). Existen microorganismos como el *Trichoderma spp* que es un hongo con capacidad de producir grandes cantidades de enzimas celulíticas, cuya acción sinérgica puede sacarificar biomasa lignocelulósica en azúcares solubles y fermentables (Seiboth, Verena, & Seiboth, 2011). *Trichoderma reesei* Aq-5b y *Trichoderma viride* NSW-XM capaces de excretar enzimas degradantes de lignina y celulosa para crear un sistema de cultivo mixto para hidrolizar el polvillo de arroz (Wu et al., 2016). Las enzimas que produce este microorganismo se dividen en cuatro categorías en función de la acción catalítica de celulosa: exoglucanasas, endoglucanasas, beta-glucosidasas, y monooxigenasas. La sacarificación y fermentación simultáneas (SSF) es un proceso prometedor para la conversión de lignocelulósico materiales para biocombustibles. Sin embargo, los productos finales de fermentación podrían inhibir la sacarificación de los lignocelulósicos por las enzimas que degradan la celulosa (Nan et al., 2019).

Teniendo en cuenta toda esta evidencia científica y en búsqueda de una eficiente bioconversión de la biomasa lignocelulósica para la producción de

etanol de segunda generación, el principal objetivo es estudiar:

La formación de sustancias inhibitoras y determinar su reducción mediante la aplicación de un pretratamiento eficaz; control de los parámetros fisicoquímicos del proceso de hidrólisis: temperatura, oxigenación, pH, agitación y concentración de nutrientes del medio de cultivo (Diego, 2015).

Los avances en biotecnología en las últimas décadas nos brindan herramientas necesarias para producir etanol a partir (Raele, Boaventura, Fischmann, & Sarturi, 2014) de la bioconversión de carbohidratos complejos a glucosa, fructosa, xilosa a partir de residuos agroindustriales mediante un proceso de hidrólisis enzimática. Este nuevo método de producción se lo denomina etanol de segunda generación (Raele et al., 2014). En las peladoras de arroz existentes en la provincia de El Oro, el polvillo de arroz no es utilizado adecuadamente con fines económicos, existiendo grandes volúmenes procedentes del proceso de pilado, lo que constituye una pérdida, ya que puede ser utilizado en: obtención de jarabes glucosados, preparación de medios de cultivos agrícolas, obtención de etanol, etc. Por lo tal el salvado de arroz es una materia prima prometedora para la producción de etanol, el arroz es un cultivo importante en países como China, India, Indonesia y Bangladesh; la producción de arroz en todo el mundo fue alrededor de 750 millones de toneladas en 2014 (Santos Michel et al., 2016).

La biomasa lignocelulósica es una materia prima abundante y una alternativa para portadores de energía a base de fósiles y productos químicos, prometedora para la producción de biocombustibles (Li et al., 2018). La lignocelulosa se compone de tres principales polímeros, a saber, celulosa, hemicelulosas y lignina, así como pequeñas cantidades de pectinas, extractos y proteínas (Kellock et al., 2019). La bioconversión de biomasa lignocelulósica en biocombustibles y productos bioquímicos que se refiere al pretratamiento, la hidrólisis enzimática y la fermentación ha ganado más y más atención debido a su reciclaje efectivamente sostenible de desechos lignocelulósicos, la reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, bajo aporte de energía, impacto ambiental débilmente adverso, y producción de productos de alto valor agregado (Limayem & Ricke, 2012).

## II. METODOLOGÍA

### Población y muestra

La muestra objeto de estudio fue el polvillo de arroz clasificado mediante tamaño de partícula (315, 400 y 500 μm) de la variedad INIAP-14, semillas mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador. Las muestras fueron recogidas en el sector arrocero denominado “La Cuca”, perteneciente al cantón Arenillas, provincia de El Oro-Ecuador. Coordenadas: 3°33' S 80°04"O; 3°33' S 80°04" O.

### Diseño del experimento

El proceso de hidrólisis enzimática del polvillo de arroz se lo realizó mediante la utilización de las enzimas producidas por *Trichoderma spp* (Rana, Eckard, Teller, & Ahring, 2014), la cual se realizó a temperatura constante de 30°C y oxigenación el medio de cultivo (aireación mecánica). Se estudió el efecto de la concentración de sustrato y la concentración inóculo sobre la concentración de azúcares reductores obtenidos. Se desarrolló un experimento factorial:

El factor A: Efecto de la concentración de sustrato, tuvo tres concentraciones: 8, 13 y 18%.

Factor B: Efecto de la concentración de inóculo, a tres concentraciones: 0,2, 0,4 y 0,6 g/L. A continuación, se detalla la combinación factorial del experimento.

**Tabla 1.** Combinación factorial del experimento

Factor A: % sustrato	Factor B: [ g/L ] inóculo		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> I <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> I <sub>3</sub>
S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> I <sub>3</sub>
S <sub>3</sub>	S <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	S <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> I <sub>3</sub>

Al realizar un diseño de experimentos factorial, se desarrollaron 9 experimentos, a los cuales se les monitoreo las condiciones del proceso como temperatura, pH y agitación del medio de cultivo.

Se utilizó conidios del hongo *Trichoderma spp* liofilizado de la marca comercial Trichoeb® 5 WP, producido por Ecuabiologica. La adaptación se realizó en un Erlenmeyer de 500 mL que contenía 200 mL de sustrato (polvillo de arroz y agua destilada). Una vez homogénea la mezcla, se inoculó

0,2, 0,4 y 0,6 g/L de conidios del hongo crecidas en una solución de CMC al 4 %.

A partir de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de los datos utilizando el software Statgraphics Plus 5. Posteriormente se hizo la representación gráfica mediante el software Origin. 50.

#### **Preparación del material lignoceluloso**

Los residuos lignocelulósicos, después de ser recolectados y seleccionados son molidos mediante la utilización del Molino Fritsch-pulverisette 19, y luego clasificados por tamaño de partícula. Este proceso es fundamental para aumentar el área de ataque por el hongo y mejora la eficiencia de la hidrólisis (Sánchez Riaño, Gutiérrez Morales, Muñoz Hernández, & Rivera Barrero, 2010).

#### **Esterilización del hidrolizado**

El polvillo de arroz, mezclado con agua purificada en porcentaje de 8, 13 y 18% m/v fue sometida a esterilización industrial (121°C \* 15 min), con la finalidad hidrolizar parcialmente los almidones, celulosa, hemicelulosa y eliminar microorganismos que puedan interferir en el proceso.

#### **Hidrólisis enzimática (Carbohidratos - azúcares fermentables).**

Al medio de cultivo se le inoculó 0,2, 0,4 y 0,6 g/L, conidios del hongo *Trichoderma spp* de acuerdo al experimento que correspondía. La hidrólisis del polvillo de arroz se llevó a cabo en 144 horas, lo cual dependió de la concentración de inóculo adicionado al medio (Dwivedi, Alavalapati, & Lal, 2009).

#### **Filtración y pasteurización del hidrolizado enzimático**

Culminado el proceso de hidrólisis enzimática, al

cabo de 144 horas, se filtró el hidrolizado para retirar los carbohidratos no hidrolizados y se detoxificó añadiendo 0,1 g/L de cloruro de calcio dihidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y se procedió a pasteurizar (75°C \* 15 min) el medio para eliminar la presencia del hongo y sus clasmidiospora (Bonilla, Armijos, & Calderón, 2015).

#### **Fermentación alcohólica.**

Al hidrolizado pasteurizado se le inoculó 4 g/L de levadura *Saccharomyces cerevisiae* Hansen 1883 (NCYC 366), se obtuvo de la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT) de la Universidad de Valencia y se dejó fermentar por 72 horas, tiempo necesario para la fermentación alcohólica de los azúcares fermentables, presentes en el hidrolizado (Philippidis, Smith, & Wyman, 1993).

#### **Control del proceso de hidrólisis enzimática Determinación de Azúcares Reductores.**

Mediante la utilización del método de ácido 3,5-dinitrosalicílico por espectrofotometría UV-Visible, se cuantificó los azúcares reductores totales, utilizando como estándar glucosa anhidra (Vásquez, 2010) el cual se basa en la reducción del ácido 3-5 dinitrosalicílico a 2 amino 5 nitro salicílico por la acción de azúcares reductores (ácido galacturónico), el cual forma un color naranja de intensidad proporcional a los grupos reductores que reacciona y que presenta una máxima absorción a una longitud de onda de 540 nm (Detns et al., s. f.). Para la calibración del espectrofotómetro se realizó una curva de calibración con soluciones de glucosa a cinco concentraciones diferentes (2, 4, 6, 8 y 10 g/L), calculándose la recta de mejor ajuste por el método de los cuadrados cuya ecuación es  $y = 0,1928 X - 0,020459$ , y el coeficiente de correlación de  $R^2 = 0,9918$ .

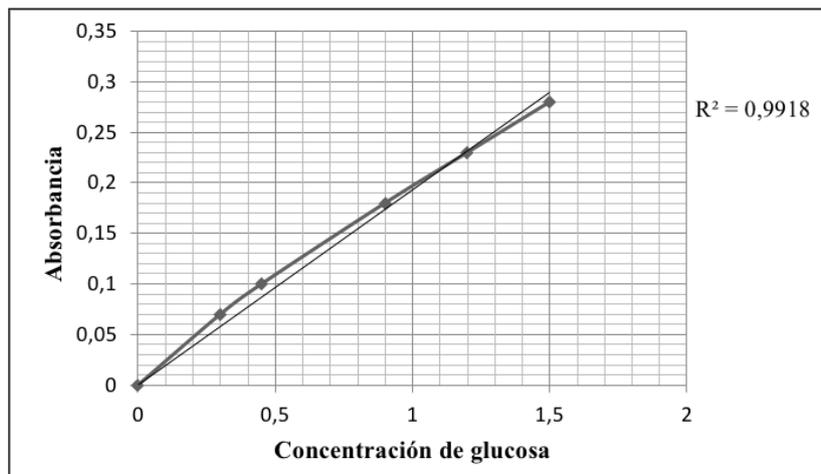


Figura 1. Curva de calibración para azúcares reductores.

#### Determinación de Etanol en el hidrolizado

Las concentraciones de etanol en el fermentado del hidrolizado se analizaron utilizando el Cromatógrafo de gases FULI 9790 II, con tiempo de retención de 1,300 min, respectivamente, utilizando una columna FULI Carbohydrates Ca, con agua como eluyente, a una temperatura de 90°C, sobre un volumen de muestra de 10 µL, flujo de 0,5 mL/min, presión en la columna de 1,070 ± 0,10 (utilizar

sistema internacional de medida kN, kPas, u otro) y sistema de detección de índice de refracción (De Queiroz et al., 2016).

### III. RESULTADOS

#### Caracterización Química

Los resultados obtenidos en la caracterización química del polvillo de arroz utilizado como sustrato para la hidrólisis enzimática presento la siguiente composición:

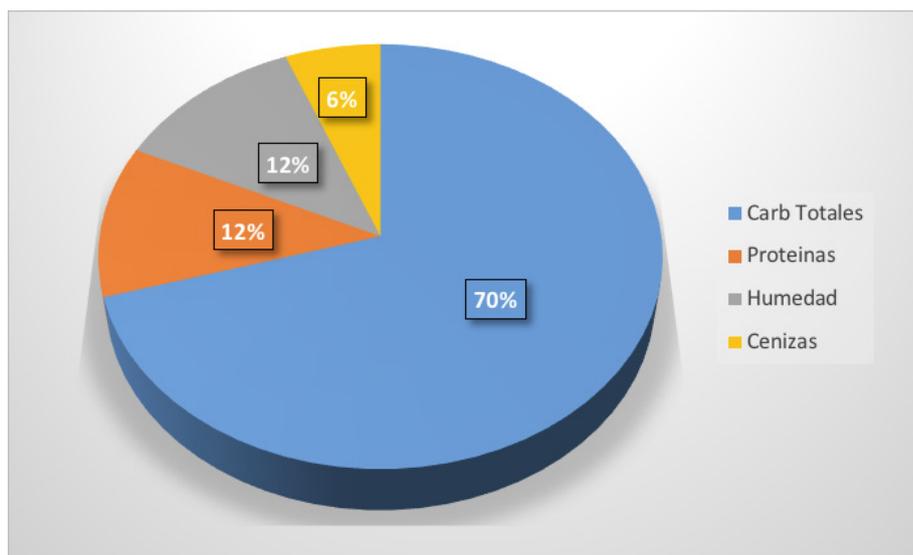


Figura 2. Composición polvillo de arroz.

El análisis del polvillo de arroz indica que existe un 70% de carbohidratos totales, los cuales están disponibles para bioconvertirse en azúcares

fermentables y posterior fermentación a etanol de segunda generación.

**Determinación del pH de los experimentos, durante el tiempo de hidrólisis**

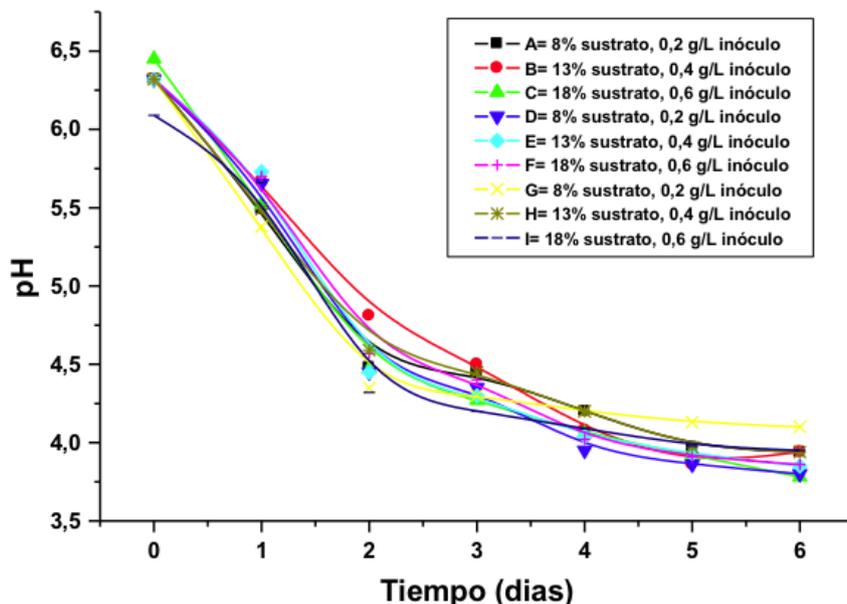


Figura 3. Determinación del pH de los 9 experimentos estudiados

La figura 3 muestra el descenso del pH durante el tiempo de hidrólisis del polvillo de arroz, el cual disminuye significativamente en los 9 tratamientos, en el mayor de los casos desde 6,32 -3,8 en el tratamiento D, estabilizándose después de 144 horas de hidrólisis en todos los tratamientos lo cual indica que el bioincremento micelial del hongo tiende a disminuir el pH del hidrolizado el cual se refleja en

una desdoblación de azúcares complejos en azúcares simples como es la glucosa (Nitta et al., 2012).

**Cuantificación de Glucosa en el Hidrolizado**

En la hidrólisis enzimática se demuestra que la interacción entre la concentración de inóculo y concentración de sustrato tiene efecto significativo ( $p < 0,05$ ) en la producción de glucosa tal como indica la tabla 2.

Tabla 2. Determinación de glucosa en el hidrolizado

Tratamientos	Media	Varianza	C. V.	N
A=15% sustrato, 0,2 g/L Inóculo	4,32	0,08	1,85	3
B=15% sustrato, 0,4 g/L Inóculo	5,27	0,07	1,32	3
C=15% sustrato, 0,6 g/L Inóculo	5,10	0,01	0,19	3
D=20% sustrato, 0,2 g/L Inóculo	5,53	0,12	2,16	3
E=20% sustrato, 0,4 g/L Inóculo	8,24	0,06	0,72	3
F=20% sustrato, 0,6 g/L Inóculo	6,37	0,07	1,09	3
G=25% sustrato, 0,2 g/L Inóculo	5,13	0,02	0,38	3
H=25% sustrato, 0,4 g/L Inóculo	7,19	0,26	3,61	3
I=25% sustrato, 0,6 g/L Inóculo	9,69	0,18	1,85	3
F = 91,08239				
p = 5,66547E-13				

De acuerdo al análisis de varianza podemos ver que si existe diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre los 9 tratamientos estudiados, el tratamiento que produjo mayor concentración de azúcares reductores fue el tratamiento I con

9,69%, cuya composición fue de 18% de polvillo de arroz y 0,6 g/l de inóculo. Este hecho también se puede observar en la Figura 4, donde al aumentar la concentración de sustrato e inóculo se produce un incremento en la concentración de azúcares reductores.

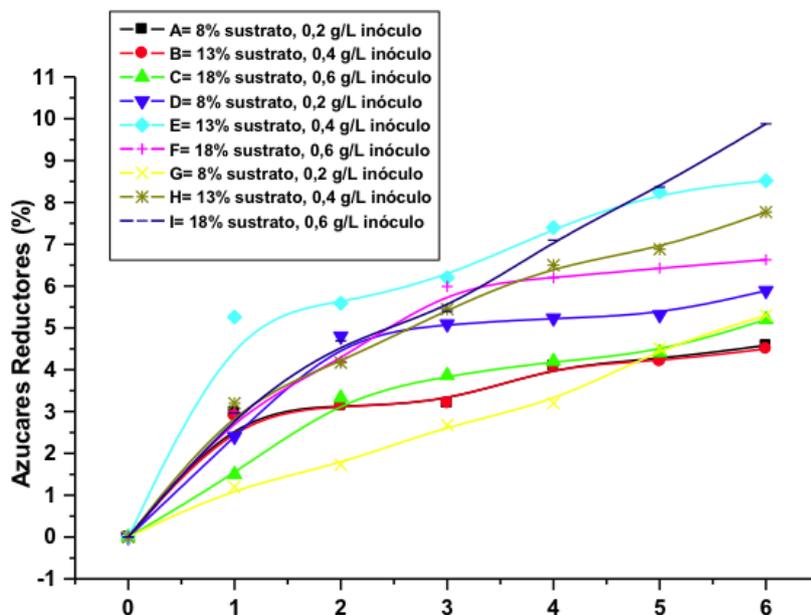


Figura 4. Incremento de la producción de azúcares reductores en los 9 tratamientos

La Figura 4, muestra que existe interacción entre la concentración de sustrato e inóculo en la conversión de carbohidratos totales a azúcares reductores, mayor cantidad de sustrato e inóculo mayor concentración de azúcares, alcanzándose en el tratamiento I (18% sustrato, 0,6 g/L Inóculo) el 9,88% de AR. En la hidrólisis enzimática del polvillo de arroz utilizando el hongo *Trichoderma spp.*, se obtuvo una concentración del 9,88% de AR, valores similares reportaron Saha *et al.* (2011), quienes consiguieron un contenido de glucosa del 9, 2% al hidrolizar paja de trigo (Chakraborty, Chowdhury, & Das Saha, 2011).

#### Determinación de etanol en las fermentaciones de los hidrolizados

La fermentación de los azúcares presentes en los hidrolizados de polvillo de arroz, es cercana al 100% en los 9 tratamientos estudiados, lo cual indica que el proceso de fermentación se desarrolló con eficiencia cercana al 100%.

La Figura 5 nos indica las concentraciones de etanol presentes en la fermentación de los hidrolizados de los 9 tratamientos (A, B, C, D, E, F, G, H e I).

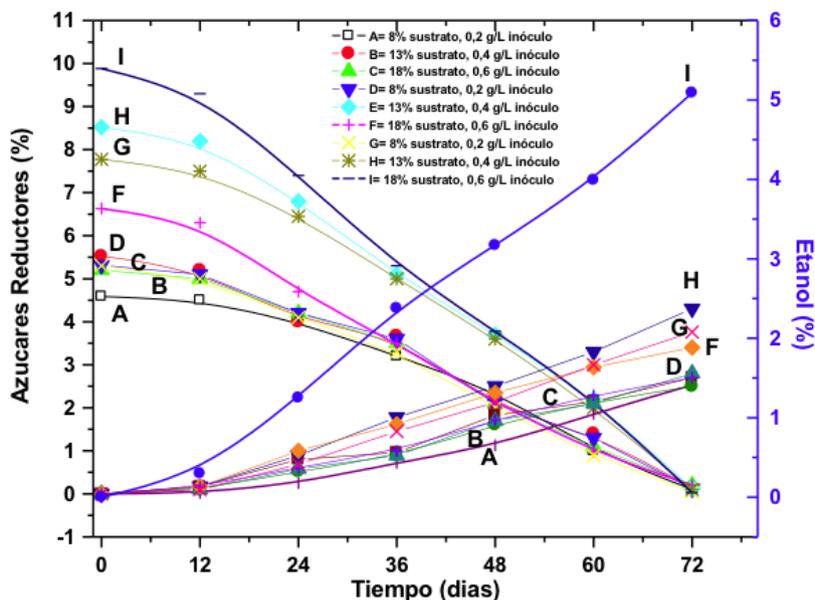


Figura 5. Concentración de azúcares reductores VS concentración de etanol

La reducción de la concentración de azúcares reductores en el proceso de fermentación es completa llegando a concentraciones residuales menores al 0,1%, lo cual indica la conversión de los azúcares reductores en etanol, alcanzándose concentraciones del 5,09% en el tratamiento I (18% de sustrato y 0,6 g/L de inóculo).

#### IV. CONCLUSIONES

La molienda aplicada al polvillo de arroz, redujo el tamaño de partícula ( $\leq 250 \mu\text{m}$ ), aumento su densidad aparente, mejoro la solubilidad y aumento el área de ataque para el hongo, estudios similares en los que se realizaron pretratamientos como la molienda, se produjo una mejor solubilidad del polvillo con tamaño de partícula menor a  $300 \mu\text{m}$  (Jamshidian, Golparvar, Naderi, & Darkhal, 2013).

El decrecimiento del pH en el medio de cultivo, brindó las condiciones óptimas de hidrólisis, ya que al aumentar el biocrecimiento miselar del hongo existió mayor actividad enzimática dando como resultado mayor concentración de azúcares reductores (Singhania, 2011), el análisis de varianza aplicado al experimento indica que existe influencia directa en la concentración de inóculo y sustrato, a mayor concentración de sustrato e inóculo, se obtendrá mayor % de azúcares reductores-etanol. La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) termoestable

fue capaz de fermentar de manera eficiente todos los azúcares reductores presentes en el hidrolizado a etanol, al inmovilizar la levadura que se produjo en el proceso de fermentación puede ser reutilizada con eficiencia cercana al 100%, reduciendo de esta manera los costos del proceso, reutilización similar proponen algunos investigadores (Cunha, Aguiar, Romaní, Oliveira, & Domingues, 2015).

#### V. REFERENCIAS

Bonilla, H. R., Armijos, H. A., & Calderón, B. L. (2015). Efecto de tres pre-tratamientos de cáscara de banana para la obtención de jarabe glucosado mediante hidrólisis enzimática. *Avances en Química*, 10(1), 79-82.

Chakraborty, S., Chowdhury, S., & Das Saha, P. (2011). Adsorption of Crystal Violet from aqueous solution onto NaOH-modified rice husk. *Carbohydrate Polymers*, 86(4), 1533-1541. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.058>

Cunha, J. T., Aguiar, T. Q., Romaní, A., Oliveira, C., & Domingues, L. (2015). Contribution of PRS3, RPB4 and ZWF1 to the resistance of industrial *Saccharomyces cerevisiae* CCUG53310 and PE-2 strains to lignocellulosic hydrolysate-derived inhibitors. *Bioresource Technology*, 191, 7-16.

- <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.006>
- De Queiroz, D. P., Florentino, A. D. O., Bruno, J. C., Da Silva, J. H. D., Riul, A., & Giacometti, J. A. (2016). The use of an e-tongue for discriminating ethanol/water mixtures and determination of their water content. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, *230*, 566-570. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.02.080>
- Detns, R. C., Taken, S., Co, F. S., Smith, F., Co, C., & Titrim-, F. (s. f.). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, (III).
- Diego, S. (2015). Application of the Direct Quadrature Method of Moments for the modelling of the enzymatic hydrolysis of cellulosic substrates. *Chemical Engineering Science*, *149*, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.04.029>
- Dwivedi, P., Alavalapati, J. R. R., & Lal, P. (2009). Cellulosic ethanol production in the United States: Conversion technologies, current production status, economics, and emerging developments. *Energy for Sustainable Development*, *13*(3), 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2009.06.003>
- Greene, E. R., Himmel, M. E., Beckham, G. T., & Tan, Z. (2015). *Glycosylation of Cellulases: Engineering Better Enzymes for Biofuels. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 72). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.accb.2015.08.001>
- Jamshidian, P., Golparvar, A. R., Naderi, M. R., & Darkhal, H. (2013). Phenotypic correlations and path analysis between ear yield and other associated characters in corn hybrids (*Zea mays* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, *2*(S), 1273-1276.
- Jiang, L., Zheng, A., Zhao, Z., He, F., Li, H., & Wu, N. (2016). The comparison of obtaining fermentable sugars from cellulose by enzymatic hydrolysis and fast pyrolysis. *Bioresource Technology*, *200*, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.096>
- Kellock, M., Maaheimo, H., Marjamaa, K., Rahikainen, J., Zhang, H., Holopainen-Mantila, U., ... Kruus, K. (2019). Effect of hydrothermal pretreatment severity on lignin inhibition in enzymatic hydrolysis. *Bioresource Technology*, *303-312*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.051>
- Li, X., Li, M., Pu, Y., Ragauskas, A. J., Klett, A. S., Thies, M., & Zheng, Y. (2018). Inhibitory effects of lignin on enzymatic hydrolysis: The role of lignin chemistry and molecular weight. *Renewable Energy*, *123*, 664-674. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.079>
- Limayem, A., & Ricke, S. C. (2012). Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potential issues and future prospects. *Progress in Energy and Combustion Science*, *38*(4), 449-467. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2012.03.002>
- Nan, Y., Yang, M., Xin, D., Li, K., Kuittinen, S., Pappinen, A., & Zhang, J. (2019). Acetone-butanol-ethanol solvents improved enzymatic hydrolysis of pretreated energy grass. *Fuel*, *245*(February), 406-412. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.043>
- Nitta, M., Furukawa, T., Shida, Y., Mori, K., Kuhara, S., Morikawa, Y., & Ogasawara, W. (2012). A new Zn(II) 2Cys 6-type transcription factor BglR regulates  $\beta$ -glucosidase expression in *Trichoderma reesei*. *Fungal Genetics and Biology*, *49*(5), 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2012.02.009>
- Philippidis, G. P., Smith, T. K., & Wyman, C. E. (1993). Study of the enzymatic hydrolysis of cellulose for production of fuel ethanol by the simultaneous saccharification and fermentation process. *Biotechnology and bioengineering*, *41*(9), 846-853. <https://doi.org/10.1002/bit.260410903>
- Raele, R., Boaventura, J. M. G., Fischmann, A. A., & Sarturi, G. (2014). Scenarios for the second generation ethanol in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, *87*, 205-223. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.12.010>
- Rana, V., Eckard, A. D., Teller, P., & Ahring, B. K. (2014). On-site enzymes produced from *Trichoderma reesei* RUT-C30 and *Aspergillus saccharolyticus* for hydrolysis of wet exploded corn stover and loblolly

- pine. *Bioresource Technology*, 154, 282-289. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.059>
- Ren, N. Q., Zhao, L., Chen, C., Guo, W. Q., & Cao, G. L. (2015). A review on bioconversion of lignocellulosic biomass to H<sub>2</sub>: Key challenges and new insights. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.124>
- Salanti, A., Zoia, L., Tolppa, E. L., & Orlandi, M. (2012). Chromatographic detection of lignin-carbohydrate complexes in annual plants by derivatization in ionic liquid. *Biomacromolecules*, 13(2), 445-454. <https://doi.org/10.1021/bm2014763>
- Sánchez Riaño, A. M., Gutiérrez Morales, A. I., Muñoz Hernández, J. A., & Rivera Barrero, C. A. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos Bioethanol Production from agroindustrial lignocellulosic byproducts. *Tumbaga*, 5, 61-91.
- Santos Michel, R. J., Canabarro, N. I., Alesio, C., Maleski, T., Laber, T., Sfalcin, P., ... Mazutti, M. A. (2016). Enzymatic saccharification and fermentation of rice processing residue for ethanol production at constant temperature. *Biosystems Engineering*, 142, 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.12.013>
- Seiboth, B., Verena, C. I., & Seibot, S.-. (2011). *Trichoderma reesei*: A Fungal Enzyme Producer for Cellulosic Biofuels, Biofuel Production-Recent Developments and Prospects. *Biotechnology for biofuels*, 6(1), 127. <https://doi.org/10.5772/959>
- Shokrkar, H., Ebrahimi, S., & Zamani, M. (2018). Enzymatic hydrolysis of microalgal cellulose for bioethanol production, modeling and sensitivity analysis. *Fuel*, 228(April 2017), 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.04.143>
- Singhania, R. R. (2011). Production of cellulolytic enzymes for the hydrolysis of lignocellulosic biomass. *Biofuels*, 177-201. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385099-7.00008-5>
- Sofía, Á., & Paz, P. (s. f.). Efecto de enzimas comerciales en la hidrólisis de residuos de cosecha de la caña de azúcar Pre-tratados con órgano-solvente.
- Vásquez, M. (2010). Diseño del sistema de control para un biorreactor de tanque agitado, 14-16.
- Wu, X., Zhang, J., Xu, E., Liu, Y., Cheng, Y., Addy, M., ... Ruan, R. (2016). Microbial hydrolysis and fermentation of rice straw for ethanol production. *Fuel*, 180, 679-686. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.04.087>
- Zhang, Haibo, Zhang, P., Ye, J., Wu, Y., Liu, J., Fang, W., ... Zeng, G. (2018). Comparison of various pretreatments for ethanol production enhancement from solid residue after rumen fluid digestion of rice straw. *Bioresource Technology*, 247, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.065>
- Zhang, Hongdan, Wu, S., & Xie, J. (2017). Evaluation of the effects of isolated lignin on enzymatic hydrolysis of cellulose. *Enzyme and Microbial Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2017.03.001>

# La Inflación y disponibilidad de efectivo en la economía venezolana

Armando, Urdaneta<sup>1\*</sup>; Emmanuel, Borgucci<sup>2</sup>;  
Omar, Mejía Flores<sup>3</sup>

## Resumen

Este estudio tiene como finalidad relacionar inflación con la disponibilidad de efectivo en la economía venezolana, en el período 2005-1 al 2018-2. Sobre la base de la teoría cuantitativa, este trabajo de carácter descriptivo y explicativo, con el uso de regresiones polinomiales y el criterio de función total y marginal, se procedió a relacionar el circulante en poder del público y la banca con la base monetaria (BM), los ingresos del gobierno por señoreaje y la estimación de una ecuación de demanda de dinero para Venezuela en hiperinflación. La investigación muestra evidencias de que la tasa de variación promedio inter-trimestral de la BM es superior al de la liquidez monetaria y el circulante, produciéndose una caída del efectivo disponible en poder de la banca en los últimos 5 trimestres, al igual que la demanda de dinero en los últimos 10 trimestres; producto de la política monetaria expansiva implementada por el Banco Central de Venezuela (BCV), que se ha traducido en una tasa de inflación promedio del 30% inter-trimestral, decantándose en un proceso hiperinflacionario en los últimos 3 trimestres del periodo estudiado; donde toda la BM creada por el BCV fue cubierto por títulos valores en divisas y moneda nacional equivalente al 89% de su activo total al cierre de 2017.

**Palabras clave:** Inflación, Dinero en Efectivo, Hiperinflación, Señoreaje.

## Inflation and available money in the Venezuelan economy

### Abstract

This study aims at the relationships between inflation and availability of money in Venezuela from 2005-1 to 2018-2. Based on quantitative theory of money, this descriptive and explanatory study, with polynomial regressions and total and marginal functions, studied the relations between money and the monetary base, the government income by seigniorage. It also approaches a demand of money equation for Venezuela in the context of hyperinflation. The research shows that the average inter-quarterly variation rate of the monetary base in the period under study is higher than that of the monetary liquidity and the coins and bills in circulation, producing therefore a fall in the available cash in the hands of the banking entities in the last 5 quarters, as well as the demand for money in the last 10 quarters. All this is thanks to BCV (Central Bank of Venezuela) expansive monetary policy in the analyzed period, which has resulted in an average inflation rate of 30% quarter-on-quarter, favoring a hyperinflationary process in recent years 3 quarters of the five years studied; where all the new liabilities (Monetary Base) created by the BCV are supported by securities in foreign currencies and national currency representing up to 89% of its assets by the end of 2017.

**Keywords:** Inflation, Available money, Hyperinflation, Seigniorage.

**Recibido:** 16 de julio de 2019  
**Aceptado:** 25 de noviembre de 2019

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Económicas; Docente en la Universidad Metropolitana, Sede Machala, Ecuador; aurdaneta@umet.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9825-9453>.

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Sociales; Docente de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela; emmanuelborgucci@gmail.com; <https://orcid.org/0000-00024078-006X>.

<sup>3</sup> Magister en Tributación y Finanzas; Docente de la Universidad de Guayaquil, Ecuador; omar.mejiaf@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-7436-4825>

\* Autor para correspondencia: aurdaneta@umet.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación pretende hacer un análisis sobre la inflación y su relación con la disponibilidad de efectivo en la economía Venezolana en el período 2005-1 al 2018-2, partiendo de la base de que la masa monetaria tiene un rol decisivo en los ajustes económicos Brunner, (1968), y Passet, (2013). Además, siguiendo a Friedman (1963), la inestabilidad solo puede provenir de la oferta exógena de dinero. Friedman (1963) señala tácitamente que la inflación es siempre un fenómeno monetario, se debe al aumento demasiado rápido de los medios de pago puestos en circulación.

En base a los elementos introductorios antes descritos, la investigación tiene como finalidad analizar la inflación y su relación con la disponibilidad de efectivo en la economía venezolana, en el período 2005-1 al 2018-2. De acuerdo al nivel de medición y análisis de información es de carácter explicativo; tiene como fin establecer una relación causal que no solo persigue describir o acercarse al problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo, Bernal (2006, pág. 114).

### Antecedentes

La economía venezolana en el periodo 2005-2012 según el Banco Central de Venezuela (2018<sup>a</sup>) presentó una tasa de inflación de dos dígitos porcentuales, la cual según *Krugman et al* (2007) puede ser considerada como moderada ya que osciló entre un 15% y 36%. No obstante, a partir del año 2013 comienzan a presentarse unas tasas de inflación galopante que, según Ávila (2004, pág. 236), oscilaron entre 56% y 237% hasta el año 2016 y que desembocó en un cuadro hiperinflacionario a partir del último trimestre del año 2017 que, según la firma Econométrica (2015), alcanzó promedio mensual del 80%, comparados con el 22% en el los tres primeros trimestres de ese año.

El presente estudio busca entonces conocer algunas investigaciones que sirvan antecedentes para comprender las causas y consecuencias de algunos fenómenos hiperinflacionarios de reciente data. Como es el caso de la investigación titulada *On the Measurement of Zimbabwe's Hyperinflation* (La medición de la hiperinflación en Zimbabwe)

desarrollada por *Steve H. Hanke and Alex K. F. Kwok* (2009), donde este país experimentó la primera hiperinflación del siglo XXI. En ese mismo orden de ideas Sargent (1982) en su obra *El fin de las cuatro grandes inflaciones de los países de Austria, Hungría, Polonia y Alemania de 1921 a 1924*, señala que la reducción de la inflación mediante meras medidas restrictivas en el orden fiscal y monetario tendrían un impacto negativo en la producción y el empleo en el corto plazo, sin mayores efectos en la tasa de inflación.

Cagan (1956), desarrolló un modelo simple con base en la contabilidad por el comportamiento de la inflación y la demanda de dinero incluso en medio de tales eventos dramáticos. Cagan estaba interesado en si los efectos de "impulso" en la dinámica de las expectativas de inflación podría exacerbar la inflación que originalmente se inicia debido a la decisión de un gobierno de 'monetizar' un déficit fiscal (es decir, para financiar un déficit imprimiendo dinero). El modelo de Cagan consiste en dos ecuaciones, una que describe la demanda individual de dinero y otra que describe la evolución de las expectativas de inflación a lo largo del tiempo.

Específicamente, Cagan supone que la velocidad del dinero está aumentando en proporción directa al aumento del tipo de interés nominal  $i$ . dado que los bonos ganan intereses y el dinero no, el costo de oportunidad de mantener dinero es interés nominal renunciado. Por lo tanto, si la tasa de interés nominal aumenta, se demandará menos efectivo y el que existe circulará con mayor velocidad. Para hacer las cosas más sencillas, Cagan especificó una forma log-lineal. Donde  $m$  y  $p$  denotan el registro de dinero y el nivel de precio para que  $m - p$  represente el registro de dinero real. Del intercambio la ecuación que relaciona el dinero, la velocidad y el gasto,

$$m + v = p + c$$

La especificación de Cagan para la velocidad era

$$v(i) = \alpha i$$

Donde  $\alpha > 0$  dado que la tasa de interés nominal es la tasa de interés real más la inflación esperada

(Fisher y Brown (2007[1911])<sup>1</sup>,

$$i_t = r_t + \pi_t^e$$

Se puede escribir como

$$m_t - p_t = c_t - \alpha r_t - \alpha \pi_t^e$$

Dado que Cagan está interesado en episodios de hiperinflación, es decir, períodos donde los valores nominales van cambiando muy rápidamente, pero donde los valores reales son mucho más estables, también simplificó los cálculos suponiendo que el consumo real y la tasa de interés real son constantes:  $c_t = c$  y  $r_t = r$ . En este caso, la ecuación de la demanda de dinero implica una constante tediosa de la que podemos deshacernos mediante estableciendo  $c = 0$  y  $r = 0$ . La ecuación de demanda de dinero de Cagan es:

$$m_t - p_t = -\alpha \pi_t^e \quad (1)$$

En una hiperinflación, la dinámica de la tasa de interés nominal y la dinámica de inflación esperada son básicamente lo mismo, por lo que la demanda de los individuos para los saldos reales está disminuyendo en la inflación esperada. La segunda parte del modelo de Cagan es que asumió las expectativas de adaptación, lo que significa que la inflación esperada es un promedio ponderado de la inflación actual  $p_t - p_{t-1}$  y las expectativas pasadas de inflación.

$$\pi_t^e = \lambda \pi_{t-1}^e + (1 - \lambda)(p_t - p_{t-1}) \quad (2)$$

Donde  $0 < \lambda < 1$ . Si está cerca de uno, las expectativas de los individuos tardan en actualizarse, mucho peso en las expectativas pasadas y poco peso en las expectativas actuales. Pero si está cerca de cero, los individuos le dan mucho peso a la experiencia actual. Una solución al modelo es una ecuación que da la evolución de los precios en el tiempo en términos del (i) el comportamiento pasado de los precios, (ii) la política monetaria del gobierno, y (iii) los

$$p_t = \beta_1 p_{t-1} + \beta_2 m_t + \beta_3 m_{t-1}$$

## II. ESTADO DEL ARTE

La tasa de inflación representa el porcentaje de incremento anual en un nivel general de precios. Mientras que la hiperinflación es una inflación a tasas extremadamente altas, de mil, un millón o incluso mil millones por ciento al año. Así mismo la inflación galopante es una tasa de 50%, 100% o 200% anual. Una inflación moderada es un alza del nivel de precios que no distorsiona gravemente los precios o ingresos relativos, Samuelson & Nordhaus (2010). En el año 1956 en la Universidad de Chicago el economista Milton Friedman desarrolla un trabajo sobre la teoría monetaria, del cual se origina su obra *Studies in the Quantity Theory of Money*, produciendo un resurgimiento del cuantitativismo Fernández *et al* (2006). Lo que proponía Friedman era una teoría alternativa dirigida a exponer las relaciones entre las variaciones de la cantidad de dinero y la renta nacional expresada en términos monetarios.

Para esta teoría cuantitativa moderna según Friedman (1970), la demanda de dinero es equivalente a la demanda de cualquier otro activo, entre el conjunto de los que pueden mantenerse por el público formando parte de su cartera de activos. En cuanto a la demanda de dinero de las empresas según Friedman (2005), estará determinada por los costos de los servicios productivos del dinero y de sus sustantivos (o tasa de rendimiento del dinero y otros activos), por el tamaño del volumen de ventas, producción total de las empresas y por factores tales como las expectativas, modos de financiación habitual que determinan las preferencias de la empresa respecto a su tenencia, puede expresarse como.

$$\frac{M^d}{P} = f(r_b, r_a, \frac{\Delta P}{P}, Y_p, h, u) \quad (1)$$

Donde de acuerdo Friedman (1956), tomado Fernández *et al* (2006), la demanda de los saldos monetarios en término reales es una función que depende de forma inversa del rendimiento ( $r_a$  y  $r_b$ ) de otros activos financieros alternativos (bonos

<sup>1</sup>Una de las grandes aportaciones de Fisher al análisis económico neoclásico acerca del dinero, lo constituyó el vínculo que unía la relación entre el aumento de la cantidad de dinero y el aumento de los precios (agregados). Ese vínculo lo constituyó el Efecto Saldos Reales. Según este efecto, un aumento de la oferta de dinero por parte de la autoridad monetaria central, provoca el aumento de los saldos monetarios en efectivo en poder del público. Este aumento rompe la relación "óptima" entre lo que las personas gastan y lo que poseen para gastar. Consecuentemente, las personas al contar con más efectivo, se disponen a gastarlos en la adquisición de bienes y servicios en el mercado, es decir, sus gastos aumentan. Sin embargo, si la economía en el corto plazo se encuentra a nivel de pleno empleo (todos los factores de la producción están empleados y los cambios tecnológicos no se presentan, no es posible aumentar la producción), el mayor gasto de los consumidores provocará un desequilibrio en el mercado de bienes y servicios, que se resolverá con un incremento de precios en el corto plazo equivalente a la tenencia adicional de dinero por parte de los consumidores. De esta manera, la economía encontrará un nuevo equilibrio pero con niveles mayores de precios.

y acciones) y de la tasa esperada de cambio de precios, y de forma directa la renta permanente  $Y_p$ ,  $\frac{\Delta P}{P}$  tomada como índice de la riqueza total y de  $h$  la proporción de riqueza humana respecto a la no humana. La variable  $u$  representa todo el conjunto de factores no especificados que hacen referencia a las preferencias, expectativas, etc., y cuya incidencia directa o inversa no es posible predecir a nivel agregado.

$$P = \frac{MV}{Y} \Rightarrow V = \frac{PY}{M} \quad (2)$$

Donde  $M$  es igual  $M_2$  (oferta monetaria),  $V$  (velocidad de circulación del dinero) es igual al volumen de las transacciones que en muchos casos puede ser sustituido por el producto interno bruto en términos reales. La velocidad de circulación del dinero es el ritmo al que circula la cantidad de dinero por la economía cuando los agentes económicos realizan transacciones.

Por lo tanto, la velocidad no es más que el efecto que producen los tipos de interés en la demanda de dinero. Una subida del tipo de interés nominal reduce la demanda de dinero real. La gente tiene menos dinero en relación a la renta y la velocidad aumenta. Pero si la inflación y los tipos de interés nominales se estabilizan, la velocidad de circulación es constante.

Ahora bien las razones que llevan a la política monetaria a tener un carácter cada vez más expansivo mediante la creación de dinero, de acuerdo a Blanchard & Pérez (2005, pág. 456) se debe a los déficit presupuestarios recurrentes del sector público y a la búsqueda por parte del gobierno de mayores ingresos reales por concepto de impuesto inflacionario más conocido como señoreaje.

Señoriaje = crecimiento del dinero nominal x saldos reales

$$\frac{\Delta M}{P} = \frac{\Delta M}{M} * \frac{M}{P} \quad (3)$$

De allí, que a partir de las ecuaciones 1, 2 y 3 Mochón (2008, pág. 221) señale que las ecuaciones más frecuentemente utilizadas por las autoridades como referentes para controlar la

inflación mediante el seguimiento y supervisión del crecimiento de la cantidad de dinero u oferta monetaria sean:

Tasa de Inflación = Tasa de crec.  $M$  + Tasa de crec. de  $V$  - Tasa crec. de la renta real.

$$\pi = \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta Y}{Y} \quad (4)$$

Estos cuadros de alta inflación o hiperinflación que son producto de problemas de déficit fiscales recurrentes, comienzan a ser un problema estructural en la economía que cada vez más requiere de un financiamiento monetario mayor con relación al periodo anterior Fernández, (2011, pág. 254). Una de las razones para esta situación son las aplicaciones de una política fiscal enfocada por el lado del ingreso en lugar del gasto. Una teoría que explica los elementos anteriormente citados es la Curva de Laffer Por otro lado, también Keynes (1981 [1936]) ya había planteado la misma idea. Y finalmente, como señala Smith (1982 [1776]). Según Aliaga y Oropeza (2015) Arthur Laffer relacionó el intercambio entre las recaudaciones y la tasa de impuesto Wanniski (1978). Este gráfico luego se denominaría Curva de Laffer (Gráfico 1).

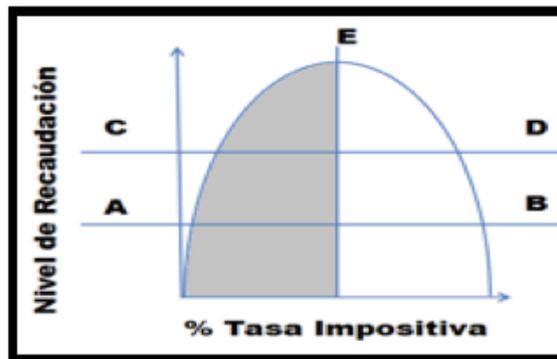


Gráfico 1: Curva de Laffer.  
Fuente: Elaboración Propia.

En términos generales, la curva de Laffer (1986), es la relación entre el nivel de impuestos y el nivel de recaudación impositiva (ingresos fiscales) para una economía. Si los impuestos son nulos, está claro que el nivel de ingresos públicos es también cero. Lo mismo ocurriría en el caso extremo en el que el tipo impositivo fuese del 100%, ya que en este caso el nivel de actividad sería cero. Por tanto,

la curva de Laffer tiene un tramo creciente y un tramo decreciente.

Haciendo un análisis de las diversas posibilidades que propone la *Curva de Laffer*, destacamos lo siguiente: 1) en el punto A, una pequeña tasa tributaria también haría aumentar las recaudaciones y aumentaría la producción; 2) en el punto B, luego de imponer un impuesto, la producción superaría la economía del trueque, pero a través de un impuesto alto, la producción disminuiría y se podría tener menores recaudaciones; y 3) en los puntos C y D, un aumento de la producción o una reducción de los impuestos aumentarían los ingresos fiscales, de acuerdo a Urduaneta, Pérez y Acurero (2018).

Otro elemento a considerar es el efecto conocido como Olivera Tanzi, el cual según Larraín y Sachs (2002, pág. 345), explica cómo la inflación también afecta el valor real de la recaudación tributaria, cuando hay rezagos significativos en la recolección de impuestos. Esta situación se presenta cuando el pago de las obligaciones fiscales no se hace efectivo de manera inmediata, sino que se establece en una fecha posterior, en el periodo siguiente de haberla contraído.

### III. METODOLOGÍA

La investigación según el objeto de estudio será de tipo analítica, la cual tiene como fin la búsqueda intencionada o soluciones a problemas de carácter científico, utilizando el método analítico de investigación que consiste primeramente en la descomposición del todo en sus partes y posteriormente la síntesis reconstruir o volver integrar las partes en la totalidad. Para ello se hace necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que estudia para comprender la secuencia,

para obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social, Lopera (2010, Pág. 237).

El método inductivo significa conducción, razonamiento, el cual permite pasar de los hechos particulares a los principios generales, a partir de la observación de múltiples hechos o fenómenos para luego clasificarlos y llegar a establecer relaciones o puntos de conexión entre ellos y la teoría inferida inductivamente: porque la teoría se encuentra contenida en los fenómenos. Mientras el método deductivo es conocido como el primer método científico ya que la lógica y la matemática, como primeros modelos de las ciencias racionales por excelencia son abstractas y deductivas, para otorgar validez forma el contenido del pensamiento racional, pero no veracidad a su contenido. Por ello la deducción como método científico impone la necesidad de la lógica formal como condición al proceso; de allí que sea un rasgo básico del pensar humano complementado con la inducción.

### IV. RESULTADOS

En el presente estudio se evidencian el carácter expansivo de la política monetaria de acuerdo a lo mostrado en la Tabla N°1, donde el índice de precios al consumidor es el indicador que presenta un mayor crecimiento en el periodo sujeto a estudio de 33.025.850%; ello puede constatarse también en el coeficiente variación según Anderson *et al* (2005, pág. 87). Así mismo, pueden observarse que la base monetaria creció 5.948.704,71% y liquidez monetaria 3.931.326,16%. Por otra parte, con un menor crecimiento estuvieron las monedas y billetes en circulación con un crecimiento de 507.736,19% y el efectivo disponible en los bancos con 788.319,01%. Lo anterior puede observarse también en el coeficiente de variación de cada uno de los agregados monetarios antes descritos.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los agregados monetarios.

Estadísticos Descriptivos							
	N	Mínimo	Máximo	Crecimiento	Media	Desviación Estandar	Coef. De Variación
Base Monetaria	54	Bs. 16.724.976,00	Bs. 994.936.189.864,00	5948704,71%	Bs. 26.864.008.062,30	Bs. 140.466.281.491,33	5,23
Liquidez Monetaria	54	Bs. 47.511.504,00	Bs. 1.867.879.695.653,00	3931326,16%	Bs. 47.282.296.427,39	Bs. 259.409.777.557,75	5,49
Moneda y Billetes en Circulación	54	Bs. 6.938.322,00	Bs. 35.235.310.344,00	507736,19%	Bs. 1.259.081.259,06	Bs. 5.121.547.769,89	4,07
Dinero En Efectivo En los Bancos	54	Bs. 1.140.470,00	Bs. 8.991.682.334,30	788319,01%	Bs. 298.240.230,10	Bs. 1.318.864.676,94	4,42
INPC	54	56,00	18.494.532,00	33025850,00%	401.662,46	2.529.870,72	6,30

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV), La Superintendencia de Bancos (SUBEBAN), Econométrica.

Tal escenario antes relatado, según Guerra (2013, pág. 18), de expansión de oferta monetaria y disponibilidad de dinero no acorde con el nivel de actividad económica, termina generando fuertes desequilibrios que alientan procesos inflacionarios y devaluación recurrente del signo monetario, a la no hacerse los ajuste necesario a través del tipo de interés con el propósito de mantener la estabilidad de precios, aumentar el costo del acceso al crédito. Todo lo contrario, ocurrido en el caso venezolano, según data del Banco Central de 2005-1 al 2015-3 y la firma econométrica de 2015-4 a 2018-2 donde la economía exhibe tasas interés reales negativas, y por tanto créditos a muy bajo costo.

Este escenario de alta inflación, devaluaciones recurrentes del signo monetario, han desencadenado primeramente en una escasez de efectivo o piezas monetarias desde el año 2016 y posteriormente en un cuadro hiperinflacionario a partir del último trimestre del año 2017 y se ha mantenido en los dos primeros trimestres del año 2018. En el caso de

la escasez de efectivo o piezas monetarias, se debe fundamentalmente a una inadecuada planificación por parte del Banco Central de Venezuela, ya que como se observó en la tabla n°1 la base monetaria tuvo un crecimiento mucho mayor que las monedas y billetes en circulación, y por ende en el efectivo disponible bancos. Todos estos argumentos pueden constatar con la evidencia empírica mostrada en los gráficos n°1 y n°2.

En el Gráfico N°2 puede observarse que la curva del porcentaje de monedas y billetes en circulación sobre la BM, como la misma pasó de 42,75% al inicio del lapso objeto de estudio a 3,63% al cierre del segundo trimestre del año 2018. Así mismo, la pendiente de la línea de tendencia o recta de regresión de la función cantidad de monedas y billetes en circulación respecto de la BM es 0,04 (propensión marginal de emisión de monedas y billetes); lo cual indica que un aumento de 1% en base monetaria se traduce en un incremento del 0,04% de la cantidad de monedas y billetes en circulación (condición de inelasticidad).

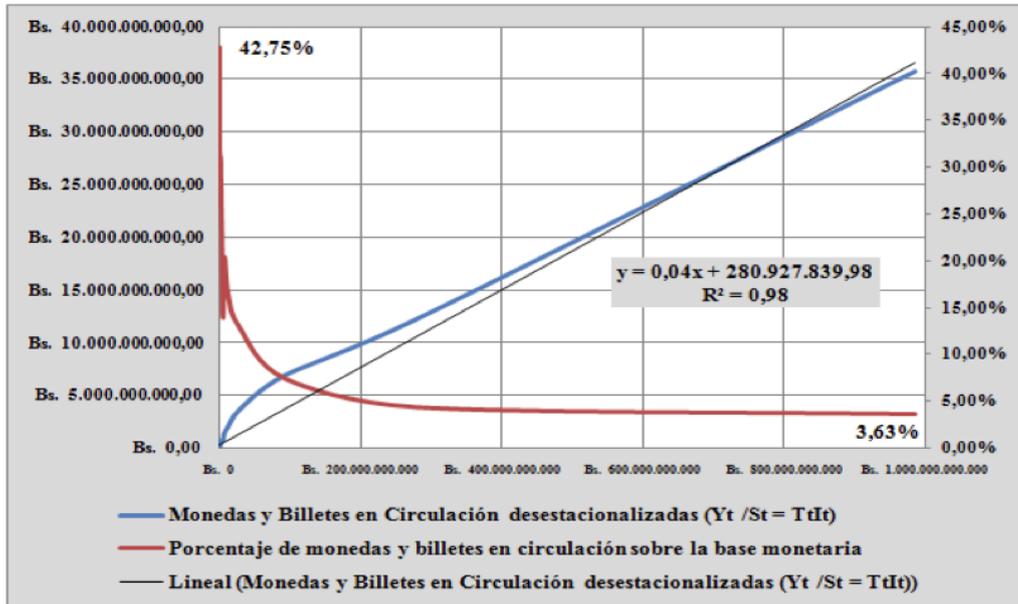


Gráfico 2: Monedas y Billetes en circulación respecto a la base monetaria.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV).

De igual forma en el Gráfico N°3 se muestra la curva del porcentaje del dinero disponible en los bancos respecto a la BM, el cual disminuyó del 9,35% al inicio del lapso objeto de estudio a 0,57% al cierre del segundo trimestre del año 2018. Junto a lo anterior, la pendiente de la línea de tendencia o recta de regresión de la función

dinero efectivo disponible en los bancos respecto a la BM es 0,01 (propensión marginal de dinero en efectivo disponible en los bancos); lo cual indica que un aumento de 1% en base monetaria se traduce en un aumento del 0,01% del dinero en efectivo disponible en los bancos (condición de inelasticidad).

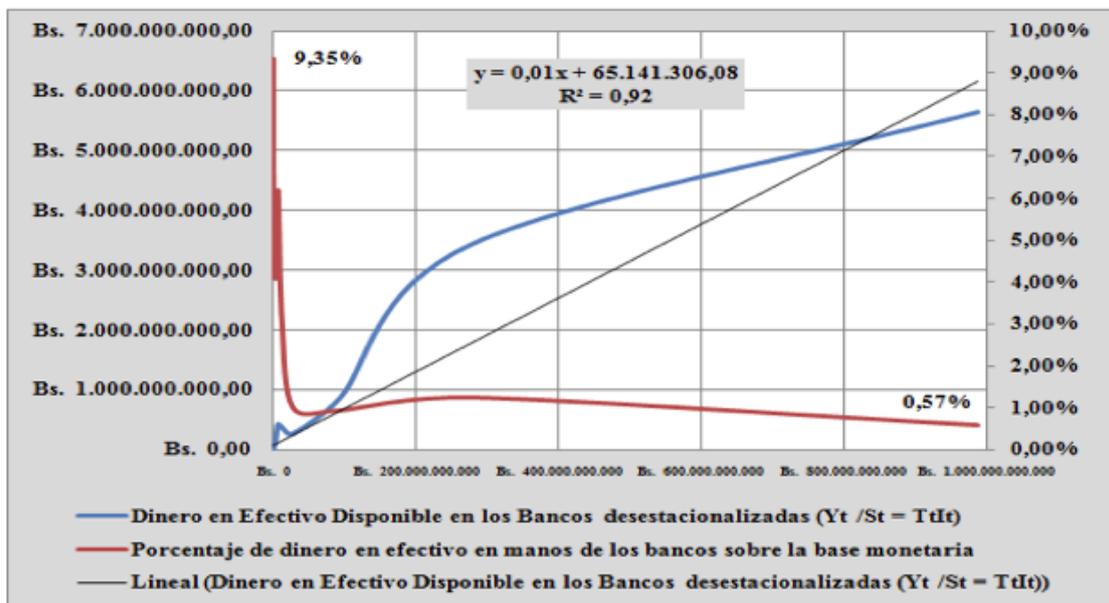
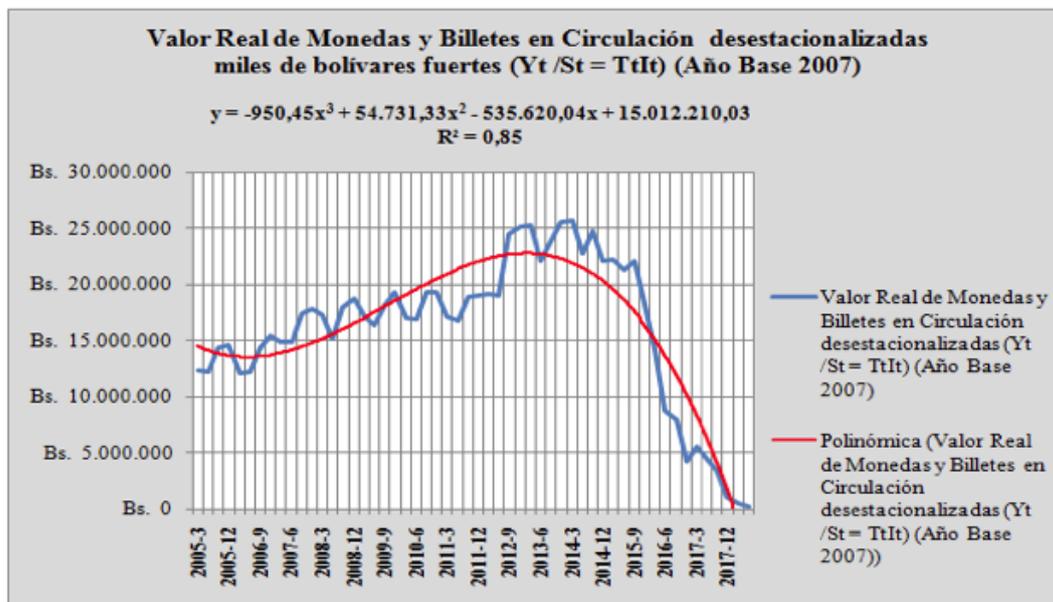


Gráfico 3: Dinero en efectivo disponible en los bancos respecto a la base monetaria.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV), La Superintendencia de Bancos (SUBEBAN).



**Gráfico 4:** Valor real de las monedas y billetes en circulación, miles de bolívares fuertes, año base 2007.  
**Fuente:** Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV), La Superintendencia de Bancos (SUBEBAN).

En el Gráfico N°4 se muestra el valor real de las monedas y billetes en circulación como componente de la BM, la cual es prospectada a través de la curva cuya función es

$$y = -950,45x^3 + 54.731,33x^2 - 535.620,04x + 15.012.210,03$$

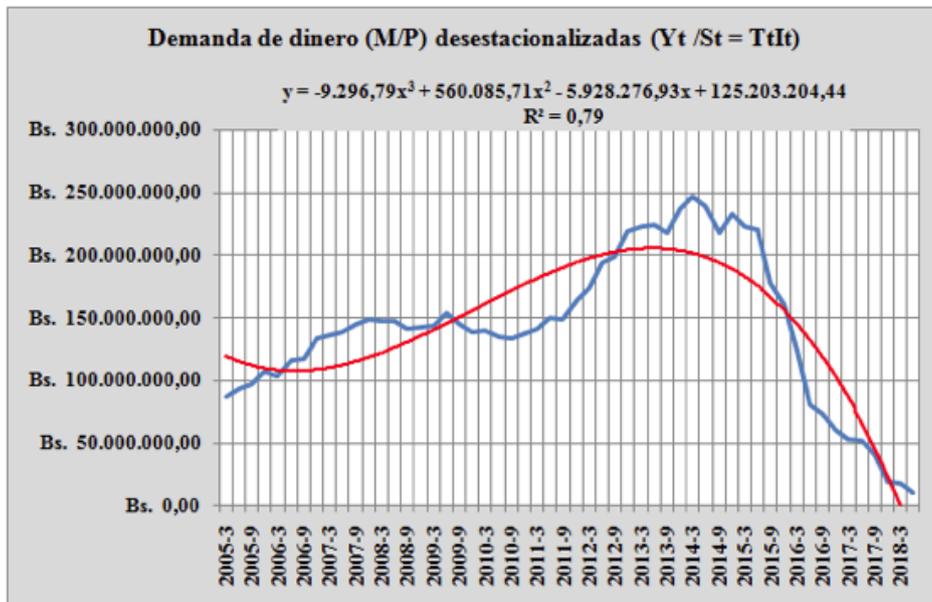
en aras de eliminar las perturbaciones, y modelar su comportamiento a través de una regresión polinomial Anderson, *et al* (2004, pág. 198). Esta función explica 85% de la varianza del valor real de las monedas y billetes en circulación; así mismo a través del criterio

$$y' = -2.851,35x^2 + 109.462,66x - 535.620,04$$

de la primera derivada expuesto (Chiang &

Wainwright, 2006, pág. 223), se estimó la primera derivada; para obtener el valor máximo alcanzado por la curva, el cual fue en el primer trimestre del año 2013.

Así mismo, mediante el criterio de la función total y la función marginal expuesto por Chiang & Wainwright (2006, pág. 286). Para la determinación de la tasa de crecimiento, se calculó que la tasa de crecimiento promedio intertrimestral positiva entre 2005-1 y 2013-1 del 1,31%; para posteriormente caer de manera progresiva con una tasa de crecimiento del -2,90% desde 2013-2 hasta 2018-2. Este desempeño de las variables consideradas mostró, en el período sujeto a estudio, una caída de su valor real del 17,52%.



**Gráfico 5:** Demanda de dinero en miles de bolívars fuertes a precios constantes, año base 2007.

**Fuente:** Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV), Econometría.

En el Gráfico N°5 se muestra la demanda de dinero o saldos reales de la economía, en el lapso 2005-1 al 2018-2, que se proyectó mediante una curva cuya función es

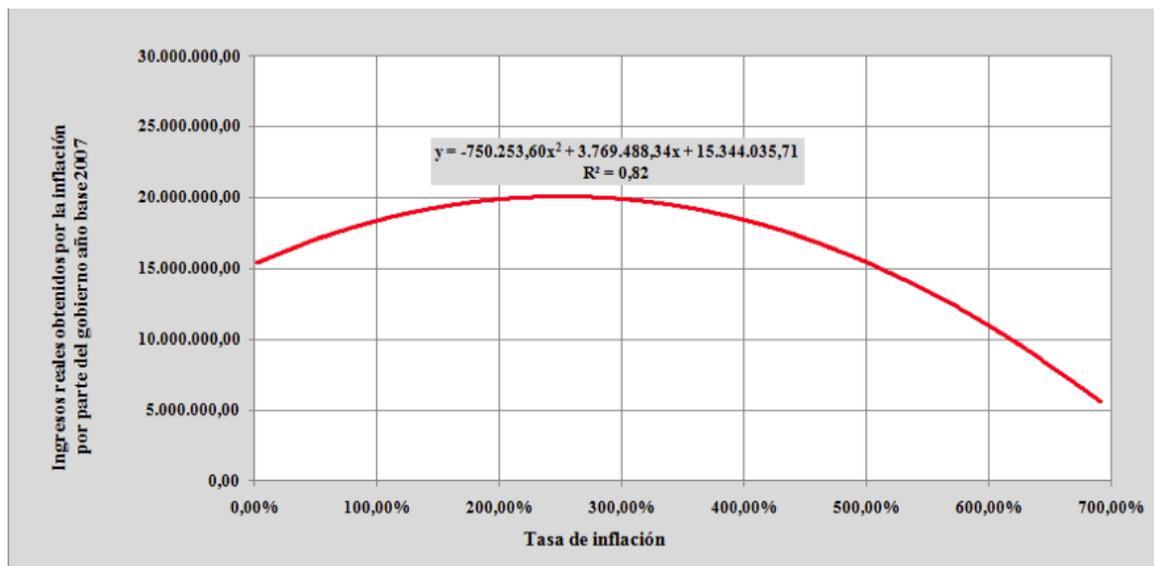
$$y = -9.296,79x^3 + 560.085,71x^2 - 5.928.276,93x + 125.203.204,44$$

en aras de eliminar las perturbaciones, y ajustar su evolución a través de una regresión polinomial, según Anderson et al (2004, pág. 198). Esta función explica el 79% de la varianza la demanda de dinero o saldos reales de la economía; así mismo a través del criterio de la primera derivada

$$y' = -27.890,37x^2 + 1.120.171,42x - 5.928.276,93$$

expuesto por Chiang & Wainwright (2006, pág. 223), se estimó la primera derivada ; para obtener el valor máximo alcanzado por la curva, el cual fue en el segundo trimestre del año 2013, a partir de allí comienza la caída de la demanda de dinero.

En ese mismo orden de ideas, mediante el criterio de la función total y la función marginal expuesto por Chiang & Wainwright (2006, pág. 286), para la determinación de la tasa de crecimiento, se computó que la tasa de crecimiento promedio intertrimestral positiva entre 2005-1 y 2013-2 del 1,53%; para posteriormente bajar de manera progresiva con una tasa de crecimiento del -14,96% desde 2013-3 hasta 2018-2. Todo lo antes descrito evidencia un rezago entre la caída de la demanda de dinero y la pérdida del valor real de las monedas y billetes en circulación en la economía. No obstante, ambos agregados evidencian por un lado la pérdida del poder adquisitivo de la moneda, y el segundo la caída abrupta del consumo (Friedman, 2005). Como se muestra en el gráfico N°5, donde a medida que crece la inflación van cayendo los ingresos reales recibidos por el gobierno por concepto de señoreaje.



**Gráfico 6:** Ingresos reales obtenidos por concepto de señoreaje, año base 2007.  
**Fuente:** Elaboración propia con base a datos del Banco Central de Venezuela (BCV) y Econométrica.

En el Gráfico N°6 se muestra el valor real de los ingresos obtenidos por el gobierno por concepto de señoreaje, la cual es prospectada a través de la curva cuya función es

$$y = -750.253,60x^2 + 3.769.488,34x + 15344035,71$$

en aras de eliminar las perturbaciones, y modelar su comportamiento a través de una regresión polinomial, según Anderson et al (2004, pág. 198), la cual explica 82% de la varianza de los ingresos obtenidos por concepto de señoreaje, así mismo a través del criterio de la primera derivada

$$y' = -1.500.507,2x + 3.769.488,34$$

expuesto Chiang & Wainwright (2006, pág. 223), se estimó la primera derivada; para obtener el valor máximo alcanzado por la curva, el cual fue de con una tasa de inflación estimada del 251,21%.

Es decir, cuando la tasa de inflación intertrimestral en este caso supera el 251,21% como ha ocurrido en 2017-4, 2018-1 y 2018-2; los ingresos reales obtenidos por el Estado por concepto de impuesto de inflación comienzan a disminuir a una tasa del 33,37%. Para ello, el presente estudio pretende hacer un aporte, estimando la ecuación de demanda de dinero en escenario de hiperinflación desarrollada por Cagan (1956), para el caso venezolano es la siguiente:

$$p_t = -0,5025p_{t-1} + 2,4311m_t - 0,0920m_{t-1}$$

Donde el coeficiente del rezago de precios en valor absoluto,  $\beta_1 = 0,5025 < 1$ ; lo cual es indicativo de que en la hiperinflación actual de la economía venezolana tiene un mayor peso el tamaño de la oferta monetaria actual que los rezagos de esta o los rezagos de la inflación. Entonces según Cagan (1956), se dice que la dinámica de inflación del sistema es "dinámicamente estable" lo que significa que si el gobierno estabiliza el proceso de suministro de dinero  $m_t$ , entonces la dinámica del precio se estabilizará también. En este caso, una vez que un gobierno obtiene el control del proceso de suministro de dinero, la inflación eventualmente estará bajo control también.

## V. CONCLUSIONES

La presente investigación tiene como aspectos conclusivos que si bien la causa de la hiperinflación actual es monetaria. Esto respalda la idea de: "... toda inflación sustancial es siempre y en todo lugar un fenómeno monetario" (Friedman, 1992: 231). Sin embargo, como lo expresa Mishkin (2008): "El financiamiento de un déficit persistente mediante la emisión de dinero conducirá a una inflación sostenida" (Mishkin, 2008, pág. 625). Este fenómeno se expresa en la sencilla expresión conocida como "restricción presupuestaria del

gobierno”  $DEF = G - T = \Delta BM + \Delta B$ . Es decir, el déficit fiscal DEF es equivalente a la diferencia entre los gastos y los ingresos fiscales. Al existir un desbalance entre G y T, se incrementa la base monetaria o la emisión de bonos. Si el DEF se cubre con bonos, colocados en los mercados financieros, el efecto es limitado en los precios. Sin embargo, cuando se emiten bonos y se pone al banco central a adquirirlos con bajos descuentos, se presenta la emisión de dinero o monetización de la deuda o del déficit. Todo lo anterior, proviene de una política fiscal y monetaria expansiva. Ahora bien, como en Venezuela, el gobierno ha promovido políticas fiscales expansivas y continuadas, tales como las de empleo, las misiones, se presentará dos consecuencias: la inflación de costos y la de demanda (Mishkin, 2008, pág. 622).

No obstante la ecuación de demanda de dinero de Cagan (1956) estimada anteriormente para escenarios de hiperinflación, demuestran que todavía las autoridades del Banco central de Venezuela, junto al gobierno nacional tienen la posibilidad de hacer las correcciones mediante políticas restrictivas y contracíclicas, disminuir el tamaño del gasto público y detener la emisión de dinero sin respaldo (base monetaria), que es el principal causante de la inflación en la economía venezolana, de esa forma según Kirschen (1968, págs. 17-18), integrar dichas políticas instrumentales cambiarias, fiscales y monetarias con la políticas sectoriales (industrial, agraria, transporte, comercial, educacional, turística, vivienda) para el logro de las políticas finalistas (plenos empleo, desarrollo económico, equilibrio económico exterior, estabilidad cíclica y del nivel de precios).

Así mismo, el Banco Central de Venezuela debe preconizar y promover e implementar una política monetaria, totalmente opuesta a la existente, donde la base monetaria no sea el agregado monetario de mayor crecimiento, incluso superior a la liquidez monetaria lo cual resulta un contrasentido. Así mismo, las monedas y billetes en circulación deben oscilar entre un 40% y 30% respecto al tamaño de la base monetaria como ocurría al inicio del período estudiado y que el dinero en efectivo disponible en los bancos debe fluctuar entre un 8% y 10% de la liquidez monetaria.

Finalmente, este estudio ofrecerá un aporte significativo para futuras investigaciones en materia de política monetaria, fiscal y pública. En cuanto al campo monetario demuestra el efecto contraproducente que resulta financiar el déficit público con emisión monetaria porque termina generando en el mediano y largo plazo procesos hiperinflacionarios, que destruyen el poder adquisitivo de la moneda nacional, afectando en mayor medida a los sectores sociales de menores recursos económicos e incrementando los niveles de pobreza; en ese sentido resulta impretermitible manejar una política fiscal equilibrada (cero déficit público), que evite financiarse con impuesto al señoreaje. Para ello las políticas públicas instrumentadas desde el gobierno deben propender a un mejoramiento continuo de las condiciones macroeconómicas para la inversión, la competitividad y la libertad económica de quienes generan la riqueza en la sociedad; mediante la modernización permanente de la infraestructura y servicios públicos; así como, en materia de salud, educación y seguridad ciudadana.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. S. (2005). *Estadística para administración y economía*. Editorial Thomson.
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2004). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Octava edición. 822 páginas. Editorial Thomson.
- Atenas, C. (2005). The Hyperinflation Model of Money Demand (or Cagan Revisited): Some New Empirical Evidence from the 1990s. *Centre for Economic Reform and Transformation*.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Pearson educación.
- Blanchard, O., & Pérez, D. (2005). *Macroeconomía: Teoría y Política Económica con aplicaciones a América Latina*. México, D. F: Prentice Hall.
- Brunner, K. (1968). Scheme for the Supply Theory of Money, *International Economic Review*, Research Dept. Federal Bank of Saint Luis.

- Brunner, K. (2019). *Scheme for the Supply Theory of Money*, *International Economic Review*, Research Dept. Federal Bank of Saint Luis. Minneapolis.
- Cagan, P. (1956). The monetary dynamics of hyperinflation. Studies in the Quantity Theory of Money. (U. o. Press, Ed.) *Cato Journal*, Vol. 29(No. 2).
- Chiang, A., & Wainwright, K. (2006). *Métodos fundamentales de la economía matemática*. México: Mac Graw Hill.
- Econometrica. (2015). *Calculadora de Inflación de Econometría*. Obtenido de <https://www.econometrica.com.ve/calc-inflacion>
- Fernández, A. (2011). *Política monetaria. Fundamentos y estrategias*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Fernández, A., Rodríguez, L., Parejo, J., Calvo, A., & Galindo, M. (2008). *Política monetaria. Fundamentos y estrategias*. Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- Fisher, I., & Brown, H. (2007[1911]). *the Purchasing Power of Money: Its Determination and Relation to Credit Interest and Crises. New and revised edition*. Norwood: Norwood Press.
- Friedman, M. (1963). Inflation: causes and consequences. *Economic Education*, 51.
- Friedman, M. (1970). Theoretical Framework for Monetary Analysis. *Journal of Political Economy* n°78, 195.
- Friedman, M. (2005). *The Optimum Quantity of Money*. New Jersey: Transaction Publishers.
- Guerra, J., & León, L. (2013). *El Legado De Chávez. Un análisis de la economía venezolana y sus posibilidades*. Venezuela: Editorial Libros Marcados.
- Hanke, S., & Kwok, A. (2009). On the Measurement of Zimbabwe's Hyperinflation (La medición de la hiperinflación en Zimbabwe) desarrollada por. *Cato Journal*. Vol. 29 No. 2., 353-364.
- Keynes, J. M. (1981 [1936]). *Teoría general de la ocupación el interés y el dinero*. México, D. F.
- Kirschen, E. (1968). *Política Económica Contemporánea*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Laffer, A. (1986). The Ellipse: An Explication of the Laffer curve in a Two-Factor Model. *The financial analyst's guide to fiscal policy*, p. 1-35.
- Larraín, F., & Sachs, J. (2002). *Macroeconomía en la economía global*. México: Pearson Education.
- Mishkin, F. (2008). *Moneda, banca y mercados financieros*. México: Pearson Educación.
- Mochón, F. (2008). *Introducción a la Macroeconomía*. México, D. F.: Editorial McGraw-Hill. 331 páginas.
- Passet, R. (2013). *Las grandes representaciones del mundo y la economía a lo largo de la historia*. Eudeba, Editorial Universitaria.
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2010). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Smith, A. (1982 [1776]). *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Urdaneta, A., & Pérez, M. (2016). Enfoque de la política fiscal en Venezuela en el período 2000-2016. *Publicado en las "II Jornadas de Divulgación del Programa Investigación-CDCHT" Universidad Nacional Experimental "Rafael María Baralt"*. ISBN:978-9.
- Urdaneta, A., Pérez, M., & Acurero, M. (2018). Enfoque de la política fiscal en Venezuela en el período 2000-2016. *Económicas CUC*, Vol. 39 Núm (2), 95-108. Obtenido de DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/econcuc.39.2.2018.06>
- Wanniski, J. (1978). Taxes, Revenues and the Laffer curve. *The Wall Street Journal*.

## Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos de los residuos de la corteza de Teca (*Tectona grandis* L.f).

Meribary, Monsalve-Paredes<sup>1\*</sup>; Adonis, Bello-Alarcón<sup>2</sup>

### Resumen

La madera de la Teca se caracteriza por su alta resistencia a microorganismos e insectos, característica atribuida a su composición química que hace que su cultivo, desarrollo y explotación incrementen constantemente generando residuos que no son tratados adecuadamente, por tal motivo se planteó evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de diferentes polaridades obtenidos de la corteza residual generada en la industria maderera de la Teca empleando el método de extracción por Soxhlet, determinando las sustancias extraíbles y sus rendimientos. El extracto etéreo presenta un rendimiento considerablemente mayor con un valor del 69.01% sugiriendo que la composición de la Teca es principalmente por compuestos apolares, incluyendo resinas y otras sustancias presentes en la corteza solubles en dicho solvente, modificando el rendimiento. Al trabajar con Cromatografía en Capa Fina (CCF), la mezcla del eluyente usado (N-butanol, ácido acético, agua 4:1:5) permitió la corrida de solutos que fueron visibles por radiación UV a 365nm, emitiendo una coloración azul fluorescente que ha sido reportada para compuestos fenólicos. En la evaluación de la actividad antimicrobiana se empleó el método de difusión de Kirby-Bauer modificado (pozos) con cada uno de los extractos, frente a los patógenos: *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Aspergillus niger*.

**Palabras claves:** Teca, *Tectona grandis*, antimicrobiana, extractos.

## Antimicrobial evaluation of Teca (*Tectona grandis* L.f) extracts obtained from residues of the bark

### Abstract

The Teak wood is characterized by its high resistance to microorganisms and insects, a characteristic attributed to its chemical composition, which makes its cultivation, development and exploitation constantly increase the generation waste that is not treated properly. For that, it was proposed to evaluate the antimicrobial activity of extracts of different polarities obtained from the residual bark generated in the wood industry using the Soxhlet extraction method, determining the extractables and their yields. The ethereal extract it presents a higher yield with a value of 69.01% suggesting that the composition of Teak is mainly by apolar compounds, including resins and other substances present in the bark, modifying the yield. In the Thin Layer Chromatography (TLC) the eluent mixture used (N-butanol, acetic acid, water 4: 1: 5) allowed the run of solutes that were visible by UV radiation at 365 nm, emitting a fluorescent blue coloration that has been reported for phenolic compounds. In the evaluation of the antimicrobial activity, the modified Kirby-Bauer method was used with each extracts, against the pathogens: *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Aspergillus niger*.

**Key words:** Teca, *Tectona grandis*, antimicrobial, extracts.

**Recibido:** 13 de junio de 2019  
**Aceptado:** 30 de octubre de 2019

<sup>1</sup> Dra. Química de Polímeros; Docente en la Universidad de Guayaquil-Ecuador; meribary.monsalvep@ug.edu.ec

<sup>2</sup> Dr. Ciencias Farmacéuticas especialidad en Química Farmacéutica; Docente en la Universidad de Guayaquil-Ecuador; adonis.belloa@ug.edu.ec

\*Autor para correspondencia: meribary.monsalvep@ug.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países resalta constantemente la importancia de los recursos naturales renovables, tal como ocurre con los forestales, haciendo que continuamente se revisen políticas de reforestación que ayuden a desarrollar proyectos de investigación agroforestales con el fin de que a futuro se mejore la economía en países de bajos recursos (Pérez & Fariño, 2015).

La especie *Tectona grandis* L.f tiene reputación mundial como madera de alta calidad debido a sus notables propiedades físicas y mecánicas, particularmente elasticidad, resistencia, durabilidad y resistencia a la descomposición (Vyas, Yadav, & Khandelwal, 2018). Pero una de las características que la hace tan atractiva es su resistencia a plagas y enfermedades que suelen afectar a otras especies vegetales, dando lugar a que se generen investigaciones que permitan determinar y evaluar su composición química (Blanco, Trugilho, Lima, Gherardi & Moreira, 2014) y las aplicaciones que pueda tener cada uno de sus componentes en áreas que pueden beneficiar al ser humano de forma directa, como por ejemplo la curación de heridas (Varma & Giri, 2013) o propiedades analgésicas (Giri & Varma, 2015) y también de forma indirecta como es la protección de cultivos de otras especies vegetales (Das et al., 2012)

En Ecuador, la especie teca fue introducida hace 50 años en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, adaptándose al clima seco y a unas temperaturas entre 22° y 28°C (Armijos, 2014). Con el tiempo ha aumentado tanto su producción que en el año 2004 se instauró la Asociación Ecuatoriana de Productores de teca y maderas tropicales (ASOTECA), que desde el 2008 empezó con la valoración de las haciendas productoras de esta madera, para elaborar un programa de diagnósticos de plantaciones que habían instalado y monitoreado más de 380 parcelas hasta el año 2013, es de ahí donde se ha extraído gran cantidad de información, logrando manejar de mejor manera el cultivo y desarrollo así como la comercialización de dicha madera (Holguín, 2015).

En la actualidad la explotación de la madera produce un gran beneficio comercial, pero a su vez hace que la industria genere grandes cantidades de residuos durante el procesamiento de la misma, aproximadamente un 50% del total. Esos residuos

en muchas ocasiones son tratados inadecuadamente por los campesinos y empresarios de la industria al no disponer de una alternativa que permita establecer un posible aprovechamiento. Por ello se debe considerar beneficiarse de las propiedades atribuidas a esta especie con algún tipo de aplicación (Abreu, Hardt, Branco de Freitas, & Moura, 2016). Tal como fue demostrado por Rojas y Rodríguez (2008) que evidenciaron el efecto antibacteriano y bacteriostático del follaje de *Tectona grandis* L.f, sobre bacterias Gram positivas, como *B. subtilis* ATTC 6633, *S. aureus*, *S. aureus* (Camp) y *M. luteus* (Rojas & Rodríguez, 2008)

En este trabajo se decidió continuar dichos estudios microbiológicos, pero evaluando específicamente la actividad antimicrobiana de los extractos de la corteza con disolventes de distintas polaridades: etanol, metanol, propanona y éter de petróleo sobre especies de microorganismos frecuentes como; *Pseudomona aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y el hongo *Aspergillus niger*.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra de corteza se recolectó en el cantón Rio Verde, Recinto el Achiote Provincia de Esmeraldas, Ecuador. Se fragmentó en trozos pequeños, se trituró y se conservó en desecadora hasta su utilización.

Para la preparación de los extractos se utilizó el método de extracción por Soxhlet, técnica desarrollada en 1897 y una de las más utilizadas para la obtención de extractos a partir de especie vegetal. en la actualidad utilizada como procedimiento de referencia para la validación de otras técnicas más actuales (Fidalgo-Used, Blanco-González, & Sanz-Medel, 2007).

Para las extracciones se pesaron 25 g de la muestra y 250 ml de disolvente por un tiempo de 4h. Al cabo de ese tiempo se retiró el extracto y se filtró. Finalmente, el líquido se rotaevapora en un equipo Heidolph Laborota 4001, hasta obtener un concentrado. El procedimiento se repitió por triplicado con cada disolvente: metanol, etanol, acetona y éter de petróleo.

A cada uno de los extractos se le determinó el contenido de sólidos solubles, para ello se usaron 3 cápsulas de porcelana limpias y secas, en cada una de ellas se colocaron 2ml de los extractos y se

introdujeron en la estufa VWR Scientific 1350 a la temperatura de 60°C durante 1h. Cumplido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente para proceder a su pesado, repitiendo este último paso las veces que sea necesario hasta obtener peso constante. Todo el procedimiento fue realizado por triplicado con el extracto de cada solvente. Los valores obtenidos de sólidos solubles, se extrapolan para 250 mL, volumen inicial, y se calcula el rendimiento total de cada extracto con respecto al material vegetal empleado.

Los extractos además se evaluaron por Cromatografía de Capa Fina (CCF) técnica factible, rápida y económica (Vyas et al., 2018). Como fase estacionaria se utilizaron placas de alúmina marca FLUKA de 20 x 20 cm. La fase móvil usada fue n-butanol: ácido acético: agua en proporciones (4:1:5), que se seleccionó luego de realizar pruebas preliminares. Las muestras de los extractos fueron diluidas en proporciones 3:1 solvente-extracto y aplicadas. Para el revelado se empleó una lámpara de rayos UV a con longitud de onda a 365nm.

Para desarrollar la evaluación de la actividad antimicrobiana se utilizó el método de Kirby-Bauer modificado con las cepas de *Pseudomona aeruginosa* (ATCC 85273), *Staphylococcus aureus* (ATCC 07184), *Escherichia coli* (ATCC 47396) y *Aspergillus niger* (ATCC 20577). Para cada una de ellas se

preparó en suspensiones con caldo infusión cerebro corazón, luego se inoculó cada bacteria y hongo de acuerdo al caso, con ayuda de la pipeta automática se colocaron 100 µl de las concentraciones preparadas (100% y 80 %) a partir de una solución elaborada con Tween 80 (9ml) y 5mL de extracto etanólico, metanólico y acetónico ó 2 ml en el caso del extracto de éter de petróleo. Las cajas se incubaron a 37 °C por 24 horas. La lectura de los halos de inhibición (mm) fueron interpretados de acuerdo a las técnicas de comprobación de actividad terapéutica de las plantas medicinales: actividad antibacteriana positiva o sensible (S) si el halo > a 9 mm; actividad intermedia o moderada (I) halo entre 6 - 9 mm y actividad bacteriana negativa o resistente (R) si el halo < 6 mm (Tapia & Armas, 2014)

### III. RESULTADOS

Los valores de porcentaje de rendimiento obtenidos para cada uno de los extractos (Tabla 1) disminuyen marcadamente a medida que la polaridad del disolvente aumenta, sugiriendo que la composición de teca está dada principalmente por compuestos apolares. El extracto de éter de petróleo presentó un rendimiento superior (69,01%), probablemente coincidiendo con los reportes de la literatura científica donde se plantea en la corteza la presencia de resinas y otros compuestos de polaridad similar (Yamamoto, Simatupang, & Hashim, 1998).

Tabla 1. Rendimiento y coloración de cada extracto.

Solvente	Metanol	Etanol	Acetona	Éter de petróleo
Sólido solubles (g/2mL)	0.0232	0.0477	0.0704	0.2999
Rendimiento (%)*	11.63	23.85	35.20	69.01
Coloración	Ámbar claro	Ámbar	Ámbar	Café verdoso oscuro

\*Rendimiento calculado para los 25g de muestra inicial

En el caso de los extractos polares el contenido de sólidos se atribuyen a la presencia de compuestos fenólicos (Berrocal J. & Rojas A., 2007). Dentro de esta variedad de compuestos se reportan la presencia de derivados del ácidos fenólicos, cumarinas, catequinas, fenoles condensados o taninos entre otros (Maestro D. & Borja P., 1993).

Las variaciones en los colores de los extractos es consecuencia de la variabilidad antes presentada de los metabolitos secundarios (Gierlinger et al., 2004).

El análisis cualitativo de los extractos apoyó lo

anteriormente expuesto sobre la variabilidad de la composición química. La luz ultravioleta a 254 nm mostró manchas azules de alto Rf en todas las fracciones con excepción del extracto de éter de petróleo, sin embargo a pesar que se aplicó la misma cantidad de los extractos las manchas más numerosas e intensas se observan en los extractos de etanol y acetona. Este resultado está en correspondencia con los informes de composición química para la especie pues los compuestos fenólicos en general son mejor extraído con estos disolventes (A. El-Baky, E. Baz, &

El-Baroty, 2009; Mendiola L., 2008).

La evaluación microbiológica de los extractos su capacidad de inhibición se estableció por las medidas (mm) de los halos, los resultados son señalados en

la tabla 2. Para los extractos de éter de petróleo y acetona no se evidenció actividad antimicrobiana respecto ninguno de los microorganismos evaluados ni en las concentraciones preparadas.

**Tabla 2.** Efecto antimicrobiano de los extractos de residuos de *Tectona grandis* con solventes de distintas polaridades en diferentes microorganismos.

Extracto Micro organismo	Metanol		Etanol	
	100%	80%	100%	80%
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2mm (R)	0,6mm (R)	2mm (R)	0,6mm (R)
<i>Escherichia coli</i>	4mm (R)	1mm (R)	7mm (I)	0,6mm (R)
<i>Staphylococcus aureus</i>	18mm (S)	8mm (I)	9mm (I)	4mm (R)
<i>Aspergillus niger</i>	1mm (R)	-	4mm (R)	-

(S) actividad antibacteriana positiva o sensible; halo > a 9 mm;

(I) actividad intermedia o moderada: halo entre 6 - 9 mm;

(R) actividad bacteriana negativa o resistente; halo < 6 mm

La resistencia de los microorganismos a los extractos de éter de petróleo y acetona puede ser atribuida al hecho de que en su composición química podría encontrarse una muy baja proporción de aquellos componentes a los cuales se les atribuye la actividad antimicrobiana, como los ácidos fenólicos, flavonoides y taninos (Nayeem & Karvekar, 2010) y una mayor proporción de compuestos orgánicos de otra naturaleza como resinas y gomas, lo cual concuerda con lo mencionado previamente respecto al color.

En el caso de las bacterias *Pseudomona aeruginosa* y *Escherichia coli* ambas Gram-negativas, la resistencia registrada frente a los extractos alcohólicos pueden ser atribuida al conjunto de mecanismos de resistencia que ellas tienen a su disposición, entre ellos las alteraciones de permeabilidad que se producen en la bicapa lipídica del microorganismo, por cambios en las porinas, proteínas encargadas de constituir canales llenos de agua en la membrana externa que regulan la entrada de moléculas, hasta el punto de que su conformación pueda llevar a que no permita el paso de algunas sustancias y por esa razón su acción antibacteriana será intermedia o nula (Tafur, Torres, & Villegas, 2008).

Para los ensayos realizados con *Staphylococcus aureus* se observó un crecimiento notable en el diámetro del halo de inhibición en comparación con las otras especies de bacterias estudiadas. De acuerdo a lo señalado en la bibliografía la *S.*

*aureus* es una bacteria Gram-positiva, que posee una estructura hidrofílica simple (una sola capa de peptidoglicano), que permite el paso de moléculas específicamente polares y por lo tanto presenta una menor resistencia en su pared celular en comparación con las bacterias Gram-negativas (Lanka & Parimala, 2017). Adicionalmente por la polaridad del extracto metanólico y etanólico se debe considerar el hecho de la posible presencia de compuestos fenólicos (lignina, naftoquinona, antroquinonas) que pueden ejercer efectos sinérgicos, constituyendo un fito-complejo de carácter activo en la inhibición antimicrobiana (Espinosa R et al., 2012)

En esta investigación se realizó la evaluación del extracto etanólico y metanólico sobre el hongo *Aspergillus niger*, mostrando resistencia en ambos casos. Comparándolo con el trabajo de Lanka (2017) en el que se utiliza una técnica similar (técnica de Kirby-Bauer modificado) de valoración y los extractos son preparados a partir de los mismos solventes pero por el método maceración, los halos de inhibición reportados son de 20 mm y 18mm respectivamente, resultados que indican actividad positiva, demostrando la influencia que tiene el método de extracción sobre las características composición y propiedades de los mismos y por ende sus posibles aplicaciones (Vyas et al., 2018)

#### IV. CONCLUSIONES

Los extractos obtenidos con disolventes de diferentes polaridades mostraron rendimientos

similares excepto el extracto etéreo que tuvo un rendimiento considerablemente mayor del 69.01%.

Cada uno de los extractos fue caracterizado por CCF, evidenciando en el momento del revelado con lámpara UV que en los extractos alcohólicos y acetónicos, hay presencia de compuestos fenólicos, mientras que para el extracto etéreo por su color se le atribuye presencia de compuestos resinosos principalmente.

Los extractos alcohólicos mostraron actividad antimicrobiana para el *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli.*, pero no antifúngica frente al hongo *Aspergillus niger*.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. El-Baky, H. H., E. Baz, F. K., & El-Baroty, G. S. (2009). Characterization of nutraceutical compounds in blue green alga *Spirulina maxima*. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(11), 1113–1126.
- Abreu, F., Hardt, V., Branco de Freitas, C., & Moura, M. (2016). Biochar in substrate composition for production of teak seedlings. *Pesq. Agropec. Bras*, (9), 1449–1456. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900043>
- Armijos, L. (2014). Modelo de negocios y fuente de financiamiento a través de un fideicomiso de inversión en el cultivo de teca (*Tectona grandis*). *Qualitas*, 7, 4–29. Retrieved from file:///C:/Users/Dr. Mery/Downloads/04\_volumen-7-Seccin-3-Artculo-Armijos (1).pdf
- Berrocal J., A., & Rojas A., L. V. (2007). Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L. f.) proveniente de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). *Kurú*, 4(10), 1–15. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/200912739>
- Das, C. R., Mondal, N. K., Aditya, P., Datta, J. K., Banerjee, A., & Das, K. (2012). Allelopathic Potentialities of Leachates of Leaf Litter of Some Selected Tree Species on Gram Seeds under Laboratory Conditions. *Asian J. Exp. Biol. SCI.*, 3(1), 59–65.
- Espinosa R, R., Herrera I., L., Bravo S., L. R., Hernandez A, M., Torres G, S., Ramos G, Y., & M, Espinosa, M. (2012). Efecto sinérgico de taninos y flavonoides presentes en *terminalia catappa* l. Sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani kühn* y *Sclerotium rolfsii sacc*. *Fitosanidad* (Vol. 16). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209125190006.pdf>
- Fidalgo-Used, N., Blanco-González, E., & Sanz-Medel, A. (2007). Sample handling strategies for the determination of persistent trace organic contaminants from biota samples. *Analytica Chimica Acta*, 590(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2007.03.004>
- Gierlinger, N., Jacques, D., Grabner, M., Wimmer, R., Schwanninger, M., Rozenberg, P., & Paques, L. E. (2004). Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. *Trees - Structure and Function*, 18(1), 102–108. <https://doi.org/10.1007/s00468-003-0290-y>
- Giri, S. P., & Varma, S. B. (2015). Analgesic and anti-inflammatory activity of *Tectona grandis* Linn. stem extract. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 26(5), 479–484. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2014-0043>
- Holguín, E. A. (2015). Análisis de la comercialización de la teca caso: china, período 2010-2014 y promoción de productos elaborados en teca para la exportación. Universidad de Guayaquil. Retrieved from [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12018/1/tesis de maestria - esther holguin.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12018/1/tesis%20de%20maestria%20-%20esther%20holguin.pdf)
- Lanka, S., & Parimala. (2017). Antimicrobial activities of *tectona grandis* leaf and bark antimicrobial activities of *Tectona grandis* leaf and bark. *European journal of pharmaceutical and medical research*, 4(12), 245–248.
- Maestro D., R., & Borja P., R. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, 44(2), 101–106. <https://doi.org/10.3989/gya.1993.v44.i2.1105>

- Mendiola L., J. A. (2008). *Extracción de compuestos bioactivos de microalgas mediante fluidos supercríticos*. Universidad Autónoma de Madrid. Retrieved from [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/2016/5260\\_mendiola\\_leon.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/2016/5260_mendiola_leon.pdf?sequence=1)
- Nayeem, N., & Karvekar, M. (2010). Isolation of phenolic compounds from the methanolic extract of *Tectona grandis* Naira. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 1(2), 221–225.
- Pérez, M. A., & Fariño, L. (2015). *La aplicación de beneficios tributarios en nuevas inversiones en el cantón el empalme. Caso: cultivo, industrialización y comercialización de madera de teca* (*Tectona Grandis* L.F). Universidad de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8972/1/TesisTeca.pdf>
- Rojas, N. M., & Rodríguez, M. (2008). Actividad antimicrobiana de *Tectona grandis* L. f., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Cedrela odorata* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(4). Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962008000400005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000400005)
- Tafur, J. D., Torres, J. A., & Villegas, M. V. (2008). Mechanisms of antibiotic resistance in Gram negative bacteria. *Asocion COlombiana de Infectología*, 12(3), 217–226.
- Tapia, W., & Armas, G. (2014). Estudio de la actividad antibacteriana y tóxica del Kuiship (*Jacaranda copaia*). *La Granja*, 19(1), 12–20. Retrieved from <http://lagranja.ups.edu.ec/volumen-no.-19>
- Varma, S. B., & Giri, S. P. (2013). Study of wound healing activity of *Tectona grandis* Linn. leaf extract on rats. *Ancient Science of Life*, 32(4), 241–244. <https://doi.org/10.4103/0257-7941.131984>
- Vyas, P., Yadav, D. K., & Khandelwal, P. (2018). *Tectona grandis* (teak) – A review on its phytochemical and therapeutic potential. *Natural Product Research*, 6419, 1–17. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1440217>
- Yamamoto, K., Simatupang, M. H., & Hashim, R. (1998). Caoutchouc in teak wood (*Tectona grandis* L. f.): Formation, location, influence on sunlight irradiation, hydrophobicity and decay resistance. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 56(3), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s001070050299>

# Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de *Mangifera indica* L.

Celeste, Carrillo-Tomalá<sup>1\*</sup>; Raúl, Díaz-Torres<sup>2</sup>;  
Katherine, Guerra-Guamán<sup>3</sup>; Andrés, Román-Salmerón<sup>4</sup>

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos (90% y 50%) de la variedad Tommy Atkins y extracto hidroalcohólico (50%) de la variedad Edward, seleccionados por su alto contenido de compuestos fenólicos, anteriormente publicado. Los extractos fueron obtenidos por maceración, digestión y ultrasonido. La actividad antimicrobiana se evaluó mediante los métodos Kirby Bauer y Kirby Bauer modificado; las cepas utilizadas fueron *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), ajustándose las suspensiones a turbidez 0.5 en escala McFarland. La mayor actividad antimicrobiana se evidencia frente a *P. aeruginosa* y *S. aureus*; los extractos de la variedad Tommy Atkins mostraron mayor actividad antimicrobiana, encontrándose halos de inhibición entre 10 y 15 mm según la bacteria. El método Kirby Bauer modificado mostró mayor efectividad. Se concluye que todas las cepas estudiadas presentaron sensibilidad frente a los extractos, siendo *S. aureus* y *P. aeruginosa* las más sensibles.

**Palabras clave:** actividad antimicrobiana, Kirby Bauer, *Mangifera indica* L.

## Antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts of leaves of two varieties of *Mangifera Indica* L.

### Abstract

The mango (*Mangifera indica* L) occupies an important place within Ecuadorian export products, representing a source of bioactive compounds the effect of which is dependent on its variety, organ, extraction method and the solvent used. The objective of this work was to evaluate the antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts (90% and 50%) of the Tommy Atkins variety and hydroalcoholic extract (50%) of the Edward variety, selected for their high content of phenolic compounds, published previously. The extracts were taken by maceration, digestion and ultrasound. Antimicrobial activity was evaluated using the modified Kirby Bauer and Kirby Bauer methods; the strains used were *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028), *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), the suspensions being adjusted to 0.5 turbidity on the McFarland scale. A strong antimicrobial activity was found against *P. aeruginosa* and *S. aureus*; the Tommy Atkins variety extracts showed the strongest antimicrobial activity, finding inhibition halos between 10 and 15 mm depending on the bacteria. The modified Kirby Bauer method showed the best effectiveness. It is concluded that all the studied strains showed sensitivity to the extracts, with *S. aureus* and *P. aeruginosa* being the most sensitive.

**Keywords:** antimicrobial activity, Kirby Bauer, *Mangifera indica* L.

**Recibido:** 17 de junio de 2019  
**Aceptado:** 30 de octubre de 2019

<sup>1</sup> Química Farmacéutica; Universidad de Guayaquil-Ecuador; celeste.carrillot@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4864-4329>

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias de los Alimentos; Universidad de Guayaquil-Ecuador; rauldt@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9023-4481>

<sup>3</sup> Química Farmacéutica; Universidad de Guayaquil-Ecuador; katherine.guerra93@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8238-0331>

<sup>4</sup> Químico Farmacéutico; Universidad de Guayaquil-Ecuador; andresromansalmeron041988@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4997-7309>

\*Autor para correspondencia: celeste.carrillot@ug.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

Ecuador con tan solo 0.17% de la superficie terrestre, alberga la mayor cantidad de fauna y flora por kilómetro cuadrado en comparación con el resto de los países del mundo, por lo que se considera un país con un ecosistema mega-diverso. Dentro de esta variada flora, se encuentra el mango, *Mangifera indica* L, el cual pertenece a la familia *Anacardiaceae*. Es una fruta tropical proveniente de la India, pero muy bien adaptada en Ecuador, que lidera el grupo de frutas no tradicionales exportables, siendo la variedad Tommy Atkins la que encabeza dichas exportaciones con un 68.52%. (Fundación mango Ecuador, 2018).

Esta especie aporta compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, como polifenoles, vitamina C, vitamina B5, entre otros, lo que le confiere a las distintas partes del árbol de mango propiedades farmacológicas con actividad hipoglicémica, antimicrobiana, antiviral, antiinflamatoria, antioxidante, antidiarreica, antialérgica, hipotensiva, hepatoprotectora y antitumoral. (Troncoso et al, 2010).

El estado de madurez influye en el contenido de flavonoides que disminuyen con la maduración, pero no en el contenido de carotenoides o en la capacidad antioxidante mediada a través de los ensayos con DPPH y FRAP (Corrales et al., 2014).

Estudios químicos reportados demuestran la presencia de polifenoles entre ellos la mangiferina (2-β-D-glucopiranosil-1,3,6,7-tetrahidroxixantona) la cual es una glucosilxantona natural que se destaca como el compuesto mayoritario y está presente en varias partes de *Mangifera indica*: hojas, frutos, corteza, duramen y raíces. Este compuesto ha sido caracterizado en las familias de las Anacardiáceas y Gentianáceae, especialmente en las hojas y la corteza. Estudios realizados reportan que la mangiferina tiene un amplio rango de actividades farmacológicas, incluyendo las acciones antioxidantes, antidiabéticas, anti-VIH, antitumorales, hepatoprotectoras, antivirales, anticancerígenas, cardioprotectoras e hipolipidémicas. (Romero et al, 2014).

La presencia de compuestos bioactivos ha sido reportada en cáscara de mango (Serna-Cock et al, 2015), así como en otras partes de la planta y fruta. Dentro de estos compuestos bioactivos, uno de los más importantes es la mangiferina, un glucósido de xantona que posee una amplia gama

de usos terapéuticos y no tiene informes de efectos adversos y abunda en las hojas y tallos del árbol de mango (Tayana et al., 2019) y se encuentra en niveles significativos en plantas superiores y en otras partes del árbol y fruta del mango, como la cáscara, corteza y semilla. Es un prometedor antioxidante con excelentes propiedades relacionadas con la salud como antiviral, anticancerígeno, antidiabético, antioxidante, antienvjecimiento, inmunomodulador, hepatoprotector y efectos analgésicos (Imran et al., 2017), y se considera el compuesto mayoritario dentro de los polifenoles presentes en las diferentes partes de la *Mangifera indica*. Este compuesto ha sido caracterizado en las familias de las Anacardiáceas y Gentianáceae especialmente en las hojas y la corteza. (Romero et al, 2014; Parvez, 2016).

En el aprovechamiento industrial del mango se utiliza únicamente la pulpa, olvidando que otros componentes como la cáscara, pulpa en la piel y semillas son fuentes importantes de antioxidantes, por esta razón se realizaron estudios aprovechando nutrientes valiosos obtenidos de subproductos generados al momento de la extracción de la pulpa del mango obteniendo mayor cantidad de antioxidantes a partir de estos subproductos en comparación con la cantidad encontrada en la pulpa. (Jibaja y Sánchez, 2015; Serna et al, 2015).

Debido a que los compuestos antioxidantes estudiados suelen presentar también actividad contra diversos microorganismos, se han realizado diferentes estudios acerca de la actividad antimicrobiana del mango y sus subproductos. En el 2010, en Malasia, se estudiaron los efectos antimicrobianos del núcleo de la semilla de *Mangifera indica* L, demostrando actividad antimicrobiana frente a distintos patógenos tales como *E. coli* y *S. aureus*. (Kaur et al, 2010).

En el 2013, en Zimbabwe, se estudiaron los efectos antimicrobianos de extractos de la corteza del tallo de *Mangifera indica* L, frente al *Staphylococcus aureus*. Se encontró que aunque sí se presentó actividad antimicrobiana dependiente de la concentración de dicho extracto tanto en métodos de dilución en agar como en caldo, el control (ampicilina) mostró mejores resultados. (Mushore & Matuvhunye, 2013).

Un estudio realizado con extractos etanólicos de la semilla de mango frente a *E. coli*, *S. aureus* y *K. pneumoniae*, además de efectos sinérgicos

con antibióticos como ampicilina, ciprofloxacina y meticilina, frente a los 3 microorganismos mencionados (Das, & Mandal, 2016).

En otro estudio, donde se emplearon como microorganismos de prueba *E. faecalis* (ATCC 29212), *S. aureus* (ATCC 25923), *S. mutans* (MTCC 890), *E. coli* (ATCC 25922) y *C. albicans* (ATCC 90028), se encontró que los extractos etanólicos de hojas de mango mostraron actividad antimicrobiana contra todos los microorganismos estudiados. Los investigadores sugieren que este efecto inhibitorio podría atribuirse a los componentes bioactivos presentes en los extractos (Anand et al, 2015).

Ha sido reportada la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos tanto de la semilla como de las hojas de mango, frente a 5 cepas certificadas de *Pseudomonas* (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Pseudomonas pictorum* NCIB9152, *Pseudomonas putida* NCIM2872, *Pseudomonas syringae* NCIM5102 y *Pseudomonas testosterone* NCIM5098). Ambos extractos mostraron ser antimicrobianos efectivos, además de poseer efectos sinérgicos contra las cepas estudiadas (Rakholiya et al, 2015).

En el 2015, en Ecuador, se evaluó la actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de corteza de *Mangifera indica*, variedad Tommy Atkins, obteniendo resultados significativos frente a microorganismos de interés sanitario como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*. (Ortiz, 2015).

También se ha reportado actividad antifúngica en 18 cepas de levaduras de diferentes extractos de piel y semillas de mango, donde el análisis multivariado mostró una relación entre esta actividad, la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica y el contenido total de fenoles (Dorta et al, 2016).

Estudios comparando los efectos antimicrobianos de extractos etanólicos de las hojas de *Mangifera indica* L, *Tectona grandis* y *Anacardium occidentale* usando sulfato de gentamicina como control positivo fueron llevados a cabo en la India (2016). Estos mostraron una actividad antimicrobiana mayor de *Mangifera indica* L y *Anacardium occidentale* frente a *Tectona grandis* y comparable con el sulfato de gentamicina en contra de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. (Kamath & Ramakrishna 2016).

En la India se estudiaron cinco extractos (hexánico, metanólico, etanólico, cetónico y acuoso) de la flor de la *Mangifera indica* para comparar su efectividad contra bacterias patógenas humanas y de plantas (*S. albus*, *S. aureus*, *S. haemolyticus*, *V. cholerae*, *P. aeruginosa*, *K. aerogenes*, *E. coli*, *P. pyocyaneus*, *D. pneumoniae*), demostrándose que el extracto etanólico tuvo una actividad mayor que los otros extractos frente a la mayoría de bacterias estudiadas. (Kumar et al, 2016).

En el 2017, en Nepal, se estudiaron extractos metanólicos de la corteza de *Mangifera indica* y de las hojas de *Osyris lanceolata*. La actividad de ambas fue medida por método de difusión disco-agar, mostrando una potente actividad antibacteriana en tres distintas concentraciones frente a *S. aureus* y *E. coli*. (Bhandari et al, 2017).

Se estudió extractos metanólicos de las semillas de la variedad Banganapalli de *Mangifera indica* L. en busca de actividad antitumoral y antimicrobiana. Estos mostraron citotoxicidad hacia las líneas celulares de cáncer de seno y alta actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus*. (Venkata et al, 2019).

En 2016 se realizó la cuantificación de compuestos fenólicos en extractos hidroalcohólicos de hojas de tres variedades de *Mangifera indica* L, encontrándose que con los métodos de extracción utilizados, los mejores resultados se obtuvieron al emplear extractos de las variedades Tommy Atkins y Edward. (Carrillo et al, 2017). Por otra parte, se han reportado estudios donde se sugiere que una mayor concentración de compuestos fenólicos en los extractos, puede estar asociada a una mayor actividad antimicrobiana (Medini et al, 2014).

En este trabajo se evaluó la actividad antimicrobiana de tres extractos de hojas de *Mangifera indica* L, empleando los métodos de difusión en agar (Kirby Bauer y Kirby Bauer modificado) frente a microorganismos de interés sanitario.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Las hojas de mango fueron obtenidas de las variedades Tommy Atkins y Edward, las que fueron recolectadas en una hacienda de la provincia del Guayas, Ecuador. Las plantas fueron seleccionadas

aleatoriamente, se separaron las hojas empleando un cuchillo de acero inoxidable. Las hojas fueron posteriormente secadas, trituradas y almacenadas a temperatura ambiente, protegidas de la luz.

#### Elaboración de extractos

El extracto hidroalcohólico obtenido por maceración se elaboró a partir de la variedad Tommy Atkins con disolución hidroalcohólica al 90%. Los contenedores de vidrio fueron sellados y envueltos con papel aluminio, para evitar la evaporación y el efecto de la luz, agitándose diariamente. Después de siete días se retiró el disolvente y se filtró al vacío.

El extracto hidroalcohólico obtenido por digestión se elaboró a partir de la variedad Tommy Atkins con disolución hidroalcohólica al 50% utilizando balones de vidrio, los que fueron calentados por dos horas a 60°C, controlando la temperatura mediante reflujo. Después de enfriar, se filtró al vacío.

La extracción asistida por ultrasonido se elaboró a partir de la variedad Edward con disolución hidroalcohólica al 50% utilizando baño ultrasónico KENDAL (Ultrasonic cleaner) Modelo 928 de 60 W por 45 minutos. Posteriormente se filtró al vacío.

#### Actividad antimicrobiana

Se consideró trabajar con cinco diferentes concentraciones para cada extracto. Estas pruebas se efectuaron por triplicado para obtener resultados fiables.

Los extractos fueron utilizados preparando las siguientes concentraciones: 100, 75, 50, 25 y 10 %.

Las cepas utilizadas fueron *Pseudomona aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212).

#### Preparación de las suspensiones microbianas.

Las cepas fueron hidratadas en caldo Infusión Cerebro Corazón (ICC), para luego incubarse por 24 horas a 37°C en incubadora marca Memmert para su reproducción en condiciones normales. Luego se sembraron en agares selectivos, incubándose por 24 horas a 37°C. Posteriormente, se seleccionaron colonias aisladas suspendiéndolas en caldo ICC, incubándose nuevamente por 24 h a 37°C. Se ajustó la turbidez de las mismas al patrón de 0,5 en la escala

de Mc Farland, equivalente a  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL. (Kuetze et al., 2006)

La actividad antimicrobiana se realizó utilizando los métodos de difusión en agar utilizando discos (Kirby Bauer) y Kirby Bauer modificado (pozos).

#### Evaluación de la actividad antimicrobiana por discos.

Cada disco de papel estéril de 6,0 mm de diámetro se impregnó con los extractos a las concentraciones seleccionadas. Se utilizaron como controles discos impregnados en alcohol etílico. El inóculo bacteriano se preparó por suspensión en caldo infusión cerebro corazón incubándose por 24 h a 37°C. La suspensión se ajustó a 0,5 en escala McFarland equivalente a  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL y se sembró en placas de Petri con agar Mueller-Hinton (AMH). En la superficie del agar, después de la siembra del microorganismo se procedió a colocar los discos impregnados.

Las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 h. Transcurridas las 24 horas se midió el diámetro de los halos de inhibición completa de crecimiento bacteriano, incluyendo el diámetro del disco. Los halos fueron medidos en milímetros. (Rojas, García & López, 2005)

#### Evaluación de la actividad antimicrobiana empleando pozos (Kirby Bauer modificado).

En el AMH previamente inoculado con suspensión microbiana ajustada a la concentración 0,5 en la escala de Mc Farland ( $1.5 \times 10^8$  UFC/ml) de la cepa patrón se procedió a remover el agar con ayuda de un sacabocados para obtener pozos de 5 mm de diámetro en los que se depositaron 50 µL de la dilución del extracto, mediante micro pipeta. Las placas se incubaron a 37°C por 24 horas y posteriormente se realizó la lectura de los halos de inhibición expresados en mm. (Toribio Oriani, y Skliar, 2004; Córdova-Guerrero et al, 2016).

### III. RESULTADOS

Al comparar el tamaño de los halos de inhibición por los métodos de difusión en agar empleando discos (Kirby Bauer) y el uso de pozos (Kirby Bauer modificado) se observa que existe una relación directamente proporcional entre la dilución y el efecto antimicrobiano en todos los casos.

**Tabla 1.** Resultados de los diámetros (mm) de los halos de inhibición con el extracto hidroalcohólico 90% obtenido por maceración de la variedad Tommy Atkins

% del Extracto	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853		<i>S. aureus</i> ATCC 29213		<i>S. Typhimurium</i> ATCC 14028		<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	
	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM
100	8.67	12.67	8.67	12.00	8.33	12.00	7.67	11.00	8.33	11.33
75	8.33	7.00	8.00	9.67	7.67	10.67	7.33	8.33	8.00	9.33
50	8.00	7.00	7.67	8.33	7.33	6.33	7.00	6.33	8.00	8.33
25	7.67	6.33	7.33	6.67	7.00	6.33	7.00	6.00	8.00	6.00
10	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

**Métodos:** KB Kirby Bauer; KBM Kirby Bauer modificado

**Tabla 2.** Resultados de los diámetros (mm) de los halos de inhibición con el extracto hidroalcohólico 50 % obtenido por digestión de la variedad Tommy Atkins

% del Extracto	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853		<i>S. aureus</i> ATCC 29213		<i>S. Typhimurium</i> ATCC 14028		<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	
	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM
100	9.00	10.67	9.67	13.67	8.67	9.67	8.67	10.00	8.33	9.67
75	7.67	6.00	8.33	12.33	8.33	8.67	8.33	9.00	8.33	8.67
50	7.67	6.00	8.33	8.00	8.33	8.33	8.00	8.67	8.33	7.67
25	7.00	6.00	8.00	6.00	8.33	8.33	8.00	8.00	7.67	6.33
10	6.00	6.00	7.00	6.00	8.00	7.33	7.67	7.33	6.67	5.00

**Métodos:** KB Kirby Bauer; KBM Kirby Bauer modificado

**Tabla 3.** Resultados de los diámetros de los halos de inhibición con el extracto hidroalcohólico 50% obtenido por ultrasonido de la variedad Edward

% del Extracto	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853		<i>S. aureus</i> ATCC 29213		<i>S. Typhimurium</i> ATCC 14028		<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. faecalis</i> ATCC 29212	
	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM	KB	KBM
100	8.67	9.67	9.33	10.67	7.67	8.00	7.33	8.00	7.67	8.33
75	8.33	8.67	8.00	8.67	7.67	8.00	7.33	8.00	7.33	8.00
50	7.67	7.33	7.33	7.67	7.33	7.67	7.00	7.33	7.00	7.00
25	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	6.67	6.67	6.67	7.00	7.00
10	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.33	6.00

**Métodos:** KB Kirby Bauer; KBM Kirby Bauer modificado

Por otra parte, se observa claramente que cuando se utiliza el método de Kirby Bauer, el efecto inhibitorio aparentemente es menor que cuando se utiliza el método Kirby Bauer modificado. Esta diferencia en los resultados se puede atribuir a que en el método Kirby Bauer modificado el extracto vegetal está directamente en contacto con el agar, mientras que al utilizar el método de difusión disco-placa se emplea como vehículo el disco, el cual podría absorber metabolitos que ayudan a la inhibición del microorganismo, y al momento de reaccionar con

el microorganismo, dichos metabolitos no puedan interactuar y cumplir con su función.

Otro punto que puede provocar desventaja en el método de difusión disco-placa se puede relacionar con el hecho de que al impregnar el extracto en el disco, no se absorba totalmente, lo que implicaría un menor volumen del extracto a evaluar; mientras que con el método Kirby Bauer modificado, el investigador conoce la cantidad exacta de extracto que se coloca en cada pozo.

Al analizar la influencia del extracto sobre la

actividad antimicrobiana, se observa que los extractos obtenidos de la variedad Tommy Atkins tanto por maceración y concentración hidroalcohólica 90% y, digestión a concentración hidroalcohólica del 50%, tienen una mayor actividad que la observada con el extracto obtenido por el método de ultrasonido y concentración hidroalcohólica 50% de la variedad Edward, mostró menor actividad antimicrobiana.

Al analizar los resultados de los tratamientos frente a cada microorganismo (Tabla 4), estos últimos pueden separarse en dos grupos. Las bacterias *Enterococcus faecalis* y *Staphylococcus aureus* son Gram positivas, mientras que las bacterias *Pseudomona aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Salmonella Typhimurium* son Gram negativas. La resistencia de las bacterias Gram negativas se debe a que la membrana externa de estas actúa como barrera para muchas sustancias, incluidos los antibióticos (Daud, Habib, & Sánchez, 2008), Si se comparan todos los halos de inhibición, el mayor efecto inhibitorio fue el encontrado frente al *Staphylococcus aureus* con una concentración hidroalcohólica del 50%. Esto se explica por tratarse de una bacteria Gram positiva, que posee una estructura hidrófila simple, que permite el paso de moléculas polares y por tanto presenta menor resistencia en su barrera externa que las bacterias Gram negativas.

Sin embargo para el *Enterococcus faecalis*, siendo una bacteria Gram positiva, no se observan resultados similares, esto puede deberse a que su pared celular es más compleja que la del *Staphylococcus aureus*, por la presencia de las betalactamasas producidas por los enterococos de forma permanente, mientras que *Staphylococcus aureus* lo hace de una forma inducible. (Lozano & Torres, 2017).

Por otra parte, los resultados que se obtuvieron demuestran que la bacteria *Pseudomona aeruginosa* presenta mayor inhibición frente a extractos con concentraciones del 90% (T1, T4), esto se explica debido a que este microorganismo no presenta péptidoglicanos en su membrana a diferencia de las otras dos bacterias Gram negativas estudiadas; los péptidoglicanos son los encargados de otorgar rigidez a la pared celular. Los extractos etanólicos al 90%, poseen menor cantidad de compuestos polares y mayor cantidad de compuestos no polares por ello, a esta concentración las moléculas pueden atravesar la membrana de las Gram negativas y ejercer el efecto

antimicrobiano. Cabe recalcar que también existió actividad antimicrobiana (aunque más débil) frente a *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhimurium* y *Escherichia coli* de acuerdo a los criterios empleados por Rodas, Ricaurte & Mejía, (2017). Como con todos los extractos aplicados al 100% se encontraron valores de actividad antimicrobiana, se deduce que el extracto de *Mangifera indica* L. presenta efecto antimicrobiano frente a los cinco microorganismos estudiados.

Si comparamos los mejores tratamientos entre sí, tal como se muestra en la tabla 4, podemos observar que, en conjunto, los extractos más efectivos son los obtenidos de la variedad Tommy Atkins, mediante el método de maceración, con una concentración hidroalcohólica del 90%.

Los resultados obtenidos en este trabajo demostraron que los extractos vegetales estudiados inhiben a los microorganismos *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*, pero tienen menor actividad antimicrobiana frente a *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhimurium* y *Escherichia coli*. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ortiz (2015) donde se emplearon extractos de *Mangifera indica* L. obtenidos de la corteza de la planta, pero solo parcialmente con los resultados de Meneses y Franca (2014) quienes encontraron actividad antimicrobiana frente al *Staphylococcus aureus*, pero no frente a las bacterias Gram negativas. Debe destacarse que en ese trabajo se empleó el método de los discos.

En otro trabajo (Amaral da Silva, et al., 2016) se muestra que los extractos etanólicos de las hojas de *Anacardium occidentale* L. mostraron sistemáticamente poseer menor actividad antimicrobiana que los extractos de flores y corteza, y en todos los casos, el *Staphylococcus aureus* resultó más sensible que la *Escherichia coli* o el *Enterococcus faecalis*, lo cual también concuerda con nuestros resultados.

Daud et al., (2008), han demostrado una mayor sensibilidad de la bacteria *Staphylococcus aureus* frente a extractos alcohólicos que la presentada por *Pseudomona aeruginosa*. En ambas bacterias se detectaron alteraciones en la estructura celular, incluso la desintegración de la superficie celular que podría conducir a la muerte, en el caso de *Staphylococcus aureus* y menores

efectos estructurales en *Pseudomona aeruginosa*. Estos resultados podrían explicar las diferencias observadas en este trabajo.

**Tabla 4.** Resultados de los diámetros de los halos de inhibición con el extracto hidroalcohólico 50% obtenido por ultrasonido de la variedad Edward

Tratamiento	Microorganismos				
	<i>P aeruginosa</i> ATCC 27853	<i>S aureus</i> ATCC 29213	<i>S Typhimurium</i> ATCC 14028	<i>E coli</i> ATCC 25922	<i>E faecalis</i> ATCC 29212
T1	12,67	12	12	11	11,33
T2	10,67	13,67	9,67	9,67	10
T3	9,67	10,67	8	8	8,33
T4	8,67	8,67	8,33	7,67	8,33
T5	9	9,67	8,67	8,67	8,33
T6	8,67	9,33	7,67	7,33	7,67

**Tratamientos:**

T1 Pozo, Maceración, 90 %, Tommy Atkins

T2 Pozo, Digestión, 50 %, Tommy Atkins

T3 Pozo, Ultrasonido, 50 %, Edward

T4 Disco, Maceración, 90 %, Tommy Atkins

T5 Disco, Digestión, 50 %, Tommy Atkins

T6 Disco, Ultrasonido, 50%, Edward

**IV. CONCLUSIONES**

Los extractos de la variedad Tommy Atkins mostraron mayor actividad antimicrobiana, que los extractos de la variedad Edward mostrando halos de inhibición entre 10 y 15 mm según la bacteria. El método Kirby Bauer modificado mostró mayor efectividad para la detección de esta actividad, por lo que se recomienda su empleo cuando se trabaja con extractos de origen vegetal. Todas las cepas estudiadas presentaron sensibilidad frente a los extractos ensayados, siendo *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa* las más sensibles.

**V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Amaral da Silva, R., Amado Liberio, S., M.M. do Amaral, Fernandes do Nascimento, R. F., Brandao Torres, L., Monteiro Neto, V., & Guerra, R. (2016). Antimicrobial and Antioxidant Activity of *Anacardium occidentale* L. Flowers in Comparison to Bark and Leaves Extracts. *Journal of Biosciences and Medicines*, 4(04), 87.

Anand, G., Ravinanthan, M., Basaviah, R., & Shetty, A. V. (2015). In vitro antimicrobial and cytotoxic effects of *Anacardium occidentale* and *Mangifera indica* in oral care. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 7(1), 69.

Bhandari, P., Bhandari, R., Sah, B., Gyawali, S., Bhusal, M., Shrestha, S., Shakya, S. (2017).

Antibacterial activity of methanolic extract of *Mangifera indica* (bark) and *Osyris lanceolata* (leaves) from western region of Nepal. *International Journal of Pharmacognosy*. 4(6). 200-207.

Carrillo Tomalá, C., Díaz Torres, R., Zambrano Sancán, J., García Águila, M., Triana Ramírez, E. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de hojas de tres variedades de *Mangifera indica* L. *Cumbres*, 3(2).

Córdova-Guerrero, I., Aragon-Martinez, O. H., Díaz-Rubio, L., Franco-Cabrera, S., Serafin-Higuera, N. A., Pozos-Guillén, A., ... & Isiordia-Espinoza, M. (2016). Actividad antibacteriana y antifúngica de un extracto de *Salvia apiana* frente a microorganismos de importancia clínica. *Revista argentina de microbiología*, 48(3), 217-221.

Corrales-Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., & Rojano, B. A. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista chilena de nutrición*, 41(3), 312-318.

- Das, M. K., & Mandal, S. (2016). Syzygium cumini and Mangifera indica Seed Extracts. Journal of Infectious Diseases & Preventive Medicine. 4: 129. doi:10.4172/2329-8731.1000129
- Daud Thoene, A., Habib Intersimone, N., & Sánchez Riera, A. (2008). Actividad antimicrobiana de extractos alcohólicos de hojas y corteza de Polyplepis australis Bitter (queñoa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(3), 0-0.
- Dorta, E., González, M., Lobo, M. G., & Laich, F. (2016). Antifungal activity of mango peel and seed extracts against clinically pathogenic and food spoilage yeasts. *Natural product research*, 30(22), 2598-2604.
- Fundación mango Ecuador (2018). [http://www.mangoecuador.org/exportacion-por\\_empacadora\\_por\\_variedad.php](http://www.mangoecuador.org/exportacion-por_empacadora_por_variedad.php)
- Imran, M., Arshad, M. S., Butt, M. S., Kwon, J. H., Arshad, M. U., & Sultan, M. T. (2017). Mangiferin: a natural miracle bioactive compound against lifestyle related disorders. *Lipids in health and disease*, 16(1), 84.
- Jibaja Espinoza, L. (2015). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, Mangifera indica, variedad "criollo". *Cientifi-k*, 2(1), 62-69.
- Kamath, K., Ramakrishna, A. (2016). Comparison of antibacterial activity of leaves extracts of Tectona grandis, Mangifera indica and Anacardium occidentale. *Int J Curr Pharm Res 2017*. 9(1), 36-39.
- Kaur, J. , Rathinam, X. , Kasi, M. , Miew Leng, K. , Rajasekaran, A. , Kathiresan, S. (2010). Preliminary investigation on the antibacterial activity of mango (Mangifera indica L: Anacardiaceae) seed kernel. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 3(9), 707-710.
- Kuete, V., Ngameni, B., Simo, C.C.F., Tankeu, R.K., Ngadjui, B.T., Meyer, J.J.M., Lall, N. & Kuate, J.R. (2006). Actividad antimicrobiana de los extractos crudos y compuestos de Ficus chlamydocarpa y Ficus cordata (Moraceae) *J Ethnopharmacol*; 120 17-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.026>
- Kumar, KN., Gupta, BS., Mehta, D., Mehta, BK. (2016). Phytochemical Analysis and Antitubercular Activity Of Flowers Extract Of Mangifera Indica. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 7(8). 3472-76.
- Lozano, C., & Torres, C. (2017). Actualización en la resistencia antibiótica en Gram positivos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 35, 2-8.
- Medini, F., Fellah, H., Ksouri, R., & Abdelly, C. (2014). Total phenolic, flavonoid and tannin contents and antioxidant and antimicrobial activities of organic extracts of shoots of the plant Limonium delicatulum. *Journal of Taibah University for science*, 8(3), 216-224.
- Meneses Garcia, A. P., & França Orlanda, J. F. (2014). Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro del extracto hidroalcohólico bruto Mangifera indica Linneau. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(3), 189-198.
- Mushore, J., Matuvhunye, T. (2013). Antibacterial properties of Mangifera Indica on Staphylococcus aureus. *African Journal of clinical and experimental microbiology*. 14(2). 62-74.
- Ortiz Choez C. A. (2015). Acción antimicrobiana de soluciones formadoras de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extracto hidroalcohólico de mango (*Mangifera indica*) frente a microorganismos de interés sanitario. Grado de Tesis: Químico Farmacéutico. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Parvez, G. M. (2016). Pharmacological activities of mango (Mangifera Indica): A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(3), 1.
- Rakholiya, K. D., Kaneria, M. J., & Chanda, S. V. (2015). In vitro assessment of novel antimicrobial from methanol extracts of matured seed kernel and leaf of Mangifera indica L.(Kesar Mango) for inhibition of Pseudomonas spp. and their synergistic

- potential. *American Journal of Drug Discovery and Development*, 5(1), 13-23.
- Rodas, S., Ricaurte, P. & Mejía, A. H. (2017). Evaluación de la capacidad antimicrobiana de las hojas de *Laurusnobilis* y *Thymusvulgaris*. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(24), 46-50.
- Rojas, J., García, A., & López, A. (2005). Evaluación de dos metodologías para determinar la actividad antimicrobiana de plantas medicinales. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 4 (2), 28-32.
- Romero Díaz, J. A., Nuva-Paz, L., López, M., Ferrada, C., & Carballo, C. (2014). Validación de una técnica por Cromatografía Líquida de Alta Resolución para la determinación del contenido de Mangiferina en hojas de *Mangifera indica* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(3), 167-178.
- Serna, L., García-Gonzalez, L. & Torres León, C. (2015). Agro-Industrial Potential of the Mango Peel Based on its Nutritional and Functional Properties. *Food Reviews International*, 32:4, 364-376.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información tecnológica*, 26(2), 41-50.
- Tayana, N., Inthakusol, W., Duangdee, N., Chewchinda, S., Pandith, H., & Kongkiatpaiboon, S. (2019). Mangiferin content in different parts of mango tree (*Mangifera indica* L.) in Thailand. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 41(3).
- Toribio, M.S., Oriani D.S. y Skliar M.I. (2004). "Actividad antimicrobiana de *Centaurea calcitrapa*". *Ars Pharmaceutica*, 45(4): 335-341.
- Troncoso, M., Gajardo, S., Benites, J., López, J., & Rojas, M. (2010). *Mangifera indica* y *Psidium guajava*: determinación de la actividad antimicrobiana de las cáscaras liofilizadas en la formulación de una loción hidroalcohólica para el acné. *BIOFARBO*, 18(2), 1-9.
- Venkata, N., Sukumar, K., Babul, G., Pankaj, P.K., Muralitharan, G., Annapareddy, S., Teja, D., Devi, A. (2019). In-vitro Studies on Antitumour and Antimicrobial Activities of Methanolic Kernel Extract of *Mangifera indica* L. Cultivar Banganapalli. *Biomedical & Pharmacology Journal*. 12(1). 357-362.

## Psychosocial factors and symptoms of stress in workers of a tire manufacturing company, Jalisco, Mexico

Carolina, Aranda-Beltrán<sup>1\*</sup>; Lourdes, González-Galindo<sup>2</sup>;  
Ricardo, Vázquez-García<sup>3</sup>

### Abstract

The objective of this study was to increase the knowledge of social and labor stressors that make up one of the main causes of occupational hazards. A census was conducted on the 60 workers of a tire manufacturing company. The study was descriptive, transversal and analytical. The presence of psychosocial factors was expressed by 49.1% of operational workers, the prevalence of stress symptoms in 36.4%. In the results of the relationship between psychosocial factors with the symptoms of stress and being sick, the two highest significant correspondences are observed in "Labor requirements" and "Job role and career development" with being sick, both with a  $p = 0.007$ .

**Keywords:** Psychosocial factors, stress, tire manufacturing company.

## Factores psicosociales y síntomas de estrés en los trabajadores de una empresa de fabricación de neumáticos, Jalisco, México

### Resumen

El objetivo de este estudio fue abundar en el conocimiento de los estresores sociales y laborales que componen una de las principales causas de riesgos en el trabajo. Se realizó un censo en los 60 trabajadores de una compañía de fabricación de neumáticos. El estudio realizado fue de carácter descriptivo, transversal y analítico. La presencia de factores psicosociales la manifestó el 49.1% de los trabajadores operativos, la prevalencia de síntomas de estrés en un 36.4%. En los resultados de la relación entre los factores psicosociales con los síntomas de estrés y estar enfermo, se observa las dos correspondencias significativas más altas en "Exigencias laborales" y "Papel laboral y desarrollo de la carrera" con estar enfermo, ambas con una  $p=0.007$ .

**Palabras clave:** Factores psicosociales, estrés, empresa fabricante de neumáticos.

**Recibido:** 02 de abril de 2019  
**Aceptado:** 23 de septiembre de 2019

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias; Profesor Investigador. Investigador SNI (Sistema Nacional de Investigadores) nivel II; Centro universitario de Ciencias de la Salud, Guadalajara, Jalisco, México; caranda2000@yahoo.com.mx; <https://orcid.org/0000-0003-1388-8849>

<sup>2</sup> Licenciado en Salud Pública; Jefe de departamento grupo departamental, Guadalajara, Jalisco, México; lucinagalindoo@gmail.com

<sup>3</sup> Egresado de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México

\*Autor para correspondencia: caranda2000@yahoo.com.mx

## I. INTRODUCCIÓN

At some point, within the work environment, workers may suffer accidents or occupational diseases as a result of prolonged and constant exposure to risk factors such as psychosocial factors. Work related stress has manifested itself as one of the main consequences of this exposure, which can affect the health and integrity of the worker. The relationship between psychosocial factors and work stress has already been described, however, a vulnerable but little studied population, the workers in charge of tire manufacturing.

As Oramas (2013) says, psychosocial factors are analyzed because they are a variable related to "psychic life and the conditions under which activity takes place" and to work stress because it is a variable that "expresses a quality, is subjective and is related between the individual and his environment".

From the proposed definitions for psychosocial risk factors such as the International Labor Organization (ILO) and the World Health Organization (1986), defines psychosocial factors as "the interactions between work, its environment, satisfaction at work and the conditions of their organization, on the one hand, and on the other, the worker's abilities, their needs, their culture and their personal situation outside of work, all of which, through perceptions and experiences, can influence health and performance and job satisfaction (ILO-WHO, 1984-1986). Diverse are the authors who in their studies have proposed this definition for the analysis of its variables.

Also the ILO (1986) assures that work-related stress is "the relationship that the individual may have to the demands, and work pressures that do not adjust to their knowledge and abilities and that test their ability to cope with the situation", In a few words, "the stress appears when this pressure becomes excessive or difficult to control, "authors such as Peiró and Rodríguez (2008) and Castañeda, Colunga, Preciado, Aldrete and Aranda accept (4). From this point of view and following the World Health Organization (1984) a healthy work environment "is not only where there is absence of harmful circumstances, but abundance of factors that promote health; is one in which health and the promotion of health are a priority for workers and are part of their work life", so, the "dangerous

"causes as called by Leka and Stavroula (2004) related to stress and that mostly come from the way in which work is defined and the way it is managed, are divided into: those related to the characteristics of the job (job characteristics, volume and pace of work, work schedules, participation and control), and those related to the labor context (professional perspectives, status and salary, role in the entity, interpersonal relationships, institutional culture, relationship between work and family life).

Concepts similar to those proposed by the ILO-WHO can be found in the literature, such as the definition of the European Commission (2002) that requires it as "a pattern of emotional, cognitive, physiological and behavioral reactions to certain adverse or harmful aspects of the content of work, organization of work and the working environment. It is a state characterized by high levels of excitement and response and the frequent feeling of not being able to face them", and in which their causes or risk factors are similar to those already mentioned (European Commission, 2002).

Recently, in the 2016 World Day of Safety and Health at Work, the ILO (2016) has indicated that attention to psychosocial risk factors is a global problem that affects all workers in both developed and developing countries. In development, so the approach is to encourage employees and employers to generate commitments such as: improvement of social relations at work, mutual support, prevention of acts of harassment, harassment or mistreatment, generation of skills, and improvement of working conditions and productivity (Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2016).

For this, the objective of the study was to make known this relationship of variables between psychosocial factors and symptoms of work stress in the workers of a tire manufacturing company in Jalisco, Mexico.

## II. MATERIAL AND METHODS

### Type of study

A descriptive, transversal and analytical research was designed, the work context being a company dedicated to the manufacture and export of tires. Virtually began its activities in 2005, is currently a company with high global competitiveness as well as its distribution, produces between 18 to 25 thousand

tires daily. It consists of raw material warehouse, bambury (mixed pigments), eseelastic (cutter), high pad, tabulators and calenders, assembly, presses, final finishing and finished product warehouse. The people who work in the cooperative are 1600, the 3 shifts are worked, the days are 8 hours from Monday to Friday and shifts are rotated every 3 weeks.

#### Study population

The study population included for the analysis were the workers of only two of the areas of the company: final finishing and vulcanization, corresponding to 60 subjects (census) that participated voluntarily and under informed and signed consent, eliminating the workers who for some reason he had to leave the study, or the surveys were not answered in full.

Despite being a company dedicated to the manufacture of tires and that would normally be expected to see only men working, it is observed that women do, so that of the 60 subjects who participated in the study, a higher percentage was observed for the men 83.6% against 16% women, the minimum age was 17 years with a maximum of 58, the most frequent marital status was that of married 50.9%, followed by singles 38.2%, the rest were free union, separated or divorced.

The highest seniority in the position varied from 4 years to one year, six months, with 9.1% at three years, 3.6% at two years and 1.8% at one and a half years. The seniority of the company was observed differently, it ranged from 10 to 7 years, with the highest percentages being 10 years (9.1%) followed by those of 9 years (5.5%) and those of seven years with a 3.6%.

#### Evaluation instruments

In the study, three questionnaires were applied: the first included socio-demographic and labor variables; the second was the symptomatic stress scale of Seppo Aro-ESE (9,10) and, as a third instrument, the adapted scale of psychosocial factors of Silva Gutiérrez (2006).

The scale of symptoms of Stress, Seppo Aro (ESE) (1980) contains 18 items associated with stress states, psychosomatic, emotional, or conative. Examples of these symptoms are: "palpitations or irregular heartbeats", "irritability", "anger", "fatigue or weakness". The answers are expressed in an

ordinal scale of four frequencies, which are evaluated from 0 to 3, for which the possible annotations fluctuate between 0 and 54, so that a scale with scores of 0-8 is considered as "normal stress", From 8 to 10 as "tendency to stress" and scores greater than 10 is considered as "pathological stress" (Roman, J., 2003). This instrument was validated by finding reliable validity data with a Cronbach's alpha of 0.88 (Colunga, C., Enríquez, C., González, M., & Domínguez, R., 2008).

The instrument or scale of Psychosocial Factors in the Work of Silva (2006) consists of a list of agents grouped in 7 areas: a) conditions of the workplace; b) workload; c) content and characteristics of the task; d) work demands; e) role of the academic and career development; f) social interaction and organizational aspects; and g) performance compensation. The instrument uses a 5-degree Likert-type frequency scale that goes from 0 (never) to 4 (always), the scores of each section are added and three categories are determined: low, medium and high which are categorized by each one of the subscales and globally. This instrument has also been validated by Colunga et al (2008) with Cronbach's alpha values of 0.83.

#### Statistic analysis:

Frequencies, percentages, averages and prevalences were obtained, as well as relationship values with a significant value of p equal to or less than 0.05.

#### Ethical aspects:

The present study is considered risk-free category one (Norma Oficial Mexicana, 2016). The participation of the respondents was voluntary signing with informed consent

### III. RESULTS

Considerable is the prevalence of stress symptoms (36.4%) that this working population presents (figure 1). According to Seppo Aro symptomatic stress scale, the prevalences for symptoms with higher percentages range from acidity or burning in the stomach, headaches, nervousness or anxiety, fatigue or weakness, irritability or anger, loss of appetite, diarrhea or frequent urination, lack of energy or depression and trembling or sweating in the hands.

Symptom	Rarely or never	Sometimes to frequently
Acidity or burning in the stomach	49.1	50.9
Loss of appetite	65.5	34.5
Desire to vomit or vomit	83.6	16.4
Abdominal pain	74.5	25.5
Diarrhea or frequent urination	65.5	34.5
Difficulty falling asleep or waking up during the night	54.5	45.5
Nightmares	74.5	25.5
Headaches	52.7	47.3
Decreased sexual desire	74.5	25.5
Dizziness	78.2	21.8
Palpitations or irregular heartbeats	72.7	27.3
Tremor or sweating in the hands	69.1	30.9
Excessive sweating if you have done physical exertion	72.2	27.8
Shortness of breath without having made physical effort	87.3	12.7
Lack of energy or depression	65.5	34.5
Fatigue or weakness	60.0	40.0
Nervousness or anxiety	56.4	43.6
Irritability or anger	60.0	38.3

**Figure 1.** Percentages of stress symptoms according to the symptomatic scale of stress of seppo ARO  
**Source:** self made.

The presence of psychosocial factors was shown by 49.1% of the operative workers. According to the instrument of psychosocial factors of Silva (2006) (figure 2), the highest prevalence was for the area of "workload" which assesses whether the worker has an excess of activities to carry out during his daily work, if the labor demands you receive do not correspond to your level of knowledge, if the days are longer than 9 hours of work, if they work on weekends and during vacations in your company's activities and if they have few tasks to perform during your daily work day .

This information is supported by the "content and characteristics of the task" area, referring to whether their work is repetitive, routine or boring, if they face problems with their peers, that work does not allow them to develop new skills and knowledge, if they participate in projects that are not of your interest, if they make constant changes in activities or if you carry out activities that are not your specialty, as well as if they exercise coordination and supervision of personnel.

With the same importance of prevalence appears

the area of "work demands" with variables as if their work is characterized as a complex task, requires a high degree of concentration, to remain for many hours in uncomfortable positions (standing or sitting), makes use of constant verbalization, requires prolonged visual effort, requires creativity and initiative, has demands to enter stimulus programs or productivity bonuses.

The "conditions of the workplace" and "work role and career development" are two areas that are also affected, it should be noted that they are evaluated from the presence of: noise, lighting, temperature, hygiene, dust, gases , solvents or vapors, microbes, fungi, insects or rodents, overcrowding, necessary equipment, activities not in accordance, difficulty in the use of new computer programs, incompatibility between their professional training and the demands, status of their corresponding position, limitations in the opportunities for promotion, lack of support in terms of training and / or training.

The alarming results of both the stress scale and the psychosocial factors allowed us to continue analyzing this problem.

Areas of psychosocial factors	Low level	Medium high level
	%	%
Conditions of work place	47.3%	52.7
Workload	30.9%	69.1
Content and characteristics of the task	32.7%	67.3
Labor demands	32.7%	67.3
Job role and career development	47.3%	52.7
Social interaction and organizational aspects	78.2%	21.8
Performance compensation	72.7%	27.3

Figure 2. Prevalences of the psychosocial factors in the work according to the scale of silva (adapted, 2004)  
Source: self made

In the relationship results, it is observed with some tranquility that there is only significant correspondence with some of the dimensions of the instrument such as: "workplace conditions" with the symptoms of stress and with the variable sex,

the dimension "workload" "With the symptoms of stress, the" work demands "with the seniority in the institution and having some discomfort or illness in the last six months, as well as the" work role "also with the fact of being sick and the" total or of the scale of psychosocial factors "with seniority (figure 3).

Areas of psychosocial factors	Stress symptoms	Sex	Antiquity in the institution	Be sick
	p<0.05			
Conditions of work place	.028	.043	---	---
Workload	.012	---	---	---
Labor demands	---	---	.041	.007
Job role and career development	---	---	---	.007

Figure 3. Significant variable singles between psychosocial factors, stress symptoms and sickness  
Source: self made. Note: --- non-significant values

IV. DISCUSSION

As the literature has shown, the probable statistical relationships between psychosocial factors and stress symptoms are expected, this is mainly due to the high labor demands and inadequate working

conditions to which the worker has and should be exposed when performing your work activities

Just as Gómez et al (2000) report that the vulnerable population to suffer the consequences of exposure to psychosocial agents are female

executives, nurses, secretaries and workers. Benavides and cols (2002) refer to workers in the construction, automobile, electrical, electronics and multinational industries as a sensitive population, or as Ansoleaga y Toro (2010) sees it, in which he finds the vulnerable workers a mining company.

The large number of studies carried out by teachers and health professionals is striking, however, we agree with Moncada et al (2008) in which he states that any salaried population may be at risk and be sensitive to suffer its consequences.

However, the prevalence figures for the psychosocial risks reported are reflected in different ways according to the activity in question and the psychosocial risk that the worker perceives as negative for him. Comparing the percentage (50%) of the prevalence of psychosocial factors in the present study, we can observe that this is high compared to the 30% referred by the European Foundation (1996) with the presence of factors such as when the worker is exposed to work night, repetitive tasks, monotony, working under constant pressure, excessive workload and forced postures were the most frequent risks.

Similar data is expressed by the ILO (2001) where it can be seen that since the 1980s workers were orienting their work to be mentally very fatigued, to having no opportunity to rest or to learn new things, to the rhythms of work and the workloads were very high, because they had no possibility of promotion, because the relationship between their studies with the job was not adequate.

On the other hand, Mireles, Pando and Aranda (2003) using the scale of identification of psychosocial factors of Legaspi, Martínez and Morales (1986) scale similar to that of Silva, find that, the areas of the work system and social interaction were the most affected (46% and 43%).

More recent research reports that the psychosocial risks range from those who report being in third place of importance approaching up to 80% of its prevalence (Hernández, J.R, 2006) as those who appreciate 37% (Enriquez et.al., 2010) or those who report low capacity to make decisions and to deploy their skills at work 48%, high psychological demands 47%, under social support of peers and superiors 41% and 67% imbalance between the efforts they invest in work and the rewards they receive in return (Ansoleaga, E., 2015).

The little significant relationship seen in this work can be compared with the study by Gómez, Hernández and Méndez (2014), especially in regard to the dimensions of "workplace conditions" and "workload" since it is mentions, initially, that the active work dimension and development possibilities are in a high range of exposure, that the training they require to perform the occupation are not adequate, that there are high psychological demands and under task control, that they feel that their work is not a source of opportunities to develop their skills and knowledge, that they feel unhappy with the physical environment and space in the workplace, cleanliness, hygiene and sanitation, temperature, ventilation and lighting ; and that the results of association reveal that there is a significant and negative relationship between risk factors, job satisfaction and psychological demands.

The literature shows, in some cases, that there is significance between psychosocial factors and mental health indicators, explaining that "the more perception of work stress greater perception of depression, anxiety, social dysfunction and psychosomatic symptoms", but that this significant relationship it does not occur in all cases in terms of indicators of working conditions refers to health aspects (Gómez-Ortiz & Moreno, 2009), which can not be compared with the results of this study since here there was a significant relationship between being sick and dimensions of "work demands" and "work role and career development". But, significant correlations between dissatisfaction with the work role, work stress, negative relationships and little social support with colleagues and superiors, negative change in work pressure and workloads, with health measures, are demonstrated by Matud, García and Matud (2002).

As already stated, the presence of psychosocial factors perceived as inadequate by the worker and for him, constitute a risk of his own, and can even become serious problems for his health. The manifestation most known for exposure to psychosocial risks is stress or, rather, distress (Aranda et.al., 2005), that is, "the mechanism by which these risk factors are associated with the emergence of diseases" (Ansoleaga, Vezina, & Montano, 2014).

According to the Official Gazette of the Federation in its Draft Official Mexican Standard 035 of the

Ministry of Labor and Social Welfare Federal Labor Law (Norma Oficial Mexicana, 2016) the problem of psychosocial risk factors in the workplace is addressed (project oriented to the prevention) and indicates, among other things, that they are aspects to be considered within the psychosocial risk factors, those that derive from the nature of the functions of the job: the dangerous conditions inherent in it; when performed under unsafe conditions; which carries high responsibility, or requires intense concentration and attention for long periods. This project provides for the identification of psychosocial risk factors and the evaluation of the organizational environment. For this purpose, it has implemented two identification-oriented tools that allow us to define actions to prevent the effects and consequences of psychosocial risk factors, in order to determine the strategies to be followed. It is suggested, in addition to the researcher's own evaluations, to follow the indications that the rules govern.

## V. CONCLUSION

In this study, a prevalence of stress symptoms was found in 36.4%. The presence of psychosocial factors was shown by 49.1% of the operative workers. According to the instrument of psychosocial factors of Silva, the highest prevalence was for the area of "workload" is seconded the area of "content and characteristics of the task" referring to whether his work is repetitive, routine or boring, that if he faces problems with his peers, that work does not allow him to develop new skills and knowledge. The "conditions of the workplace" and "work role and career development" are two areas that are also affected

In the relationship results, it is observed that there is only significant correspondence with some of the dimensions of the instrument such as: "workplace conditions" with the symptoms of stress and with the sex variable, the "workload" dimension with the symptoms of stress, "work demands" with seniority in the institution and having some discomfort or illness in the last six months, as well as the "work role" also with the fact of being sick and the "total or global scale of psychosocial factors" with seniority.

## VI. REFERENCES

Ansoleaga, E. (2015). Indicadores de salud mental

asociados a riesgo psicosocial laboral en un hospital público. *Revista médica de Chile*, 43(1), 47-55.

Ansoleaga, M.E., Toro, J.P. (2010). Factores psicosociales laborales asociados a riesgo de sintomatología depresiva en trabajadores de una empresa minera. *Salud trabajo*, 18(1): 07-16.

Ansoleaga, E., Vezina, M., & Montano, R. (2014). Síntomas depresivos y distrés laboral en trabajadores chilenos: condiciones diferenciales para hombres y mujeres. *Cad. Saúde Pública*, 30(1), 107-118.

Aranda B.C., Pando M.M., Torres, L.T., Salazar E.J. & Franco Ch. S. (2005). Factores psicosociales y síndrome de burnout en médicos de familia. *México. Anales de la Facultad de Medicina*, 66(3):225-231.

Benavides F. et ál. (2002) Descripción de los factores de riesgo psicosocial en cuatro empresas. *Gac Sanit*, 16(3). pp. 222-229

Castañeda, H., Colunga, C., Preciado, M., Aldrete, M. & Aranda, C. (2011). Estrés organizacional y factores psicosociales laborales asociados a salud mental en trabajadores de atención primaria. *Wasapa*, 2(5). 80-88

Colunga, C., Enríquez, C., González, M., & Domínguez, R. (agosto, 2008). Factores psicosociales en el trabajo asociados a síntomas de estrés en enfermeras de atención terciaria. *Memorias del 2do Foro de las Américas en Investigación sobre Factores Psicosociales: Estrés y Salud Mental en el Trabajo*, 1-9.

Comisión Europea (2002). *Guía sobre el estrés relacionado con el trabajo. ¿La sal de la vida o el beso de la muerte?* Dirección general de empleo y asuntos sociales: Bruselas

Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo 2016, declaración 28 de abril de 2016 'Estrés en el Trabajo: Acabemos con esta carga'. Organización Internacional del Trabajo. Disponible en: [http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/how-the-ilo-works/ilo-director-general/statements-and-speeches/WCMS\\_475728/lang--es/index.htm](http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/how-the-ilo-works/ilo-director-general/statements-and-speeches/WCMS_475728/lang--es/index.htm).

Ultimo acceso 14-09-2017

- Enríquez, C.B., Colunga, C., Preciado, M.L., Ángel, M., Domínguez, R. (2010). Factores psicosociales y estrés en el trabajo hospitalario de enfermería en Guadalajara, México. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 1(1): 22-25.
- Gómez Rojas, Paola, Hernández Guerrero, Julia, & Méndez Campos, María Doris. (2014). Factores de Riesgo Psicosocial y Satisfacción Laboral en una Empresa Chilena del Área de la Minería. *Ciencia & trabajo*, 16(49), 9-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492014000100003>
- Gómez-Ortiz, Viviola, & Moreno, Lorena. (2009). Factores psicosociales del trabajo (demanda-control y desbalance esfuerzo-recompensa), salud mental y tensión arterial: un estudio con maestros escolares en Bogotá, Colombia. *Universitas Psychologica*, 9(2), 393-407. Recuperado el 21 de septiembre de 2017, de [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-92672009000200008&lng=pt&tlng=es](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672009000200008&lng=pt&tlng=es)
- Hernández, J.R. (2006). El desencuentro entre la salud mental y la salud de los trabajadores. *Rev. Cubana Salud Pública*, 32(4): Recuperado en 18 de septiembre de 2017, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662006000400017&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662006000400017&lng=es&tlng=es).
- Legaspi, V., Martínez, M., & Morales, N. (1986). Factores psicosociales en el ambiente de trabajo. México: Subdirección General Médica. Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Leka, Stavroula. (2004). La organización del trabajo y el estrés: estrategias sistemáticas de solución de problemas para empleadores, personal directivo y representantes sindicales. OMS. Serie protección de la salud de los trabajadores.
- Matud Aznar, M P; García Rodríguez, M d A; Matud Aznar, M J; (2002). Estrés laboral y salud en el profesorado: un análisis diferencial en función del género y del tipo de enseñanza. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 451-465.
- Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33720305>
- Mireles, P.A.B., Pando, M.M., Aranda, B.C. (2003). Factores psicosociales y síndrome de burnout en una empresa de la rama textil en Guadalajara, México. *Investigación en Salud*, 4(2):104-110
- Moncada, L.S., Llorens, S.C., Font, C.A., Galtés, C.A., Navarro, G.A. (2008). Exposición a riesgos psicosociales entre la población asalariada en España (2004-5): valores de referencia de las 21 dimensiones del cuestionario COPSOQ ISTAS21. *Rev. Esp. Salud Pública*, 82: 667-675.
- Oramas, A. (2013). Estrés laboral y síndrome de burnout en docentes cubanos de enseñanza primaria. Ministerio de Nacional de Salud Pública.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (1986). *Psychosocial Factors at Work: Recognition and Control*. Occupational Safety and Health Series. OIT: Geneva.
- Organización Internacional del Trabajo / Organización Mundial de la Salud (OIT/OMS). (1984). Factores psicosociales en el trabajo: Naturaleza, incidencia y prevención. Informe del Comité mixto OIT/OMS sobre medicina del trabajo. Ginebra, Suiza, 122 págs.
- Organización Internacional del Trabajo / Organización Mundial de la Salud (OIT/OMS). (2001). Factores psicosociales en el trabajo: naturaleza, incidencia y prevención. Informe del comité mixto OIT/OMS sobre medicina del trabajo. Ginebra: OIT.
- Peiró, J.M., Rodríguez, I. Estrés laboral, liderazgo y salud organizacional. *Papeles del Psicólogo* [en línea] 2008, 29 (enero-abril): [Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017] Disponible en: <<http://artificialwww.redalyc.org/articulo.oa?id=77829109>> ISSN 0214-7823
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-035-STPS-2016, Factores de riesgo psicosocial-Identificación y prevención. DOF: 26/10/2016. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016)

- Roman, J. (2003). Estrés y Burnout en profesionales de la salud de los niveles primario y secundario de atención . Revista Cubana de Salud Pública , 105.
- Seppo Aro. (1980). Escala de estrés laboral. Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT). Recuperado de <http://www.srt.gob.ar/index.php/seppo-aro> el 01 de junio de 2015.
- Silva Gutiérrez, N. (2006). Factores Psicosociales, Estrés Y Desgaste Profesional en académicos del CUCBA, Universidad de Guadalajara, Tesis doctoral.
- Viviola Gómez, Luz Amparo Pérez, Lya Feldman, Nury Bajés y Eleonora Vivas. Riesgos de salud en mujeres con múltiples roles. Revista de estudios sociales, 2000; 6: 27-38.
- II Encuesta Europea sobre condiciones de trabajo de la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo. Dublín: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); 1996.

## Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*)

Magalys, Rivas-Nichorzon<sup>1</sup>; Ramón, Silva-Acuña<sup>2\*</sup>

### Resumen

El compostaje es una técnica viable en la degradación de residuos orgánicos que de acuerdo a las materias utilizadas, sus características están relacionadas con el producto final. El objetivo fue evaluar la calidad física y química de tres compost elaborados a partir de residuos de jardinería, pergamino de café y bora. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da), densidad de partículas (Dp), pH, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), relación carbono/nitrógeno (C/N); conductividad eléctrica (CE) y los contenidos de macro y micronutrientes. Se les realizó análisis de varianza y los valores promedios comparados por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los compost para todas las variables analizadas, excepto para Dp, pH, C/N y contenido de Aluminio. El compost de pergamino de café presentó los valores más altos de PT, PA. El pH, CE y C/N en todos los compost estuvieron en el rango establecido, mientras que, el %MO, %CO, estaban por debajo de los valores óptimos. El compost de bora presentó los promedios más elevados de nutrientes.

**Palabras clave:** Abonos orgánicos, porosidad y nutrientes.

## Physical and chemical quality of three composts, prepared with garden waste, coffee parchment and common water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*)

### Abstract

Composting is a viable technique in the degradation of organic waste where the characteristics of the final product are related to the materials used in the feedstock. The objective was to evaluate the physical and chemical quality of three composts made from garden waste, coffee parchment and common water hyacinth. The statistical design was completely randomized, with three treatments and four repetitions. It was determined: total porosity (PT), aeration porosity (PA), water retention capacity (CRA), bulk density (Da), particle density (Dp), pH, organic matter (MO), organic carbon (CO), total nitrogen (NT), carbon / nitrogen ratio (C/N), electrical conductivity (EC) and the contents of macro and micronutrients. They were analyzed for variance and average values compared by the Tukey test at 5% probability. There were significant differences ( $P < 0.05$ ) between the compost for all the analyzed variables, except for Dp, pH, C/N and Aluminum content. The coffee parchment-based compost had the highest values of PT, PA. The pH, CE and C/N in all the composts were in the established range, while, % MO, % CO, were below the optimum values. The common water hyacinth compost presented the highest averages of nutrients.

**Keywords:** Organic fertilizer, porosity and nutrient.

**Recibido:** 02 de octubre de 2019  
**Aceptado:** 26 de diciembre de 2019

<sup>1</sup> Ingeniera en producción animal; Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Escuela de Zootecnia, Departamento de Biología y Sanidad Animal Maturín; [mrivas@udo.edu.ve](mailto:mrivas@udo.edu.ve); <https://orcid.org/0000-0003-0329-6030>

<sup>2</sup> Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; [rsilva@udo.edu.ve](mailto:rsilva@udo.edu.ve); <https://orcid.org/0000-0003-1235-9283>

\*Autor para correspondencia: [rsilva@udo.edu.ve](mailto:rsilva@udo.edu.ve)

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las técnicas que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica previa incorporación al suelo es el compostaje y su producto final el compost (Sztern, y Pravia, 1999; Campos-Rodríguez *et al.*, 2016). La palabra compost viene del latín *componere* que significa mezclar (Finck, 1988). Es un abono orgánico pre-humificado, que resulta de la descomposición y transformación biológica aeróbica de residuos orgánicos, con una provisión de humedad y volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos (Aubert, 1998, Day y Shaw, 2004; Chilón, 2010). El compost maduro tiene un color marrón oscuro o negruzco, un aroma a bosque o a tierra (Docampo, 2014), el producto final; mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además permite la reducción de la fertilización tradicional sin afectar significativamente el rendimiento de los cultivos agrícolas (Crespo *et al.*, 2018).

Los sustratos utilizados para la elaboración del compost están relacionados con la actividad de donde se producen y pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, urbano, entre otros. La importancia de su origen está en relación directa con las características físicas y químicas del compost (Labrador, 1996; Insam y De Bertoldi, 2007).

Los materiales utilizados como fuente de carbono, por ejemplo el aserrín y las hojas secas, se mezclan con materiales que proporcionan nitrógeno como el estiércol, el lodo residual o los materiales de las plantas verdes para alcanzar una proporción Carbono-Nitrógeno de 20 ó 30 a 1 (Plaster, 2005). En los beneficios donde se procesan las cerezas de cafetos para la producción de café verde, se acumulan cantidades considerables de pulpa y pergamino. Actualmente, estos subproductos están originando problemas ambientales serios por causar olores desagradables durante su proceso de fermentación; además, sirven para la reproducción de moscas y a menudo contaminan las vías acuáticas (Pierre *et al.*, 2009), otro material utilizado es la *Eichhornia crassipes*, una planta acuática vascular flotante (Velásquez, 1994) con un contenido de promedio de materia seca de 7,58%, es decir, un contenido de humedad de 92,42% (Romero, 2011).

Rodríguez *et al.* (2004), elaboraron un producto denominado NUTRIBORA (NB) el cual es un

compost de bora (*Eichhornia crassipes*), estiércol de ganado vacuno y suelo de morichal. Su uso en la dosis óptima, logró incrementar la producción de tomate en 80 t.ha<sup>-1</sup>. Cova (2008) determinó que el compost a base de bora puede ser utilizado como sustrato para la producción de plántulas de ají sin restricción y para el compost-bora 100% + N-P-K + elementos menores, resultó ser el mejor en relación a las variables altura, número de hojas y nudos; así como también lo fue el peso fresco y diámetro del tallo; con esto hallazgos se demostró las bondades de la formulación de bora. Por otro lado, los residuos provenientes de las zonas urbanas, que comprende el reciclado de la fracción orgánica de las basuras, obtenidas por recuperación directa in situ de los componentes presentes en la misma y sus posterior compostaje (Labrador, 1996), se agregan los residuos del jardín, con frecuencia son muy utilizados en los compost, entre ellos se incluyen los restos de los cultivos, flores, tallos, hojas, recortes de la poda y estiércol de bovino (Ferreira *et al.*, 2018).

Para referirse a calidad del compost, no se dispone de un único método simple y reproducible, son muchos y diferentes los criterios propuestos. Se pueden agrupar en cinco tipos de evaluaciones referidas a: características físicas, actividad microbiana, fracción húmica del compost, químicos y biológicos o de fitotoxicidad (Peña *et al.*, 2002). Brechelt (2004) señala que existen ciertos criterios que son decisivos para juzgar si el compost está listo o no, entre ellos, la homogeneidad del material final, no debe percibirse residuos del material de origen y debe tener un olor semejante a tierra. Cuando el compost es aplicado al suelo como enmienda orgánica o como mulch, la calidad exigida para este material será menor cuando comparada con un sustrato que es empleado para semilleros. Debe considerarse las variables físicas: olor, color; químicos: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico total, nitrógeno total, relación C/N, y P total; así como también variables de tipo biológicas (Moreno y Moral, 2008; Espinosa *et al.*, 2017; Medina *et al.*, 2017). Los diferentes materiales utilizados para compostar determinan la calidad de los tipos de compost que pueden obtenerse (Barrena, 2006; Oviedo-Ocaña *et al.*, 2017).

En los países se establecen normas relativas a la calidad del compost como es el caso de España con el Real Decreto 824/2005; Colombia posee las Normas

Técnicas Colombianas (NTC 5167, 2004) y en el caso de Chile la Norma Chilena (2005). Tortosa (2013) indica que países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania e Inglaterra poseen legislación al respecto; aunque también indica que legislación de Italia es la más avanzada en este aspecto. Alemania e Inglaterra, desarrollaron sus propias acreditaciones de calidad para los compost.

El Real Decreto 824 (2005) de España establece que los compost deben notificar en su etiqueta aspectos sobre: pH, conductividad eléctrica, relación C/N, humedad, materias primas utilizadas y proceso de elaboración; además, se debe declarar y garantizar el contenido de las siguientes características: materia orgánica total, nitrógeno amoniacal, carbono orgánico, ácidos húmicos y la granulometría; por otro lado, si superan el 1% se deben señalarse el nitrógeno total, el nitrógeno orgánico, así como también el  $P_2O_5$  total y el  $K_2O$ .

Para Venezuela, existe la norma COVENIN 113-98, relacionada con "Fertilizantes. Enmiendas y acondicionadores del suelo. Definiciones"; sin embargo, es escasa la información respecto al manejo adecuado que debe darse a los residuos generados en las diferentes actividades agrícolas y así reducir el impacto ambiental; de manera similar, la regulación y comercialización que debe poseer este producto, basados en la calidad final de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

Bajo este enfoque, es importante la caracterización de los compost que se producen a nivel comercial, lo cual facilitaría su adecuado uso en los cultivos. A nivel de investigación se ha generado una excelente fuente que puede servir de base para describir este producto con el uso de la mezcla de diferentes fuentes orgánicas como restos de poda, cosechas, estiércoles, leguminosas, gramíneas y compost maduro como elemento promotor del proceso (Salazar, 2014; Figueroa, 2014; Palomo, 2015 y Rivas *et al.*, 2017). Por ello, es que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la calidad física y química de tres compost elaborados a partir de residuos de jardinería, pergamino de café y bora.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de realización del experimento

La investigación se realizó en la Microestación Experimental del Instituto de Investigaciones

Agropecuarias de la Universidad de Oriente (IIAPUDO), Campus Juanico, del Núcleo Monagas, en Maturín, estado Monagas; ubicado geográficamente a 9° 45' LN y 63° 11' de LW, con altitud de 65 m, precipitación total anual de 904 mm y temperatura promedio anual de 28,27°C (INAMEH, 2009).

### Recolección del material

Los principales materiales orgánicos a compostar fueron: bora, pulpa y pergamino, estos dos últimos subproductos del beneficiado del grano del café; así como también, residuos de jardinería, complementados con estiércol bovino, mataratón, Taiwán cubano y compost maduro de tres meses. La bora (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms) se recolectó en Laguna Grande, ubicada en el sector San Agustín de la Pica, Maturín, estado Monagas. El pergamino y la pulpa de café fueron obtenidos en la Hacienda "Las Acacias" Caripe, estado Monagas. El mataratón (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Walp.), Taiwán cubano (*Pennisetum* spp.) y estiércol bovino se obtuvo de la Unidad Doble Propósito Luis Pérez Guillen de la Escuela de Zootecnia, ubicada en Jusepín estado Monagas. Los residuos de jardinería se recolectaron en las instalaciones de la UDO Campus Juanico y el compost maduro se obtuvo de la Microestación de IIAPUDO. Los sustratos fueron secados al sol y luego triturados en molino industrial con tamiz de 4 mm.

### Pesado y preparación de los materiales

Se utilizaron tres composteros de metal, cerrados tanto en la parte lateral como en la posterior y abiertos en la parte superior. En la parte anterior cerrado con cabillas de 1/2 pulgada, separadas de 15 cm, que sirven de soporte a la malla pajarera y evitan la salida del sustrato. Las dimensiones de los composteros correspondieron a 77,5 x 62,5 x 75,0 cm.

Los volúmenes en kg de cada uno de los materiales a compostar (Tabla 1) se determinaron con un peso tipo reloj, marca CAZ de 15 kg de capacidad. Los tres compost contenían *Gliricidia sepium*, estiércol bovino, pulpa de café, compost maduro y *Pennisetum* spp., con la diferencia de la inclusión de un 30% de: bora (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento 1, pergamino de café en el tratamiento 2 y residuos de jardinería para el tratamiento 3. Las fracciones de los materiales en cada uno de los compost fueron calculada con base a la relación carbono/nitrógeno,

referidos a datos teóricos, donde su valor total oscila entre 15-16, respectivamente (Peña *et al.*, 2002). Los

materiales se mezclaron de forma envolvente hasta homogenizarlos completamente con una pala de las usadas en la construcción civil.

**Tabla 1.** Cantidades de residuos orgánicos a mezclar en los diferentes tratamientos.

Materiales	Tratamientos (Cantidades en Kg)		
	1	2	3
Bora	15		
Pergamino de café		15	
Residuos de jardinería			15
Mataratón	4	5	5
Estiércol bovino	5	5	5
Pulpa de café	7	8	8
Compost maduro	9	10	10
Taiwán cubano	10	7	7
Total kg	50	50	50

**Procesamiento del compost final y toma de muestras**

Una vez finalizado el compostaje, los compost fueron pesados nuevamente en el peso de reloj marca CAZ. El proceso de secado fue realizado al sol por 5 días consecutivos. Al completarse el secado se realizaron cuatro muestras compuestas por tratamiento, tomándose cada una cinco submuestras en diferentes puntos de la pila, se mezclaron para homogenizarlas y obtener las cuatro muestras finales por compost, las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas de 2 kg, se etiquetaron y se llevaron al laboratorio para los respectivos análisis.

**Determinación de variables físicas y químicas del compost**

La determinación de las variables físicas y químicas objeto de la presente investigación se realizaron en el Laboratorio de Suelo del Postgrado de Agricultura Tropical en el *Campus Juanico*, UDO Monagas.

Variables físicas: Se determinó la porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp), siguiendo la metodología de Pire y Pereira (2003).

Variables químicas: Se cuantificó el pH por potenciometría en agua en la relación 1:2, con pHmetro marca Hanna Instruments modelo

pH211 meter; la conductividad eléctrica (CE) por el conductímetro marca Termo Electron modelo Orion 3 Star Conductivity Benchtop, siguiendo la metodología descrita en NTC (2004). El porcentaje de la materia orgánica y carbono orgánico se determinó por el método colorimétrico de Walkley y Black (Walkley, 1947). La relación carbono: nitrógeno, se calculó según lo descrito por NMX AA 67 (1985) Para el nitrógeno total se empleó la metodología de Kjeldahl descrita por Fernández *et al.* (2006) y para el contenido de los macro y micronutrientes, se utilizó los siguientes métodos: potasio, Olsen, extraído con NaHCO<sub>3</sub> 0,5 M pH 4.2 (COVENIN, 1979); fosforo disponible: Bray N°1 en ácido ascórbico (García y Ballesteros, 2006); aluminio intercambiable extraído con KCL 1N (Da Silva, 1999); magnesio; calcio, hierro y zinc por absorción atómica (COVENIN, 1981).

**Reducción del volumen de las pilas de compost**

El volumen del material, tanto al inicio como al final del experimento, se determinó midiendo la altura, ancho y largo (volumen) que ocupa el mismo dentro de los composteros (Durán y Henríquez, 2007); de esta manera, se pudo comparar los volúmenes iniciales y finales, por compostero, para posteriormente calcular el porcentaje de reducción de los materiales (%RV).

**Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó el diseño completamente al azar

(DCA), tres tratamientos (compost a base de bora, pergamino de café y residuos de jardinería) y cuatro repeticiones. Previo al análisis de varianza (ANAVA) los valores de las variables cuantificadas fueron exploradas por las pruebas de Shapiro Wilk para determinar la normalidad de los errores y de Bartlett para homogeneidad de varianza; aquellas, que no cumplieron con los supuestos para la realización del ANAVA fueron analizadas por la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis. Las comparaciones de los valores promedios para las variables con efectos significativos se realizó con la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad. Tanto las pruebas mencionadas como los respectivos análisis, se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1-VARIABLES FÍSICAS EN LOS COMPOST ELABORADOS

En la Tabla 2 está indicado el análisis de varianza para las variables porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), densidad aparente (Da) y capacidad de retención de agua (CRA) en los compost evaluados. Para las tres primeras variables se constató diferencias significativas para los compost (tratamientos) por la prueba de F a 1 % de probabilidad, mientras que para la CRA lo fue a 5%, respectivamente. La excepción se observó para la variable densidad de partículas (Dp) donde no se detectó diferencias significativas. En relación a las comparaciones de los valores promedios de las variables físicas PT, PA, CRA y Da, determinadas en los distintos tratamientos están indicadas en el Tabla 3.

**Tabla 2.** Resumen del análisis de varianza de las variables porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA), densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp) de los diferentes composts evaluados.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		PT	PA	CRA	Da	Dp
Compost	2	83,82**	107,89**	22,68*	0,01**	4,2E-03ns
Residuo	9	2,20	7,36	3,97	6,2E-04	1,5E-03
Total	11					

GL: Grados de libertad. Significativos a 1\*\* y 5\* % de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo.

#### 1.1-PORCENTAJE DE POROSIDAD TOTAL (PT)

El tratamiento a base de pergamino de café, obtuvo el mayor porcentaje de PT, siendo similar estadísticamente al de residuos de jardinería y ambos diferentes al compost a base de bora (Tabla 3). Los valores de porosidad total obtenidos en esta investigación son superiores a los señalados por Salazar (2014) que determinó en compost a base de estiércol de bovino más restos vegetales promedios de 33,62%, mientras que Duran y Henríquez, (2007) reportaron valores de 50,2% para un vermicompost de estiércol, mientras que Figueroa (2014) reportó para compost de residuos de jardinería y pergamino 87,93 y 61,66% de porosidad total, respectivamente.

De acuerdo con Jaramillo (2002) la porosidad ideal debe estar comprendida entre 55-70%, en

virtud de ello, solo los tratamientos de pergamino de café y residuos de jardinería cumplen esta condición. Los bajos niveles de porosidad total observados en el compost de bora pueden ser debido a que el material es de fácil degradación, en consecuencia menor tamaño de sus partículas en relación a los otros dos compost evaluados. Fitzpatrick (2001), menciona que en algunos compost la compactación tiende a aumentar con el tiempo, de esta manera, disminuye su porosidad. El espacio poroso total está representado por el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por material sólido y pondera el espacio ocupado por sus poros. El espacio poroso total es la relación entre el volumen de poros y el volumen aparente del sustrato, expresado como porcentaje del volumen (Domínguez, 2010).

**Tabla 3.** Características físicas, porcentajes de: porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA); densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp) expresadas en g/cm<sup>3</sup> en los diferentes compost evaluados.

Tratamientos a base de:	Valores promedios para las variables				
	PT	PA	CRA	Da	Dp
Bora	49,60 <sup>b</sup>	8,70 <sup>b</sup>	40,89 <sup>ab</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>
Pergamino de café	57,62 <sup>a</sup>	19,08 <sup>a</sup>	38,54 <sup>b</sup>	0,29 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>
Residuos de jardinería	57,45 <sup>a</sup>	14,15 <sup>a</sup>	43,30 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,67 <sup>a</sup>
Rango recomendado	55-70	10-30	55-70	0,70	

Valores en las columnas seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

### 1.2-Porcentaje de porosidad de aireación (PA)

La porosidad de aireación (PA) fue superior en el tratamiento de pergamino de café con 19,09% y fue estadísticamente similar por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad al compost a base de residuos de jardinería, y ambos diferentes al tratamiento a base de bora que presentó 8,70% de porosidad de aireación (Tabla 3). Figueroa (2014) determinó para compost de pergamino de café 10,96% de PA, valor que está por debajo de los obtenidos en este estudio. Para el compost de bora el porcentaje de porosidad de aireación fue el menor de los valores, debido a que fue uno de los compost que se degradó más rápidamente y en consecuencia el tamaño de las partículas fue menor que el de los otros tratamientos. Puerta et al., (2012) determinaron %PA en sustratos orgánicos está comprendido entre 7,45 a 20,9%, valores considerados como apropiados.

De manera idéntica a la porosidad total obtenida para los compost evaluados, la porosidad de aireación de los compost a base de pergamino de café y residuos de jardinería cumplen con los valores ideales según lo reportado por Ansorena *et al.* (2014), comprendidos entre 10-30%.

### 1.3-Porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA) para los tres compost fue superior en el tratamiento de residuos de jardinería con 43,30%, seguido por el de bora 40,89%, ambos similares entre sí pero diferentes estadísticamente al compost de pergamino de café con 38,54% de CRA (Tabla 3); tales valores están por debajo de lo recomendado por Thompson y Troech (1988) y Cabrera (2002) como adecuados que varían entre 55 a 70%. Es de resaltar que el compost

a base de pergamino obtuvo el mayor promedio en %PT y %PA, de donde se deriva que este tratamiento posee mayor cantidad de macroporos que favorecen el drenaje y no la retención de agua. Figueroa (2014) evaluando seis tipos de composts, determinó que el compost a base de pergamino y pulpa de café fue uno de los más bajos en CRA con 31,39%, promedio inferior al reportado en esta investigación. En este sentido Casanova (2005) menciona que la capacidad de retención de agua en un sustrato es dependiente del número de poros, tamaño y distribución.

### 1.4-Densidad aparente (Da)

La densidad aparente (Da) fue mayor en el tratamiento de bora con 0,37 (g.cm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> diferente estadísticamente a los otros dos compost (Tabla 3), lo cual concuerda con los valores bajos de porosidad total determinado en este compost. Al respecto, Jaramillo (2002) menciona que el comportamiento de la densidad aparente es completamente contrario al de la porosidad, obviamente por la relación inversa que existe entre estas dos propiedades del suelo. Jiménez y Caballero (1990) señalan que la densidad aparente de sustratos orgánicos debe estar entre 0,15 y 0,45 (g.cm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>, y la Norma Chilena de Compost (2005) indica que la Da debe ser menor a 0,70 (g.cm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; esto se constata en los tres compost evaluados. Los sustratos suelen tener una densidad aparente baja en comparación con el suelo, los cuales presentan componentes mayormente minerales. La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de la materia (seca o húmeda) y el volumen aparente que esta ocupa (Bures, 2002).

### 1.5-Densidad de partículas (Dp)

Entre los tratamientos no hubo diferencias

estadísticas para la densidad de partículas (Dp) y, sus valores oscilaron entre 0,67 a 0,72 (g.cm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> siendo superior numéricamente el tratamiento a base de bora. Puerta et al. (2012) obtuvieron valores similares entre 0,47 y 0,87 (g.cm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> para sustratos orgánicos.

## 2-Variables químicas en los compost elaborados

En la Tabla 4 se indica el análisis de varianza para las variables materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), que presentaron

efecto significativo a nivel de los tipos de compost por la prueba de F a 5% de probabilidad; además no se detectó diferencias significativas a nivel de tratamientos para la variables pH y relación C/N. La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable conductividad eléctrica (CE) en los compost finales mostró diferencias altamente significativas para los tratamientos. En la Tabla 5 se observa los promedios obtenidos de las pruebas físicas aplicadas a los diferentes compost, presentando diferencias estadísticas entre los tratamientos para la CE, %MO, %CO y %NT.

**Tabla 4.** Resumen del análisis de varianza de las variables pH, materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT) y la relación carbono/nitrógeno de los diferentes compost.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		pH	MO	CO	NT	C/N
Compost	2	0,04ns	3,26**	0,64**	0,01*	2,7E-03 <sup>ns</sup>
Residuo	9	0,03	0,04	0,08	1,1E-03	5,0E-03
Total	11					

GL: Grados de libertad. Significativos a 1\*\* y 5\* % de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo

### 2.1-Potencial hidrogeniónico (pH)

El pH estuvo en los rangos de neutralidad para los tres tratamientos, Jaramillo (2002) establece que estos valores se encuentran entre 6,6 a 7,3; siendo el tratamiento de pergamino de café el que presento los mayores valores de pH (6,88) y el más bajo le correspondió al de residuos de jardinería con 6,67. Figueroa (2014) reporto valores de pH de 4,83 para compost comercial de pergamino y pulpa de café, mientras que para el de residuos de jardinería de 6,89. La Norma Técnica Colombiana para Productos Orgánicos usados como Abonos (2004), hace referencia que el pH debe tener un mínimo de 4 y máximo de 9 en el producto final, mientras que la Norma Chilena de Compost (2005) establece un rango de 5,0-8,5 y Tchobanoglous *et al.* (1994), indican que el valor de pH ideal para el compost se ubica entre 6,5 - 8,0, tales valores están en concordancia con los tres tratamientos evaluados.

### 2.2-Conductividad eléctrica (CE)

El tratamiento de bora (*Eichhornia crassipes*) obtuvo el máximo valor 11,4 ds.m<sup>-1</sup> con diferencias estadísticas con el tratamiento de residuos de jardinería con valores de 2,8 ds.m<sup>-1</sup>; siendo el compost

de pergamino de café similar a ambos. La Norma Chilena de Compost (2005) respecto a la CE, señala que los compost tipo A deben ser menor a 3 ds.m<sup>-1</sup> y los tipo B menor a 8 ds.m<sup>-1</sup>; por lo tanto el compost de residuos de jardinería estarían clasificados como de tipo A y el de pergamino de café tipo B. Resultados más bajos fueron obtenidos por Pierre et al. (2009) para los compost de pulpa y pergamino de café más estiércol de caprino, que encontraron promedios entre 2,31 a 2,86 ds.m<sup>-1</sup>. Barbaro *et al.* (2019) evaluaron diferentes compost para ser usados como sustratos, encontrando que la mayoría no tuvieron una CE elevada, hubo algunos que superaron 1 dS m<sup>-1</sup>, y podrían causar efectos nocivos en las plantas.

La CE es una variable importante, ella determina en el compost las altas concentraciones de sales que pueden inhibir la germinación de las semillas. Algunas materias primas usadas en el compost como los desechos urbanos, generan altos valores en CE en el compost (Rawat *et al.*, 2013). La conductividad eléctrica frecuentemente alta en los abonos; hay que tenerla en cuenta para evitar una posible salinización del suelo o problemas de toxicidad en las plantas debidos a la aplicación de altas cantidades de sales (Jaramillo, 2002).

**Tabla 5.** Características químicas del pH, conductividad eléctrica en ds.m-1 (CE), porcentajes de materia orgánica (%MO), carbono orgánico (%CO), nitrógeno total (NT) y la relación C/N de los diferentes compost.

Tratamientos a base de:	Variables cuantificadas					
	pH	CE	%MO	%CO	%NT	C/N
Bora	6,78 <sup>a</sup>	11,42 <sup>a</sup>	10,31 <sup>a</sup>	4,54 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	8,82 <sup>a</sup>
Pergamino de café	6,88 <sup>a</sup>	4,27 <sup>ab</sup>	9,97 <sup>a</sup>	4,39 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	8,80 <sup>a</sup>
Residuos de jardinería	6,67 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>	8,61 <sup>b</sup>	3,79 <sup>b</sup>	0,43 <sup>b</sup>	8,79 <sup>a</sup>
*Rango recomendado	5,0-8,5	<8	≥20	≥15	≥0,50	<20

En las columnas, medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente.

\*Norma Chilena de Compost 2880

### 2.3-Materia orgánica (MO)

Los porcentajes de materia orgánica (%MO) están señalados en el Tabla 5, entre los tratamientos de bora (*Eichhornia crassipes*) y pergamino de café según la prueba de Tukey, fueron similares estadísticamente con 10,31 y 9,37%, respectivamente y distintos de compost de residuos de jardinería; sin embargo, estos valores están por debajo de los rangos de calidad para un compost maduro. La Norma Chilena de Compost (2005) señala que esta variable debe ser superior a 20%. Los resultados obtenidos en esta investigación se ratifican con los obtenidos por Salazar (2014) con 9,66 para compost de estiércol de bovino y los de Figueroa (2014) para compost de pergamino y pulpa de café con 9,89; aunque, otros autores han encontrado valores superiores a 25% (Isaza-Arias *et al.*, 2009; Pierre *et al.*, 2009; Rawat *et al.*, 2013). Los valores de materia orgánica obtenidos en esta investigación fueron muy bajos, tal comportamiento pudo deberse a que los contenidos porcentuales iniciales eran bajos, por lo que durante el proceso se evidencia una pérdida de MO que afecta el producto final.

### 2.4-Carbono orgánico (CO)

Para el porcentaje de carbono orgánico (CO) se constató que los compost de bora y pergamino de café fueron similares estadísticamente, con 4,54% y 4,39% respectivamente y distintos del compost de residuos de jardinería. Los valores promedios obtenidos en esta investigación están por debajo de los recomendados por la NTC (2005) que señala un mínimo de 15%. De manera similar estos resultados están por debajo a los encontrados por otros autores, que obtuvieron porcentajes de CO superiores a 15% (Vento *et al.*, 2004; Ullé, 2009; Vásquez *et al.*, 2010).

### 2.5-Nitrógeno total (NT)

En la variable porcentaje de nitrógeno total (NT) se observó que los compost a base de bora y pergamino de café fueron similares estadísticamente con 0,52 y 0,50% respectivamente, siendo diferentes a compost de residuos de jardinería (0,43%). Los valores del compost de residuos de jardinería y pergamino de café están por debajo de lo que establece NTC (2005). Los bajos promedios pudo deberse a la pérdida del nitrógeno que ocurre durante el proceso de compostaje pese a que todos los tratamientos contenían la misma cantidad de estiércol bovino. Madrid *et al.* (2000) señalan que aunque la proporción de excreta animal utilizada como fuente de nitrógeno fue igual en todos los tratamientos, en las mezclas con pasto guinea se observó menor contenido de este elemento, lo cual indicaría mayor pérdida de nitrógeno en forma amoniacal respecto al pergamino de café. Rodríguez *et al.* (2004) realizaron un compost de bora reportando valores de nitrógeno de 1,54.

### 2.6-Relación C/N

La relación C/N se encuentra entre 8,79 y 8,82, siendo superior en el compost de residuos de jardinería. Comúnmente se recomienda una relación C/N < 20, como índice de madurez (Laos *et al.*, 2000). Para los compost de clase A, la relación C/N debe ser menor a 25, mientras que para los de clase B, la relación C/N menor a 30 (Norma Chilena de Compost, 2005). Pierre *et al.* (2009) constataron promedios superiores a estos, comprendidos entre 18 y 21 para compost de pergamino y pulpa de café. Defrieri *et al.* (2005) señalan que este valor de referencia tiene el gran inconveniente de la variabilidad de los materiales originales que forman los composts; además, su determinación analítica

puede presentar errores debido al proceso de secado y tamizado de las muestras en el laboratorio, que puede conducir a pérdida por volatilización de N, en forma amoniacal en los composts inmaduros. Estas consideraciones hacen que el grado de madurez de estos materiales no se pueda describir con base a una única variable, como la relación C/N, sino que la caracterización final del producto requiere de la combinación de esta variable con otras pruebas

analíticas complementarias.

### 3-Macro y micronutrientos

El análisis de varianza para los tenores de zinc y aluminio en los compost evaluados (Tabla 6) indica que hubo diferencias significativas por la prueba de F a 1% de probabilidad para los tenores de zinc; de manera similar para los tenores de P, K, Ca, Mg y hierro vía no paramétrica.

**Tabla 6.** Resumen del análisis de varianza de la variable zinc y aluminio de los diferentes compost.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios	
		Zn	Al
Compost	2	0,04**	0,02 <sup>ns</sup>
Residuo	9	0,03	0,04
Total	11		

GL: Grados de libertad. \*\*Significativo a 1% de probabilidad por la prueba de F; ns: no significativo

En la Tabla 7 se muestran los elementos presentes de P, K, Ca, Mg y Hierro, así como también para el Zn y Al en los diferentes tratamientos. Los tenores de P y el K presentaron diferencias estadísticas entre los tratamiento a base de bora (*Eichhornia crassipes*) y residuos de jardinería, siendo superior estos nutrimentos en el compost de bora, los menores valores de ambos elementos se detectaron en el compost a base de residuos de jardinería y difieren estadísticamente de compost a base de bora, mientras que para el pergamino se café fue similar a ambos compost. Los niveles de Ca y Mg el compost de bora y de residuos de jardinería presentaron idéntico comportamiento estadístico. Se constata que los valores de ambos elementos en los residuos de jardinería son los más elevados y distintos de los del compost a base de pergamino de café, mientras que los tenores de ambos elementos

químicos en el compost a base de bora son similares a los de los compost a base de pergamino y residuos de jardinería.

En relación a los micronutrientos, para el hierro se observó que los mayores tenores se presentaron en el compost a base de bora y los menores al de residuos de jardinería, ambos diferentes entre sí estadísticamente, mientras que los tenores de este metal, en el compost de pergamino de café fueron similares estadísticamente a los valores de los otros dos compost. Para el caso del zinc, el compost de bora presentó los valores más elevados, distinto estadísticamente a los obtenidos para los compost a base pergamino y residuos de jardinería, que fueron similares entre sí. No se detectaron diferencias estadísticas por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad para los tenores de aluminio en los tres compost evaluados.

**Tabla 7.** Tenores de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y de los micronutrientos hierro (Fe), zinc (Zn) expresados en mg.kg<sup>-1</sup> y aluminio (Al) en meq.100g<sup>-1</sup> en los diferentes compost elaborados.

Tratamientos a base de:	Tenores promedios en los compost						
	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Al
Bora	28,60 <sup>a</sup>	9375,25 <sup>a</sup>	4596,75 <sup>ab</sup>	5668,50 <sup>ab</sup>	54,47 <sup>a</sup>	34,37 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>
Pergamino de café	21,50 <sup>ab</sup>	7176,00 <sup>ab</sup>	2654,25 <sup>b</sup>	3817,50 <sup>b</sup>	33,34 <sup>ab</sup>	29,26 <sup>b</sup>	0,57 <sup>a</sup>
Residuos de jardinería	20,10 <sup>b</sup>	3735,25 <sup>b</sup>	6876,75 <sup>a</sup>	6499,75 <sup>a</sup>	7,86 <sup>b</sup>	30,26 <sup>b</sup>	0,58 <sup>a</sup>

Valores promedios en las columnas seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente.

Salazar (2014), reportó valores de K para el tipo de compost con estiércol bovino 9014,7mg. Kg<sup>-1</sup> cercanos al compost de bora, para Ca 5954,7 y Zinc 145 mg.kg<sup>-1</sup>, superiores a este estudio; mientras que Figueroa (2014) en compost de pergamino de café el K fue de 3287 mg.kg<sup>-1</sup>, este valor estuvo por debajo del compost de pergamino más estiércol bovino de esta investigación. Apaza-Condori et al. (2015), encontraron promedios superiores al de esta investigación evaluando un compost de hojas de coca más estiércol de vaca en Bolivia, y demostraron que los contenidos de nutrimentos se elevan en el compost al añadir a la mezcla algún activador biológico como yogurt, levadura o suero de leche.

Rodríguez *et al.* (2004), elaboraron un compost a base de bora reportando valores para porcentaje de fósforo de 0,55 y para K de 3,33%. En cuanto a los micronutrientes los datos obtenidos fueron para Fe y Zn de 1,20 y 0,018%, respectivamente. La Norma Chilena de Compost (2005) señala que para Zn las concentraciones máximas son de 200 mg/kg en base seca del compost. Las enmiendas orgánicas aportan nutrientes, por lo cual es necesario caracterizar la

riqueza de ellos en los componentes de las mezclas; además, aportan elementos como el fósforo, magnesio y potasio de suma importancia para las distintas funciones de las plantas (Rivero y Ullé, 2009).

#### 4-Reducción en el volumen de las pilas de compost

En la Tabla 8 se muestra la reducción del material compostado a los 60 días del proceso, siendo el tratamiento a base de residuos de jardinería el que obtuvo el mayor porcentaje con 74,07, seguido del compost de bora y con el menor %RV el compost de pergamino de café. Este último material era el más voluminoso al inicio del proceso, por ser menor la densidad los materiales iniciales.

Robles (2015) determino reducción en peso de residuos sólidos del orden de 66,9%. Al respecto Yáñez *et al.* (2007) señalan que la disminución del peso de los residuos está relacionada con la pérdida de humedad y la transformación de la materia por parte de microorganismos. La disminución de volumen depende de la naturaleza del sustrato y de los volteos que se realizan durante el proceso (Pacheco, 2009).

**Tabla 8.** Volumen inicial y final, reducción del volumen (RV) expresados en cm<sup>3</sup> y porcentaje de reducción del volumen del compost en los diferentes tratamientos.

Tratamientos a base de:	Volumen		RV	%RV
	Inicial	Final		
Bora	256.718,75	188.906,25	67.812,50	73,58
Pergamino de café	271.250,00	196.171,88	75.078,12	72,32
Residuos de jardinería	261.562,50	193.750,00	67.812,50	74,07

En atención a lo descrito, se puede puntualizar que existen diversas variables para caracterizar la estabilidad y la madurez de los compost finales: físicos como la densidad aparente, presencia de inertes; la identificación de químicos (pH, relación C/N, demanda química de oxígeno, carácter húmico de su materia orgánica, macro y micronutrientes) y biológicos (Tortosa, 2013).

Por ser un proceso dinámico, es necesario seguir investigando con otras proporciones de materias primas a fin de lograr mejores resultados según los estándares internacionales como las señaladas en la Norma Chilena de Compost (2005); así como otros métodos para la obtención de MO; CO y NT adecuados para este tipo de producto, que pudieron

influir en los valores obtenidos.

#### IV. CONCLUSIONES

En relación las características físicas y químicas del compost de pergamino de café, por su calidad y de acuerdo con la Norma Chilena 2880, le corresponde la clase A, resultando el más viable para su uso como sustrato o fertilizante.

El compost a base de pergamino de café presentó los valores más altos de porosidad total, porosidad de aireación y menor porcentaje de retención de agua. Todos los compost presentaron valores por debajo del límite máximo para la densidad aparente.

El pH, la conductividad eléctrica y la relación C/N en todos los compost estaban en el rango establecido;

aunque, el porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico, estuvieron por debajo de los valores óptimos.

El compost a base de bora presentó los promedios más elevados para macro y micronutrientes; siendo que los niveles de Zn están por debajo del límite máximo para este producto.

El porcentaje de conversión de residuos para los compost elaborados estuvo entre 72-74% del volumen inicial.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aubert, C. (1998). *El huerto biológico*. Edición Integral Barcelona. Recuperado de <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>
- Apaza-Condori E.E., Mamani-Pati F. y Sainz-Mendoza H. (2015). Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca. *J. Selva Andina Biosph.* 3(2):75-85.
- Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos. Recuperado de [https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf\\_000304.pdf](https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf).
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P. y Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia.* 35(2): 126-136.
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. Disertación de Doctorado.315p.
- Brechert, A. (2004). *Manejo ecológico del suelo. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL)*. Santiago de Chile, Chile. 28p.
- Burés, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Informe sobre la industria Hortícola. Extra: 70-78.
- Cabrera, R. (2002). Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. 2º Simposio Nacional de Horticultura. Memorias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 9 p. [Documento en línea]. Recuperado de <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhorto2/Ponencia06.pdf>.
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L. y Jiménez-Morales, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha*. Encuentro de Investigación y Extensión. pp. 25-32.
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. 2ª ed. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 393p.
- Chilón, E. (2010). Compostaje Alto Andino, suelo vivo y cambio climático. *J. Ciencia y Tecnología Agraria.* 2 (1): 221-227.
- Cova, H. (2008). Evaluación de siete (7) sustratos con y sin compost-bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), para la producción de plántulas de ají (*Capsicum chinense* Jacq), en condiciones de invernadero. Universidad de Oriente. Escuela de Agronomía. Núcleo Monagas. [Disertación de grado]. Monagas, Venezuela. 276p.
- COVENIN. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1979). *Fertilizantes. Métodos de determinación de potasio*. Norma 1141-79. Caracas, Venezuela. 10 p.
- COVENIN. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1981). *Fertilizantes. Método de determinación de zinc, cobre, hierro, manganeso, calcio y magnesio por absorción atómica*.1816-81. Fondo Norma. Caracas, Venezuela. 7 p.
- Crespo, M., González, D., Rodríguez, R., Ruiz, J. y Durán, N. (2018). Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 34 (3) 373-382.

- Da Silva, F. (1999). *Manejo de análisis químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. Ministerio de Agricultura e do Abastecimento. Brasilia, Brasil. 230p.
- Day M. y Shaw K. (2004). *Proceso bilógicos, químicos y físicos del compostaje*. En P. Stofella y B. Khan (Eds.). Utilización del compost en sistemas de cultivo hortícola. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 17-25.
- Defrieri, R., Jiménez, M., Effron, D. y Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *AGRISCIENTIA*. VOL. XXII (1): 25-31.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F.; Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2017). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Docampo, R. (2014). Guía de compostaje en pequeña escala. *Rev. INIA Uruguay*. (38): 46-49.
- Domínguez, A. (1997). *Tratado de fertilización*. 3<sup>ra</sup> ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 613p.
- Durán, L. y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 31(001): 41-51.
- Espinosa, Y., Obispo, N., Gil, J. y Malpica, L. (2017). *Abonos orgánicos. Manual para la toma de muestras, procedimientos para el análisis químico, biológico y cálculo para la tasa agronómica de aplicación*. INIA. CENIAP. Maracay, Venezuela. 65p.
- Fernández L, Rojas N, Roldán T, Ramírez M, Zegarra H, Hernández R, Reyes R, Hernández D. y Arce J. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 20 p.
- Ferreira, D., Dias, N., Ferreira, A., Vasconcelos, C., Sousa Junior, F., Porto, V., Fernandes, C. y Vásquez, M. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Rev. Colom. de Ciencias Hortícolas*. 12 (2): 464-474.
- Figuroa, F. (2014). Caracterización física, química y microbiológica de diferentes composts comercializados en el estado Monagas. Escuela de Zootecnia, Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela. 171p.
- Finck, A. (1988). *Fertilizantes y fertilización*. Reverte. Barcelona, España. 498p.
- Fitzpatrick, G. (2001). Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. In: Compost utilization in horticultural cropping systems. Florida, EE.UU. pp: 145-158.
- Isaza-Arias, G., Pérez-Méndez, M., Laines-Canepa, J. y Castañón-Nájera, G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y Ciencia*, 25(3):233-243.
- INAMEH. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 2009. Recuperado de: <http://www.inameh.gob.ve/>.
- Insam, H and De Bertoldi M. (2007). *Microbiology of de composting process*. Chapter 3. En Luis F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier and E. Stentiford (Eds.). Waste Management Series 8: Compost Science and Technology. Elsevier. Oxford, USA. Pp. 25-48.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. 619p.
- Jiménez, R. y Caballero, M. (1990). *El cultivo industrial de plantas en maceta*. Ediciones de Horticultura. Provincia de Tarragona. Reus, España. 256p.
- Labrador, J. (1996). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 173p.

- Laos, F., Mazzarino, M., Satti, P., Roselli, L., Moyano, S., Ruival, M. y Moller, L. (2000). Planta de compostaje de biosólidos: investigación y desarrollo en Bariloche, Argentina. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* (50): 86-89.
- Madrid, C., Quevedo, V. y Andrade, E. 2000. Estudio de la biotransformación aeróbica de los desechos lignocelulósicos pergamino de café (*Coffea arabica* L.) y tallos de pasto guinea (*Panicum maximum*). *Rev. Fac. Agron.* 17:505-517.
- Medina, M., Quintero, R., Espinosa, D., Alarcón, A., Etchervers, J., Trinidad, A. y Conde, F. (2017). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>.
- Moreno, J. y Moral, J. (2008). *Factores a considerar en la calidad del compost.* En Joaquín Moreno y Raúl Moral H. (Eds.). Compostaje. Mundi-Prensa. España. 570p.
- NMX-AA-67. Norma Mexicana. (1985). Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales. Determinación de la relación carbono/nitrógeno. Centro de Calidad. UNINET. México. 2p.
- NTC. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. (2004). Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas del suelo. NDC 5167. Colombia. 32p.
- NORMA CHILENA. (2005). Compost - clasificación y requisitos. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. INN. NCh2880. Santiago, Chile. 27 p.
- Oviedo-Ocaña, E., Marmolejo-Rebellon, L. y Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería Investigación y Tecnología.* 18 (1): 31-42.
- Pacheco, F. (2009). Evaluación de la eficacia de la aplicación de inóculos microbiales y de *Eisenia foetida* en el proceso de compostaje domestico de desechos urbanos. Universidad Pública de Navarra. [Disertación de Maestría]. España. 89p.
- Palomo, S. (2015). Proceso de compostaje utilizando una mezcla de ovicaprinaza, codornaza y material celulolítico. Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela.134p.
- Plaster, E. (2005). *La ciencia del suelo y su manejo.* Thomson. Madrid, España. 417p.
- Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A. y Companioni, N. (2002). *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana.* INIFAT. Ciudad de la Habana, Cuba. 65p.
- Pierre, F., Rosell, R., Quiroz, A. y Granda, Y. (2009). Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en Caspito, municipio Andrés Bello, Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro.* 21(2):105-110.
- Pire, R. y Pereira A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta Metodológica. *Bioagro,* 15 (1). Recuperado de <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev15%281%29/7.%20Propiedades%20of%20C3%ADsicas.pdf> Consultado: 04-10-19.
- Rawat, M., Ramanathan, Al. and Kuriakose, L. (2013). Characterization of Municipal Solid Waste Compost (MSWC) from Selected Indian Cities—A Case Study for Its Sustainable Utilization. *J. of Environmental Protection.* 4: 163-171. doi: /10.4236/jep.2013.42019.
- REAL DECRETO 824. (2005). *Productos fertilizantes.* BOE número 171. España.
- Rivas-Nichorzon, M., González, M., Belloso, G. y Silva-Acuña, R. (2017). Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (*Eichhornia crassipes*), residuos de café y de jardinería. *SABER.* 29: 358-366.
- Rivero, M. y Ullé, J. (2009). *Caracterización química del proceso de compostaje de estiércoles y residuos vegetales.* En: Ullé, J. (Eds). Informe Técnico 2009

- del Centro Regional Buenos Aires Norte. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina. Pp. 52-56.
- Robles, M. (2015). Evaluación de parámetros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad provincial de Leoncio Prado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. [Disertación de grado]. Tingo-María, Perú. 59p.
- Rodríguez, J., Marcano A. y Montañó, N. (2004). Caracterización química del composte NUTRIBORA y su uso combinado con un fertilizante comercial en el cultivo de tomate. *INTERCIENCIA*. 29(5): 267-273.
- Salazar, M. (2014). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el proceso de compostaje y composts finales, elaborados con diferentes estiércoles. Escuela de Zootecnia, Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente. [Disertación de grado]. Venezuela. 171p.
- Sztern, L y Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de Salud (OPS). Uruguay. 69p.
- Thompson, L. y Troech, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. 4<sup>ta</sup> ed. Reverté, S. A. Madrid, España. pp: 89-112.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill. Madrid, España. 521p.
- Tortosa, G. (2013). Calidad del compost. Recuperado de <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>. Consultado: 04-10-19.
- Ullé, J. (2009). Determinación de temperaturas máximas, en pilas de compost de aireación estática a partir de estiércoles en mezclas con residuos vegetales. Pp.64-66. En: Ullé, J. (Ed). Informe técnico 2009 del Centro Regional de Buenos Aires. Proyecto regional. Desarrollo y difusión de tecnología para la producción ecológica. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias. Buenos Aires. 263p.
- Velásquez, J. (1994). Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 992p.
- Vento, M. (2000). Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad. Universidad de Camagüey. Instituto de Suelo, Cuba. Master en Fertilidad de Suelos. Camaguey. 55p.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil. Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Sci*. 63:251-263.

# Diagnóstico de la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la Provincia de El Oro

Brian, Mocha-Cuenca<sup>1</sup>

## Resumen

El Virus del rayado del Banano (BSV) perteneciente al Género Badnavirus, causa grandes pérdidas en el rendimiento productivo de las bananeras, es un agente infeccioso que se disemina por medio de la siembra de material infectado y a través de las cochinillas *Pseudococcidae*, es responsable de importantes pérdidas en la rentabilidad y un grave inconveniente en el mejoramiento genético de *Musa sp.* La ausencia de una técnica altamente sensible y específica para identificar las plantas afectadas, ha posibilitado que el virus del rayado del banano esté diseminándose en las plantaciones. Por lo tanto, para lograr una correcta identificación de las plantas afectadas por el Virus del Rayado del Banano, se planteó el siguiente objetivo: Diagnosticar la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro. Los extractos totales de ácidos nucleicos de banano fueron obtenidos con CTAB al 2% con el cual se obtiene un ADN molde apropiado para el análisis de Reacción en cadena de la Polimerasa. Utilizando un par de primers que flanquean una región de 221 pb que corresponde al gen de la transcriptasa inversa y RNasa H del ORF 3 de los badnavirus. Con el uso de esta metodología fue posible determinar la existencia de este virus en el 89.36% de las plantaciones evaluadas, en la Provincia de El Oro.

**Palabras clave:** Badnavirus, Diagnóstico, extracción de ADN, CTAB, PCR, primers.

## Diagnosis of the presence of Badnavirus in banana plantations in the Province of El Oro

### Abstract

Banana Streak Virus (BSV), belonging to genus Badnavirus, causes great yield losses in banana. It is an infectious agent that spreads through the seeding of infected material and through mealybugs (*Pseudococcidae*). It is responsible for significant losses in profitability and a serious constraint in the genetic improvement of *Musa sp.* The absence of a highly sensitive and specific technique to identify the affected plants has enabled it to be disseminated in the plantations. Therefore, to achieve a correct identification of the plants affected by Badnavirus the following objective was proposed: Diagnose the presence of Badnavirus in the banana plantations of the province of El Oro. Total Nucleic Acid Extracts of banana were obtained with 2% CTAB with which a suitable template DNA was obtained for the analysis of the polymerase chain reaction. Using a pair of primers that flank a region of 221 bp that corresponds to the gene of the reverse transcriptase and RNase H of the ORF 3 of the badnaviruses. With the use of this methodology, it was possible to determine the existence of this virus in 89.36% of the plantations evaluated.

**Keywords:** Badnavirus, Diagnostic, DNA extraction, CTAB, PCR, primers.

**Recibido:** 8 de julio de 2019  
**Aceptado:** 30 de octubre de 2019

<sup>1</sup> MSc Biotecnología; Docente de la Universidad Técnica de Machala- Ecuador; Especialista en nutrición y manejo del sistema radicular de los cultivos; bmocha@utmachala.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

El banano es un cultivo de gran importancia económica para nuestra provincia, ya que representa su principal actividad agrícola y es una importante fuente de ingreso económico para los pequeños y grandes productores, y la principal para las familias que trabajan en las fincas donde se produce.

En el Ecuador se cultivan alrededor de 200000 Ha de banano, el mismo que es atacado por una variedad de plagas y enfermedades, entre las cuales se encuentra la causada por el Virus del rayado del Banano, el cual es el virus de mayor importancia económica presente en las plantaciones de nuestro país.

La importancia de dar a conocer el peligro que representa este virus radica en que este es un virus que puede llegar a ocasionar la pérdida de la productividad del cultivo entre el 7 y el 90% y se transmite primordialmente de forma vegetativa al 100 % de la progenie y por medio de las cochinillas, puesto que esta es la principal manera de propagación de banano y las cochinillas un insecto que se encuentra comúnmente en las bananeras lo convierte en una gran amenaza para industria bananera de nuestra provincia.

Para Kumar (2014) El Virus del rayado del banano es un Pararetrovirus perteneciente a Género Badnavirus de la Familia Caulimoviridae. Las partículas virales son baciliformes, de 120-150\*30 nm de tamaño, poseen un ADN circular no covalentemente cerrado de doble cadena de aproximadamente 7.2 a 7.8 Kpb de longitud que usa una transcriptasa inversa codificada por el virus para replicarse,

Por otro lado King (2012) dice que el genoma contiene tres marcos de lectura abierta ORFs. La función de la proteína P1 es desconocida, P2 es la proteína asociada al virión y P3 es una poliproteína, con proteína de movimiento, proteína de cápside, proteasa apartica y transcriptasa inversa /Rnasa H1, es ese orden.

Mientras que Geering et al (2001) analizaron la distribución y estructura del ADN de BSV integrado en un rango de cultivares de *Musa* y sus resultados mostraron fuerte evidencia de que las secuencias integradas de BSV-OL están asociadas con el genoma B de las *Musa cultivadas*. Ellos no fueron capaces de detectar BSV-OL en un rango de cultivares del grupo

AAA, así como en Calcuta 4.

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras fueron recogidas en 47 fincas de los cantones Machala, Pasaje, El Guabo, Santa Rosa y Arenillas, donde se produce banano en la provincia de El Oro. Para el muestreo las fincas fueron clasificadas como Tecnificadas, Semitecnificadas y No Tecnificadas.

Las muestras de hojas fueron tomadas de plantas que mostraban síntomas de BSV, tal como los descritos por Diekmann y Putter (1996) y por Daniells et al. (1999). La muestra correspondió a una parte de la hoja que mostraba síntomas de rayado clorótico, de aproximadamente 30 x 40 cm.

### Embalaje de la muestra.

Las muestras fueron envueltas en papel periódico humedecido y colocadas dentro de una funda plástica como lo recomendado por Thomas, Caruana y Jones (1994). Luego estas muestras fueron guardadas a -200C y examinadas posteriormente.

### EXTRACCIÓN DE ADN

Se realizó la extracción de ADN con el método descrito por Zhang (1998) que se resume:

- Buffer CTAB (2 % CTAB, 20 mM EDTA, 100 mM Tris-HCl pH 8.0, 0.2 % mercaptoetanol).
- Se tomó aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> de tejido foliar y se lo introdujo en un microtubo de 1.5 mL.
- Se agregó N<sub>2</sub> líquido hasta cubrir la muestra y se maceró directamente en el tubo hasta que se consumió el nitrógeno, en los casos que fue necesario se volvió a agregar nitrógeno a la muestra.
- Se agregó 800  $\mu$ L a los tejidos macerados y se mezcló en un vortex.
- La mezcla entera fue mantenida a 60°C por 20 min. Durante la incubación la mezcla fue puesta en el vortex varias veces.
- Después de la incubación se agregó 600  $\mu$ L la mezcla cloroformo:alcohol isoamilico (24:1) helado, se agitó vigorosamente la mezcla en un vortex, y se

- centrifugó a 13000 rpm por 5 min.
- Se transfirió 400 uL isopropanol helado y se colocó la mezcla en hielo durante 10 min.
- Se centrifugó a velocidad máxima por 8 min y se descartó la fase acuosa.
- Se enjuagó el pellet con etanol al 80%, se dejó secar al ambiente y luego se resuspendió en 50- 100 uL de agua ultrapura o en TE. Esta preparación fue usada para PCR.

mM), 4 uL de dNTPs, 0,2 uL de Taq polimerasa, más la mezcla de los iniciadores y el ADN en un volumen final de 50 uL.

El programa de PCR utilizado fue el siguiente:

1 ciclo	94 °C por 7 min
3 ciclos	94 °C por 30 seg 50 °C por 30 seg 72 °C por 1 min
37 ciclos	94 °C por 30 seg 55 °C por 30 seg 72 °C por 1 min
1 ciclo	72 °C por 7 min 10 oC por □

**REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR).**

Iniciadores basados sobre secuencias conservadas de la transcriptasa inversa de ScBV y BSV (Braithwaite, 1995) fueron utilizados

**Primer ScBV F5**

5' TCA AAG TTT GAT TTG AAG AGC GGG 3'

**Primer ScBV R5**

5' CTC CGA GAA AAC CAA TAT GTC ATC 3'

La PCR fue realizada, de acuerdo a las indicaciones del autor Braithwaite (1995). El ADN más los iniciadores fueron hervidos por 5 min en un microtubo de 1.5 ml, en total 3 uL fueron colocados en cada tubo por muestra, y luego enfriados sobre hielo, en seguida se centrifugaron y 3 uL del volumen final fueron puestos en el tubo de PCR, el mix de PCR contenía 5 uL de Buffer (10 x), 8 uL del Cl<sub>2</sub>Mg (25

Los productos de la PCR fueron separados en un gel de agarosa de 1,5 % de concentración teñido con 0.8 uL de Bromuro de Etidio (15 mg/ml).

**III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las muestras comprendieron los principales clones que son cultivados en la provincia, como son los del subgrupo Cavendish, entre ellos Cavendish gigante, Cavendish enano y Valery, en menor número Filipino y Grand nain, todos estos pertenecientes al grupo genómico AAA.

**Cuadro 1.-** Detalles acerca del número y nivel de tecnificación de las fincas visitadas en cada cantón

Nivel de Tecnificación	Machala	Pasaje	El Guabo	Santa Rosa	Arenillas	Total
Tecnificadas	4	7	6	1	1	19
Semitecnificadas	7	2	0	3	0	12
No-tecnificadas	11	2	0	1	2	16
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>47</b>

Los síntomas observados en el muestreo oscilaron desde leves a severos con rayas cloróticas, vainas foliares exteriores partidas y distorsión general de la filotaxia siendo los vistos con mayor frecuencia, seguidos por rayado necrótico, rayas color marrón, hoja cigarro necrótica, líneas anchas de color

amarillo a lo largo de la hoja, también se observó otros síntomas como rayado clorótico-necrótico, margen púrpura de las hojas, manchas color café en el peciolo, tejido necrótico en la sección transversal del pseudotallo, pecíolos partidos, hipertrofia de las nervaduras secundarias, racimo deforme y puntas de las hojas arrugadas.



Figura 1. Síntomas característicos de las plantas muestreadas, en a se observa una alteración de la filotaxia, en b y en c un rayado clorótico discontinuo, las tres sobre una planta de Grand nain.

#### Extracción de ADN

Con este protocolo se realizó la extracción de ADN de todas las muestras y se observó una cantidad

y calidad de ADN apropiadas para el análisis por PCR como se muestra en las figuras 2. Los análisis de PCR fueron realizados a partir de las extracciones de ADN realizadas con este protocolo.

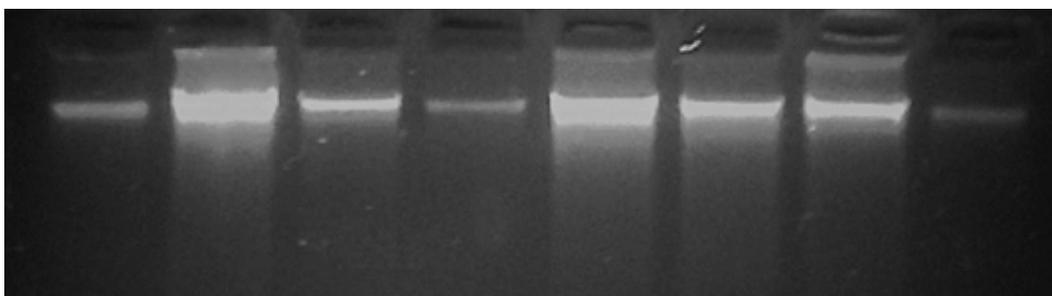
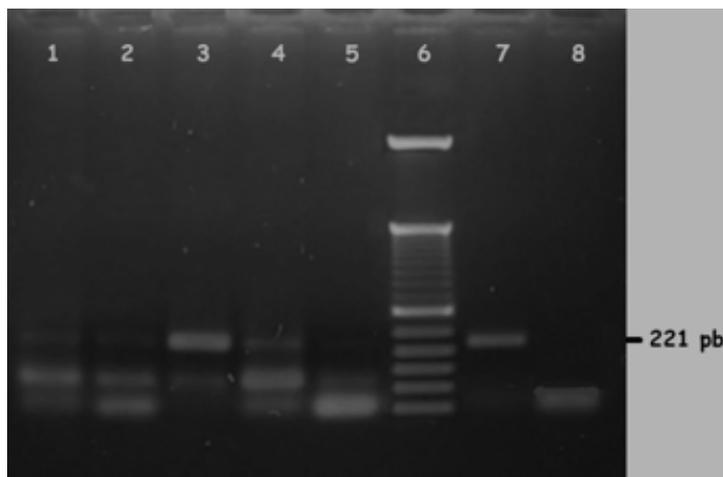


Figura 2. Migración de los extractos totales de ácidos nucleicos teñidos con bromuro de etidio (BE) de varias muestras de banano (*Musa sapientum*,) extraídos con el protocolo de Zhang (1998), sobre un gel de agarosa de 1.5%, luego de un tratamiento con RNAsa.

PCR con los iniciadores de Braithwaite, ScBV F5 y ScBV R5, utilizando las recomendaciones delineadas por el mismo autor, luego de la extracción de ADN utilizando el protocolo de Zhang, dio como resultado

la amplificación del fragmento de ADN esperado correspondiente al gen de la Transcriptasa inversa del ORF III del genoma del virus de 221 pb, como se muestra en la fig. 3



**Figura 3.** Foto de un gel de electroforesis de 1.5 % de agarosa en el que se muestra la migración de los amplicones de una PCR con los iniciadores ScBV F5 y ScBV R5, y el fragmento de amplificación esperado de 221 pares de bases de 5 muestras de Banano *Musa sp* AAA, pozos 1 a 5, 6) Marcador de peso molecular de 50 pb, 7) control positivo, 8) control negativo.

En resumen se pudo confirmar que de 103 muestras colectadas en el campo, correspondientes a plantas que mostraban síntomas de estar infectadas por BSV, solo 72 dieron resultados positivos a la infección por un Badnavirus (BSV o ScBV) lo cual representa el 69.9% del total. De las 47 fincas visitadas en la zona bananera de la provincia de El Oro se encontró la presencia de Badnavirus en 42 de estas lo que representa el 89,36% del número total de fincas, como se aprecia en el cuadro 2, de las cuales 19 eran tecnificadas, 12 semitecnificadas y 16 no tecnificadas.

**Cuadro 2.-** Resultados epidemiológicos de BSV, de las muestras colectadas en la provincia de El Oro, luego de realizada la PCR.

	Número	Positivo	Negativo
<b>Fincas</b>	47	89,36%	10,64%
<b>Muestras</b>	103	69,90%	30,10%

En el cuadro 3 se ha resumido una lista de los síntomas encontrados con mayor frecuencia en las plantas que resultaron positivas a una infección por BSV luego de realizados los análisis de PCR.

**Cuadro 3.-** Síntomas encontrados con más frecuencia sobre plantas que dieron resultados positivos a la infección por un Badnavirus.

Síntoma	Frecuencia
Rayado clorótico	56
Distorsión general de la filotaxia	28
Vainas del pseudotallo partidas	27
Rayado color café del pseudopeciolo	13
Rayas color marrón	13
Rayado necrótico	11
Hoja cigarro necrótica	6
Hojas Arrugadas	6
Líneas amarillas anchas a lo largo de la nervadura central	4
Manchas necróticas	3
Tejido necrótico en la sección transversal	3
Rayado clorótico-necrótico	2

En el presente estudio hemos diagnosticado la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro, utilizando como método la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) realizada a partir de extractos

totales de ácidos nucleicos descrita por Ferreira (1998); Curtis (2001); Lodish, (2002) y Naidu (2000). También confirmamos reportes anteriores de la presencia de BSV en Ecuador, por medio de la Biología Molecular.

Los síntomas observados sobre las plantas muestreadas fueron muy variables como se puede observar en el cuadro 3, pero se enmarcaron dentro de los descritos por los autores citados Lockhart(1993); Lockhart (1995); Diekmann (1996); Daniells (1999); Jones (2000); Harper (2002).

Aunque existe evidencia de la presencia de sustancias inhibitoras de la PCR cuando esta se realiza a partir de purificaciones de ADN no apropiadas para este proceso Li(1994); Lockhart, (1995), en esta investigación hemos sido capaces de superar este inconveniente, y otro, que es la utilización de tediosos y largos procesos de purificación de ADN, con el uso del procedimiento de Zhang (1998). Lo primero es demostrado por la consistente amplificación del fragmento de ADN esperado y lo segundo por el corto tiempo utilizado en la extracción de ADN de cada muestra.

En tanto que la integración del genoma de BSV en el genoma de *Musa* ha sido publicada por Harper(1999); Ndwora (1999); Geering (2001), el hecho de que en este estudio utilizáramos iniciadores para ScBV y no para la cepa integrada, y no existan reportes de ScBV integrado en el genoma de *Musa*, más lo demostrado, de que la forma integrada completa está en el genoma B y este se encuentre ausente de los clones del subgrupo Cavendish, el cual es el que se cultiva en nuestra provincia, la no-amplificación del control negativo y la existencia de muestras negativas es evidencia de que no estamos amplificando secuencias integradas en el genoma A de *Musa*.

Ya que el origen de los bananos cultivados en El Oro es muy diverso, y la propagación clonal es un factor muy importante en la diseminación de la enfermedad, sumado a que es un cultivo que ha estado establecido durante más de 60 años, entonces, surge la posibilidad de que se encuentren numerosos aislados de BSV infectando banano y que al igual que en Uganda Harper, (1998) la variabilidad genética sea muy grande, lo cual impida que seamos capaces de detectar todos las cepas.

Por otro lado, ya ha sido mencionada la capacidad que tiene ScBV de infectar banano a través de las cochinillas *Planococcus citri* y *Saccharicoccus sacchari* (Diekmann et al 1996; Lockhart et al 1999; Lockhart, 1998), lo cual hay que tener muy en cuenta ya que a menudo se puede encontrar plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en los linderos y en pequeñas huertas dentro de las bananeras en El Oro, y el hecho de que se ha demostrado que está universalmente infectada con ScBV y es hospedera de la cochinilla rosada de la caña de azúcar (*Saccharicoccus sacchari*)(Jones et al 2000) la convierte en una potencial fuente de inóculo para banano, lo mismo ocurre con el plátano ya que este tiene integrado el genoma de BSV y bajo ciertas condiciones de stress este podría manifestarse, convirtiéndolo también en una fuente de inóculo.

Asimismo se ha indicado que las cochinillas vectores de Badnavirus incluyen especies de *Pseudococcus*, *Planococcus*, *Planococcoides*, *Ferrisia*, *Saccharicoccus* y *Dysmicoccus* (Lockhart, 1995) y de acuerdo al estudio realizado por Armijos y Silva (2004) especies de los géneros *Dysmicoccus* y *Pseudococcus* son encontradas en las bananeras del Ecuador, y con la observación hecha en nuestro País, de que estas son llevadas por hormigas (Jones et al 2000), aumenta el riesgo de un brote de BSV, entonces el verdadero rol que juegan las cochinillas y las hormigas en la diseminación de BSV en una plantación de Banano en el Ecuador debe ser establecido.

Para poder lograr un diagnóstico confiable de Badnavirus en las bananeras del Ecuador es necesario, como lo mencionado por Lockhart (1995), tener la capacidad de detectar todos los aislados existentes en el campo, y para llegar a hacerlo se necesita realizar una caracterización genómica de los aislados presentes en las plantaciones bananeras, para de esta forma poder tener un conocimiento de la variabilidad genética de BSV en el Ecuador y constatar si la variabilidad genética presente en Uganda ocurre también en otras partes..

#### IV. CONCLUSIONES

En base al análisis genético molecular realizado en este estudio se concluye que:

La enfermedad del rayado del banano, causada por un Badnavirus, se encuentra presente en las

bananeras de la provincia de El Oro.

Y por lo tanto se recomienda:

- No cultivar caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), junto con banano, ya que esta podría ser fuente de inóculo de ScBV.
- No cultivar plátano (*Musa* AAB), o algún otro híbrido con constitución genómica B, en estrecha proximidad con banano, ya que bajo ciertas condiciones de stress estas plantas podrían convertirse en fuente de inóculo de BSV.
- Eliminar aquellas plantas que muestren síntomas de estar infectadas con BSV, y las plantas sin síntomas que las rodean.
- En caso de realizar una plantación a partir de plantas obtenidas por cultivo de meristemas, estas deben estar certificadas como libres de enfermedades virales, de cualquier tipo que sean.
- Para la realización de las resiembras, se recomienda que el material a utilizarse sea obtenido de un lote que no haya manifestado síntomas de enfermedad por un lapso de al menos dos años.
- Hay que realizar un buen control de las poblaciones de cochinillas Homoptera: *Pseudococcidae*, ya que estas son el vector de la enfermedad.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. Mexico: Limusa.

Armijos, M. (2004). *Ciclo de vida de los piojos harinosos (cochinillas harinosas) del Banano y plátano en el Ecuador*. Guayaquil: inIAP-PROMSA.

Braithwaite, K. E. (1995). Detection of sugarcane bacilliform virus using the polymerase chain reaction. *Plant Disease*.

Caruana, m. L. (1998). *Activities of CIRAD virus indexing centre*. Montpellier: INIBAP.

Curtis, H. B. (2001). *Biología (6 ed.)*. España: Medica Panamericana.

Dahal, G. O. (2000). Relationship between natural occurrence of banana streak virus and symptom

expression, relative concentration of viral antigen, and yield characteristics of some micropropagated *Musa* spp. *Plant Pathology*, Vol. 49.

Dahal, G. P. (1998). Studies on a Nigerian isolate of banana streak badnavirus: Effect of intraplantar variation on virus accumulation and reliability of diagnosis by ELISA. *Ann. Appl. Biol*, Vol. 132.

Daniells, J. G. (2001). The effect of banana streak virus on the growth and yield of dessert bananas in tropical Australia. *Ann. Appl. Biol.*, Vol. 139.

Daniells, J. T. (1999). *Banana streak disease. An illustrated field guide*. Australia: : Department of primary industries.

Diekmann, M. (1996). *Technical guidelines for the safe movement of germplasm (2 ed.)*. Rome: IPGRI, Ed.

Dietzgen, R. T. (1999). PCR-based detection of viruses in banana and sugarcane. *Current topics in Virology*, Vol. 1.

Ferreira, M. (1998). *Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético*. Brasilia: EMBRAPA.

Frison, E. S. (1998). *The economic, social and nutritional importance of banana in the world*. Cameroon.

Garcia, M. R. (2012). *Viral Genomes - Molecular Structure, Diversity, Gene Expression Mechanisms and Host-Virus Interactions*. . InTech.

Harper, G. H. (1998). Cloning and sequence analysis of banana Streak Virus DNA. . *Virus Genes*, Vol. 17.

Harper, G. H. (2002). Detection of banana streak virus in field samples from Uganda. . *Ann. Appl. Biol.*, Vol. 141.

Harper, G. H. (2002). Detection of banana streak virus in field samples from Uganda. . *Ann. Appl. Biol.*, Vol. 141.

Harper, G. H. (2004). Banana streak virus is very diverse in Uganda. *Virus Research*, Vol. 100.

- Harper, G. O.-H. (1999). Integration of Banana streak virus into the Musa genome: Molecular and cytogenetic evidence. . *Virology*, Vol. 255.
- Hernandez, P. A. (2011). *Polymerase Chain Reaction: Types, Utilities and Limitations*. Intechopen, Ed.
- Jones, D. (2000). *Diseases of Banana, Abaca and Enset (Vols. Introduction toof Banana, Abaca and Enset)*. Worcestershire: C. publishing, Ed.
- Jones, D. (2000). *Diseases caused by viruses. Banana streak*. Worcestershire: CABI publishing.
- Khumallambam, D. K. (2013). *An efficient protocol for total DNA extraction from the members of order Zingiberales- suitable for diverse PCR based downstream applications*. Springer.
- King, A. A. (2012). *Virus taxonomy: Ninth report of the International Commitee on taxonomy of viruses*. New York: Elsevier.
- Kumar, L. S. (2014). *Biology, Etiology, and Control of Virus Diseases of Banana and Plantain*. . Elsevier.
- Lassoudière. (1979).
- Li, Q. C. (1994). A DNA extraction method for RAPD analysis from plants rich in soluble polysacharides. *Plant Molecular Biology*., Vol. 123.
- Lockhart, B. (1993). *Serological and genomic heterogeity of banana streak badnavirus: implications for virus detections in Musa germplasm*. . Montpellier: CIRAD- FLHOR.
- Lockhart, B. (1995). *Banana streak badnavirus infection in Musa: Epidemiology, diagnosis and control*. Taipei: F. a. Technology, Ed.
- Lockhart, B. (1998). *Management of viral streak in banana and plantain: Understanding a new challenge*. Davao: (INIBAP, Ed.
- Lockhart, B. (1999). *Badnaviruses*.
- Lodish, H. B. (2002). . (). *Biología celular y molecular (4 ed.)*. España: Editorial Medica Panamericana.
- Muylle, H. (1998). *Development of techniques for the elimination of virus diseases from Musa: Progress Report*. . Montpellier: INIBAP.
- Naidu, R. H. (2000). Methods for the detection of plant virus diseases. *Plant virology in sub-Saharan Africa*.
- Ndowora, T. D. (1999). Evidence that badnavirus infection in Musa can originate from integrated pararetroviral sequences. *Virology*, Vol. 255.
- Pulimamidi, R. N. (2012). *Gel-Electrophoresis and Its Applications*. Hyderabad: Intechopen, Ed.
- Zhang, Y. U. (1998). A small-scale procedure for extracting nucleic acids from woody plants infected with various phytopathogens for PCR assay. *Journal of Virological Methods*., Vol. 71.

# Decisiones empresariales de productividad y reajuste ante la crisis argentina 2018-2019. Caso GRIMOLDI.

Luis, Peñafiel-Chang<sup>1</sup>

## Resumen

El presente estudio de caso de la empresa argentina Grimoldi busca identificar los factores, efectos y causas a las decisiones de reestructuración al que se expone para hacer frente a la crisis cambiaria y económica. Para la generación de la investigación se utilizó el estudio de los estados contables, anuncios de prensa, entrevistas en profundidad a analistas económicos, representantes sindicales, delegados de los comités de empresa y empleados afectados. Se encuentra que a causas económicas que afecto significativamente el consumo de bienes como el calzado y la indumentaria, la empresa se vio forzada a tomar la difícil decisión de reducir su estructura en pos de garantizar la viabilidad económica de la empresa. Ante la fuerte disminución de trabajo no imputable a la compañía y teniendo en cuenta que la reestructuración de la fuerza laboral afectaría a más de 10% de la dotación, se inició un Procedimiento Preventivo de Crisis (PPC) con el objetivo de consensuar con los gremios involucrados un plan de adecuación al contexto macroeconómico. Los shocks económicos y cambiario en la argentina y su impacto en la empresa Grimoldi ofrece un claro ejemplo de aprendizaje de estrategias empresarial, sindical y político.

**Palabras clave:** Empresas, finanzas, deuda, reestructuración, crisis, estrategias, procedimiento preventivo de crisis.

## Business decisions of productivity and readjustment to the Argentine crisis 2018-2019. GRIMOLDI case

## Abstract

The present case study of the Argentine company Grimoldi seeks to identify the factors, effects and causes of the restructuring decisions to which it is exposed to face the exchange and economic crisis. The study of the financial statements, press announcements, in-depth interviews with economic analysts, union representatives, delegates of the company committees and affected employees was used to generate this research. It is found that for economic reasons which significantly affected the consumption of goods such as footwear and clothing, the company was forced to make the difficult decision to reduce its structure in order to guarantee the economic viability of the company. Given the sharp decrease in labour not attributable to the company and taking into account that the restructuring of the workforce would affect more than 10% of the endowment, a Crisis Preventive Procedure (CPP) was initiated with the objective of agreeing with the unions involved a plan of adaptation to the macroeconomic context. The economic and exchange shocks in Argentina and its impact on the company Grimoldi offers a clear example of learning business, union and political strategies.

**Keywords:** Business, finance, debt, restructuring, crisis, strategies, crisis prevention procedure.

**Recibido:** 27 de septiembre de 2019

**Aceptado:** 23 de diciembre de 2019

<sup>1</sup> Doctorado en Economía; Investigador Independiente; Pontificia Universidad Católica Argentina - Banco Central del Ecuador; lueduardo1994@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5571-3978>

## I. INTRODUCCIÓN

Las políticas de estado, el engrandecimiento de la competitividad y la crisis global evoca a desarrollar y crear nuevas orientaciones empresariales tanto de los oferentes de bienes y servicio como de aquellos que prestan sus servicios profesionales buscando fórmulas para comprometer a las empresas y sus objetivos vinculando el aumento de la productividad (Velásquez, 2009).

Durante la última década 2004-2014 América Latina ha disfrutado de precios altos en sus commodities permitiendo un extraordinario crecimiento económico (Cepal, 2016), la región en conjunto ha experimentado un periodo de progreso, a nivel mundial se los destacó de ser las nuevas estrellas de los países emergentes creciendo a una tasa en promedio regional del 4% por año (Ffrench-Davis, 2017).

Sin embargo, (Ronconi *et al.*, 2010; Svampa, 2013; Curcio and Vilker, 2014) muestran que el ciclo de los commodities es decir materias primas tuvo sus picos más altos durante 2011 y el 2012, a partir de los posteriores años la situación para la región no fue tan favorable, siendo así que, (Steinberg and Elcano, 2016) anuncia que los países que no supieron manejar las finanzas públicas y no mantuvieron estructuras económicas sustentables actualmente atraviesan coyunturas económicas y sociales.

Es evidente que la realidad que encontramos a finales del boom de materias primas es radicalmente diferente a la de sus inicios (Silva, Noyola and Kan, 2019), sumado a esto tenemos una interrupción en el acceso al crédito local e internacional, la recesión doméstica e internacional, la agudización de la competencia han sido factores que en el caso de Argentina han impactado fuertemente en la economía y en las empresas (Carciofi, 2019).

Según (Peachin, 2012; Soul *et al.*, 2012; Patiño, 2014; Dini and Stumpo, 2018; Ferraro and Rojo, 2018; Laitón, Yadira and López, 2018) coinciden en que las pequeñas y medianas empresas es decir las Pymes, representan en América Latina una fuerza económica crucial, debido a que constituyen al menos tres cuartas partes del tejido empresarial y generan alrededor de la mitad de los empleos formales.

Ante los impactos de las fluctuaciones económicas de un país en una empresa líder de su sector, la implementación del Procedimiento Preventivo de

Crisis (PPC) de Grimoldi S.A en Argentina ofrece una magnífica oportunidad de estudiar las decisiones empresariales y sus impactos en la organización. El procedimiento presentado ante el ministerio de trabajo consiste en una política de racionalización y reestructuración de la empresa que por un extendido periodo de tiempo no había realizado, esta pericia de superación de competitividad vuelve hacerse de forma intensa desde la fuerte crisis del 2001.

La investigación se realizó a través del estudio de los estados contables, anuncios de prensa, entrevistas en profundidad a analistas económicos, representantes sindicales, delegados de los comités de empresa y empleados afectados (Burdisso and Sangiácomo, 2015). Este periodo coincidió con la declaración de default de un día del gobierno argentino y la devaluación abrupta del tipo de cambio. A pesar de ello, este jadeante escenario no ha interrumpido la estrategia de implementación del procedimiento en la empresa.

Grimoldi es una de las pocas empresas nacionales de más de 100 años que han sobrevivido los distintos vaivenes macroeconómicos del país y se mantiene en manos locales. La empresa ha implementado un proyecto de merma de costes con recortes en las plantillas de trabajadores y una reestructura de deuda. Este programa que adopta el nombre de Procedimiento Preventivo de Crisis (PPC) pesquisa la contribución activa de todos los trabajadores en la determinación viable de ahorro en todas las áreas de producción y gestión (Varela, 2014).

De la siguiente manera este estudio se estructura: i) repaso y análisis de la evolución macroeconómica de la Argentina y de la industria al cual Grimoldi pertenece. Posteriormente ii) se presenta las condiciones, problemas y reacciones de la empresa junto con la implementación del Procedimiento Preventivo de Crisis (PPC). Luego se resume los resultados más destacados del diagnóstico financiero e organizacional comparativo, haciendo tenacidad en la participación de los trabajadores y en la implicación de agentes políticos. Finalmente, iii) se concluye con un designio de unificar potenciales de progreso para la empresa, la administración y los sindicatos.

## II. DESARROLLO

El escenario mundial junto a las problemáticas interna hace que Argentina haya registrado datos

macroeconómicos que reflejen la desmejora del producto interno bruto, la inversión, el empleo, la exportaciones, incremento de la deuda y el desplome del consumo doméstico y todas estas condiciones hacen que las variables centrales como la formación productiva y financiera se deterioren (Banco Mundial, 2018). Complementario a esto, la política monetaria fija tasas superiores al 40% a partir de mayo de 2018, y a la fecha se aproximan al 70%, al mismo tiempo la colisión financiera que causó la devaluación de la moneda local durante enero 2018 donde el dólar cotizaba a veinte pesos ya en marzo de 2019 el tipo de cambio voló a cuarenta y tres pesos, lo que representa un incremento agresivo del 115% (Indec, 2019).

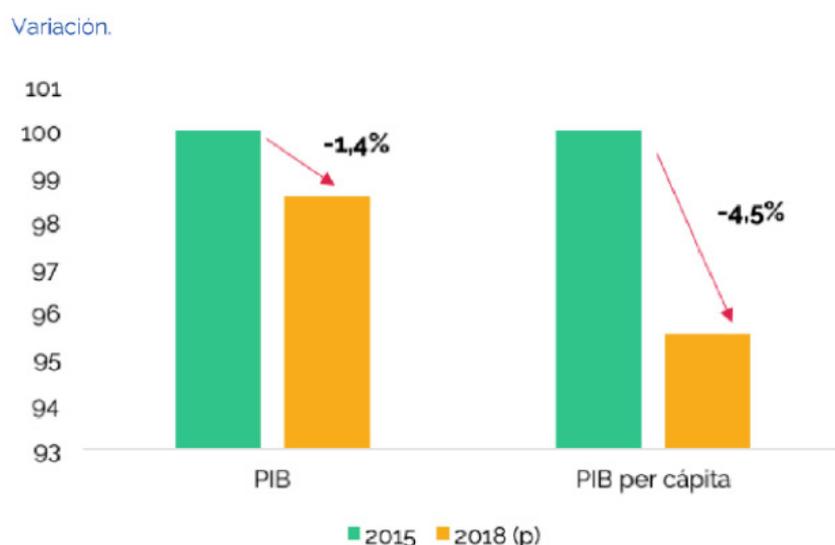
Según (Neves and Marins, 2013) y (Alexandre, Silva and Cotrim, 2017) escenarios como estos habilitan el ajuste por inflación en los balances teniendo un impacto directo y deteriorando los indicadores financieros de las compañías. Del mismo modo, estos mismos altos índices inflacionarios que viene acumulando la economía argentina por el incremento de la deuda destinado a contención social y no de estado productivas sumando a las políticas cambiarias hace que desde el 2016 la inflación se sitúe en 49,3%, 25% en 2017, 47,6% en 2018 y 6,8% entre enero y febrero de 2019, ubicando a esta economía según la normativa contable internacional

como hiperinflacionaria (Pablo wahren, Martín Harracá, 2019).

Es por ello que la recesión económica que Argentina atraviesa técnicamente se inició en el mes de septiembre de 2018 ocurrieron seis caídas consecutivas del producto interno bruto, lo que equivale a dos trimestres seguidos de retroceso en la actividad (Indec, 2018). Los meses siguientes, hasta marzo de 2019, fueron incluso peores. La reducción de la caída medida en el mes de abril -1,9% resulta muy relativa, ya que si no se considera el efecto de la mejora en el agro que en términos interanuales comparada con un año de sequía alcanza valores similares a los del primer trimestre esto es cerca de -5% (Letcher *et al.*, 2019).

La política de altas tasas reinaugurada el primero de octubre luego del segundo acuerdo con el Fondo Monetario Internacional tiene fuertes vínculos con este proceso de retracción en la actividad, afectando las ventas de las empresas y la propia viabilidad del sector productivo por el alto costo de financiamiento (Salermo, 2019).

Al tercer año de gobierno macrista la economía es más chica que al momento de asumir. Entre 2015 y 2018 el Producto Interno Bruto (PIB) se retajo un 1.4%, y el PIB per cápita sufrió un retroceso de 4.5% en estos años.



**Gráfico 1.** Variación del Producto Interno Bruto y Producto Interno Bruto per cápita.  
Fuente: (Pablo wahren, Martín Harracá, 2019). A tres años de Macri: Balances y perspectivas de la Economía Argentina. Recuperado de [https://www.celag.org/wp-content/uploads/2018/12/A\\_TRES\\_AN%CC%83OS\\_DE\\_MACRI\\_BALANCES\\_Y.pdf](https://www.celag.org/wp-content/uploads/2018/12/A_TRES_AN%CC%83OS_DE_MACRI_BALANCES_Y.pdf)

Mientras tanto, al desplome del consumo y del gasto público se sumaron tres fuerzas a nivel empresa que desincentivaron la producción: i) la enorme acumulación de stocks por parte de empresarios que anticiparon la compra de insumos a la devaluación, lo cual tuvo el efecto de contraer la disponibilidad de efectivo posterior. ii) el alza de las tasas de interés que encarecieron tanto el costo de oportunidad de nuevas inversiones como los costos de financiamiento del capital de trabajo y del consumo en cuotas. iii) la apertura de las importaciones implicó la sustitución de oferta interna por oferta externa (Baumann Fonay and Cohan, 2018).

Este menú de caída de consumo y competencia externa perjudicó especialmente a los sectores no

competitivos internacionalmente y consumidores netos de divisas mayormente la industria, en particular las PyMES que son importantes generadores de empleo (Tricontinental, 2018).

Otra variable macroeconómica que adoptó una dinámica similar a la de la actividad económica es la tasa de desempleo que se incrementó de 6,5% en 2015 a 9,1% en 2018. En particular, entre noviembre de 2015 y septiembre de 2018 se destruyeron 31.248 puestos de trabajo registrados en el sector privado. En los últimos años el empleo sufrió un cambio de composición, es decir, los sectores de bienes, liderados por la industria, perdieron participación en el total, mientras que los sectores de servicios ganaron participación.

**Tabla 1.** Principales Indicadores Económicos periodo 2015 - 2018

Indicador	2015	2018
<b>PBI per cápita (\$2004)</b>	16.727	15.981
<b>Desempleo</b>	6.5%	9.1%
<b>Pobreza</b>	29.7%	34.3%
<b>Déficit Fiscal</b>	5.1%	6.5%
<b>Déficit Cuenta Corriente</b>	2.7%	5.6%
<b>Deuda Externa sobre PIB</b>	26.1%	53.0%
<b>Inflación</b>	23.6%	47.6%
<b>Tipo de cambio (\$/USD)</b>	9.5	39.0
<b>Riesgo País</b>	555	700

**Fuente:** (Pablo wahren, Martín Harracá, 2019). A tres años de Macri: Balances y perspectivas de la Economía Argentina. Recuperado de [https://www.celag.org/wp-content/uploads/2018/12/A\\_TRES\\_AN%CC%83OS\\_DE\\_MACRI\\_BALANCES\\_Y.pdf](https://www.celag.org/wp-content/uploads/2018/12/A_TRES_AN%CC%83OS_DE_MACRI_BALANCES_Y.pdf)

Por otro lado, se presenta como una de las industrias más castigadas y afectadas a la textil. Los causales que generalmente afectan a esta industria según (Rojas, 2003) y (Kräussl *et al.*, 2009) pueden encontrarse en la conciliación de tres causas. j) los costos del financiamiento local jj) se suman la apertura comercial que permite importaciones a precios irrisorios comparado al local y jjj) se debe mencionar el derrumbe de la capacidad de compra de los salarios, el cual se vuelve aún más acentuado si se considera que el ingreso disponible de los hogares tiende a cero una vez que se descuentan los gastos de sustento, tarifas y vivienda.

Por otra parte, en la industria de transporte en términos generales se triplicaron las deudas fiscales mientras que de un periodo a otro como el caso de Ersa Urbano las deudas bancarias no corrientes se incrementaron en más del doble, esto provocó que

la empresa entrara en una convocatoria pública de acreedores, los directivos de la empresa expresaron que el retardo tarifario, el engrandecimiento de los costos y sumado a la devaluación del peso llevaron a la firma a una crisis financiera al cual no pudo ser manejable llevándolos a detener sus operaciones y posteriormente al cierre de su planta en Santiago del Estero (Salermo, 2019).

Mientras que al otro lado de mercado la situación no parece ser muy diferente, y en este caso nos referimos al segmento alimentario siendo una derivación demostrativa del escenario que envuelve a la economía argentina, es decir: la falta de una ruta clara y la carencia de horizonte. Esto es, mientras que en el año 2016 el gobierno nacional anunciaba que el plan de progreso era una escapatoria exportadora a través de la agregación de valor en la cadena productiva de alimento ya en el año 2018 las empresas

mas representativas de la industria se encontraban en situaciones graves o al menos anunciaban importantes perdidas y problemas financieros como es el caso de Molinos de la Plata, Mastellone, Arcor y Molinos Cañuelas.

**Tabla 2.** Resultados operativos antes de impuestos a las ganancias y resultados operativos por actividad 2017-2018. Basado en el informe de 80 casos de empresas presentan estados contables cerrados anuales del ejercicio 2018 del consejo nacional de valores.

Actividad	Resultados Operativos 2017	Resultados operativos 2018	Variación %	Resultado antes de IIGG 2017	Resultado antes de IIGG 2018	Variación %
Comercio y Servicio	\$22.491,10	\$33.555,60	49%	\$22.127,80	\$3.619,40	-84%
Energía	\$91.615,80	\$205.274,20	124%	\$87.245,90	\$196.532,40	125%
Construcción y Real State	\$9.013,40	\$3.515,90	-61%	\$7.682,70	\$4.899,00	-36%
Agro	\$750,50	\$4.456,80	494%	-684,80	-2.204,30	222%
Bancos	\$35.388,80	\$63.198,70	79%	\$37.063,10	\$65.282,50	76%
Industria	\$18.255,02	\$31.553,35	73%	\$20.701,07	\$17.645,02	-15%

Fuente: (Letcher et al., 2019). La crisis llevo a las grandes empresas. Recuperado de <https://www.bancariabancario.com.ar/files/shares/5d2cde774f710.pdf>

### III. METODOLOGÍA

La investigación se realizó a través del estudio de los estados contables, anuncios de prensa, entrevistas en profundidad a analistas económicos, representantes sindicales, delegados de los comités de empresa y empleados afectados (Hernández, Fernández and Baptista, 2010).

Tras quince años consecutivos exhibiendo números positivos Grimoldi presento por primera vez perdida, la compañía desde el año 2002 no mostraba balances negativos, sin embargo, cuando

la crisis golpeo significativamente sus cuentas causo una perdida en la empresa de \$28,7 millones.

Durante el año 2018 el circulo virtuoso que había presentado durante varios años colapso con un resultado integral total negativo de \$260,3 millones. Según la empresa, calculan que la perdida ajustada por la inflación seria de \$105 millones. Respuesta de esto la compañía inicio el procedimiento preventivo de crisis ver gráfico dos con el objetivo de reducir la estructura de costos y recursos humanos.



RECIBIDO BVMA EMISORAS

31 MAY 2019 16:43

Buenos Aires, 31 de Mayo de 2019.-

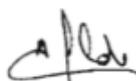
Señores  
Bolsa de Comercio de Buenos Aires  
Sarmiento N° 299.  
Ciudad Autónoma Buenos Aires  
Presente.

**Ref. Hecho relevante. PPC**

De nuestra consideración:

Nos dirigimos a Uds. a efectos de informar que, en el día de la fecha, el Directorio ha aprobado iniciar un procedimiento preventivo de crisis en los términos y con los alcances previstos en el artículo 98 de la Ley Nacional de Empleo 24.013. Dicho procedimiento le permitirá a la Sociedad tomar una serie de medidas para adecuar las estructuras de los recursos humanos en algunos sectores de la Sociedad, de forma ordenada. Esto redundará en una mayor optimización de sus costos y así, mitigar el impacto de los efectos de la crisis en la Sociedad

Sin otro particular, saludamos Ustede s muy atentamente.



Ing. Alberto Ignacio Grimoldi  
Apoderado

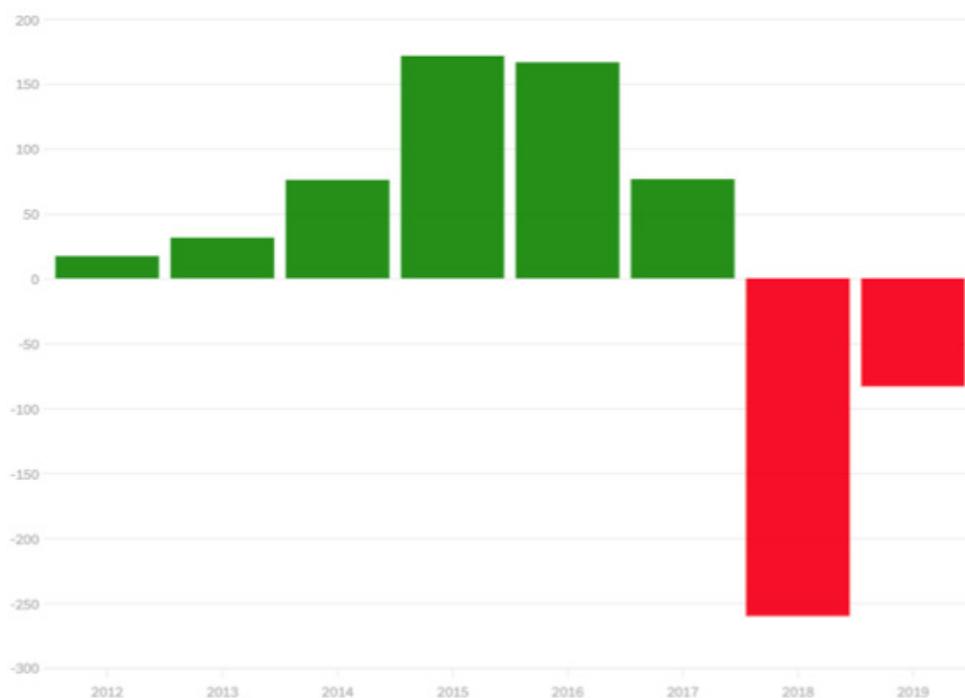
**Gráfico 2.** Procedimiento preventivo de crisis. Fuente: Bolsa de Valores de Buenos Aires. Hecho Relevante. Recuperado de <https://www.bolsar.com> > Downloads

Las variables que más afectaron a la empresa y que las obligo a presentar el procedimiento preventivo de crisis fueron: k) la caída del consumo; kk) la crisis cambiaria.

El aumento del stock de productos terminados durante el periodo 2015-2018 fue del 218% causado por la caída del consumo entretanto la crisis cambiaria afecto la deuda en dólares y además a las ventas consecuencia a los bienes importados en su portafolio. De los 3,62 millones de pares vendidos en el 2018 el 20% correspondió a productos que fueron

fabricados en el país, es decir 2,89 millones fueron ventas de mercadería importada.

A continuación, se presenta gráfico de resultado integral expresado en millones de pesos. Donde la empresa obtuvo ganancias extraordinarias durante 2015 y 2016 de 171 millones y 166 millones respectivamente. Posteriormente sus ganancias se vieron mermadas para luego recibir el duro golpe de la crisis teniendo una pérdida de 260 millones en el 2018 y lo que va a junio del 2019 lleva una pérdida de 83 millones.



**Gráfico 3.** Resultado integral periodo 2012-2019 expresado en millones de pesos.

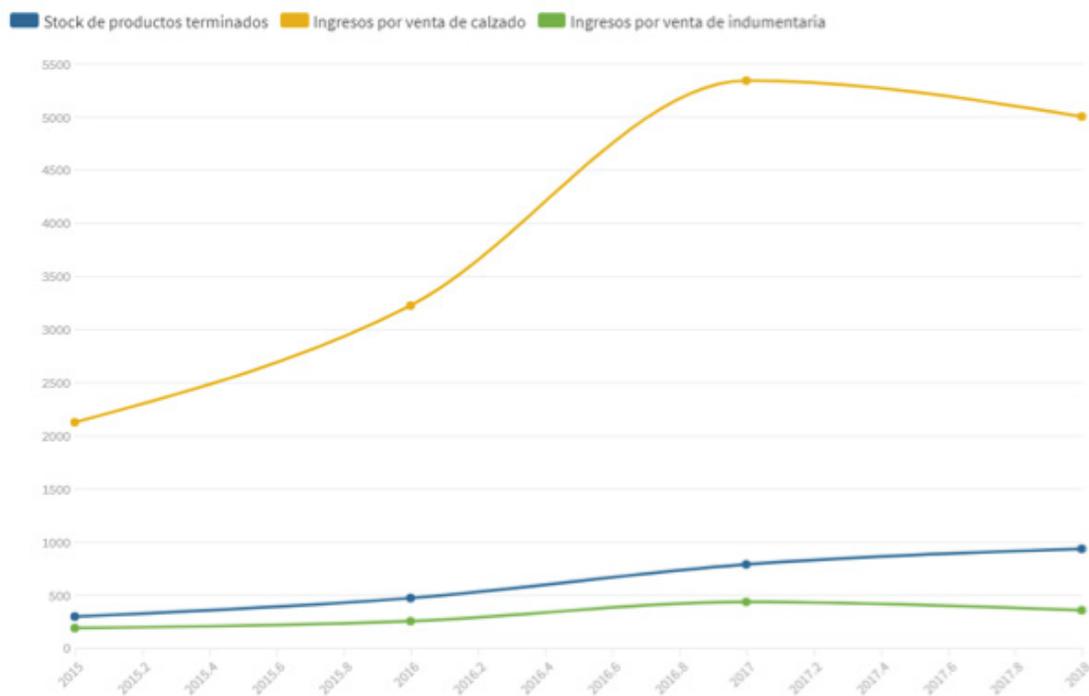
**Fuente:** El cronista. Grimoldi: la devaluación y la caída del consumo, un combo explosivo para su negocio. Recuperado de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/empresas/Grimoldi-la-devaluacion-y-la-caida-del-consumo-un-combo-explosivo-para-su-negocio-20190606-0003.html>

Mientras tanto durante el 2017 el ingreso por venta de indumentaria cayó de \$430 millones a \$353 millones en términos porcentuales representa una baja del 18%. Mismo escenario tuvieron los accesorios que bajaron \$247 millones en el 2018 es decir un 1%. Lo que permitió a Grimoldi compensar las pérdidas en la Argentina fue su negocio en Uruguay que facturó \$146,5 millones un 74% más que en 2016 operado a través de la subsidiaria Grimuru.

En un diálogo con El cronista Horacio Moschetto secretario de la cámara de la industria del calzado asegura que “La situación de la industria es preocupante y lo de Grimoldi toma visibilidad por

ser una gran empresa. Pero estamos en una época de cierre de fábricas, achique de estructuras y reducción de personal. La empresa se enfocó hacia la importación y el tema de la suba del dólar los hizo generar grandes deudas”

A continuación, se presenta el gráfico cuatro que comprende el periodo 2015 al 2018 con frecuencia bimestral donde se representa el aumento del stock de productos terminados representado con la línea azul, el ingreso por venta de calzado representado con la línea color amarillo y los ingresos por venta de indumentaria con línea color verde.



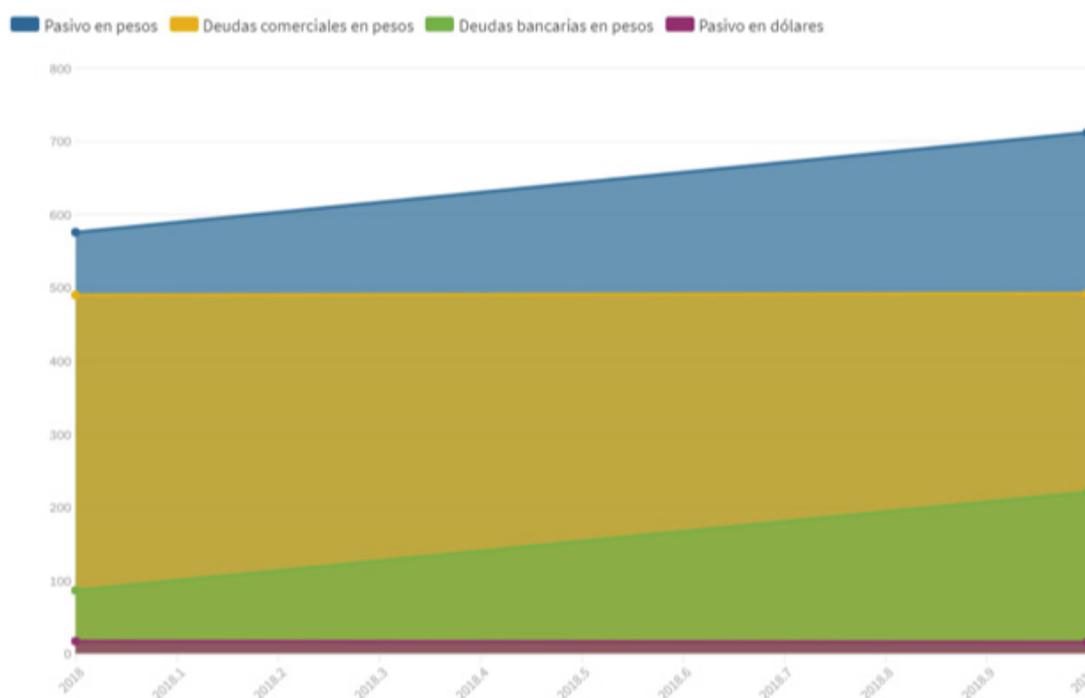
**Gráfico 4.** Stock de productos, ingresos por venta de calzado y de indumentaria.

**Fuente:** El cronista. Grimoldi: la devaluación y la caída del consumo, un combo explosivo para su negocio. Recuperado de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/empresas/Grimoldi-la-devaluacion-y-la-caida-del-consumo-un-combo-explosivo-para-su-negocio-20190606-0003.html>

Como se había mencionado otro factor que golpeo a la empresa fue el aumento de la deuda en moneda extranjera que según el reporte del primer trimestre del 2019 fue de 219,7 millones a un tipo de cambio de \$43,45 pesos por cada dólar con el antecedente durante diciembre de 2018 y marzo 2019 el pasivo en préstamos bancarios creció un 156,7% en pesos.

Con respecto a las deudas comerciales a proveedores la empresa logro reducirla a pesar de

haber crecido al convertirla a pesos causada por la crisis cambiaria el cual está reflejado en el balance anual de 2018 donde la deuda era de \$12,9 millones de dólares con una cotización de \$37,7 pesos por cada dólar y para marzo 2019 la deuda descendía a \$11,3 millones de dólares, pero con una cotización de \$43,50 es decir un monto en pesos de \$491,3 millones frente a \$489,2 millones respectivamente.



**Gráfico 5.** Deudas comerciales y bancarias en pesos frente a Pasivos en pesos y dólares.

**Fuente:** El cronista. Grimoldi: la devaluación y la caída del consumo, un combo explosivo para su negocio. Recuperado de <https://www.cronista.com/apertura-negocio/empresas/Grimoldi-la-devaluacion-y-la-caida-del-consumo-un-combo-explosivo-para-su-negocio-20190606-0003.html>

Frente a todos los golpes macroeconómicos expuestos la empresa presenta el procedimiento preventivo de crisis ante la Bolsa de Buenos Aires con el plan de adecuar las estructuras de recursos humanos, deuda y costos.

#### IV. RESULTADOS

La compañía, al igual que el país, tuvo un primer trimestre difícil y recién a finales del segundo trimestre empezó a ver mejores números a los presupuestados. La crisis cambiaria, que comenzó el año pasado, su efecto en la economía y la incertidumbre que generó en los consumidores finales, continuó afectado las ventas, pero algunos eventos puntuales como el descenso en la volatilidad del precio del dólar o la reformulación del Plan ahora 12 con tasas accesibles para el comerciante permitieron cambiar la confianza del consumidor y así la tendencia de la venta.

Las ventas en pesos consolidadas del semestre ajustadas por la inflación fueron \$2.306.773.739 lo que representa una caída del 32.7% respecto a la venta ajustada por la inflación del mismo periodo del año anterior. En el primer trimestre del año 2019 la caída en ventas había sido del 41% respecto del 2018,

por lo tanto, en el segundo trimestre se percibe una desaceleración de la caída. Si bien el principal factor sigue siendo una fuerte reducción de volumen en el canal mayorista por la retracción de la demanda y la contracción de inventario que debieron hacer los clientes mayoristas para volver a tener una rotación aceptable, este canal empieza a estabilizarse.

Debido al cambio de mix en el que las ventas del canal minorista ganan participación, el porcentaje de ganancia bruta representó el 46.4% de la venta en este semestre frente al 44% en el 2018. Si bien los gastos de comercialización se reducen un 27% respecto al mismo semestre del año anterior, pasan a representar un 37% de la venta frente al 34% del año anterior dado la participación creciente del negocio minorista frente al mayorista.

El resultado ordinario consolidado ajustado por inflación del periodo refleja una pérdida de \$160.848.793 y compara con una pérdida en el mismo semestre de 2018, también ajustada por inflación y re-expresada a moneda constante de \$82.751.890. Si se toman en cuenta las operaciones en el extranjero el resultado integral total neto del ejercicio refleja una pérdida de \$152.946.635 Hay que tener en cuenta

que el 1er trimestre del 2018 había sido el mejor de los últimos 25 años de la compañía y que la caída en la demanda recién empezó a notarse en el segundo trimestre de ese año.

Además, cabe destacar que la pérdida que se da en el resultado ordinario ajustado por la inflación del segundo trimestre del 2019 es menor a la pérdida del primer trimestre de mismo año y mucho menor al segundo trimestre del 2018 marcando un cambio de tendencia hacia una rentabilidad.

El impacto de la diferencia de cambio debido a la importante devaluación del peso frente al dólar que afectó principalmente las cuentas por pagar a proveedores del exterior junto con la enorme suba en el costo de dinero explica en gran parte el resultado final negativo del primer semestre del 2019.

Durante el primer semestre, el volumen de ventas de los locales propios se redujo solo un 2% en pares. Además, se logró incrementar el margen de utilidad durante la segunda parte del segundo trimestre. La facturación a franquicias y clientes cayó prácticamente a la mitad durante el primer semestre por razones ya explicadas y planeadas por la compañía, volumen que se podría recuperar más rápida y fácilmente si las condiciones del mercado mejoran.

Debido a las causas económicas ya comentadas que afectaron significativamente el consumo de bienes como el calzado y la indumentaria, la empresa se vio forzada a tomar la difícil decisión de reducir su estructura en pos de garantizar la viabilidad económica de la empresa. Ante la fuerte disminución de trabajo, no imputable a la compañía y teniendo en cuenta que la reestructuración de la fuerza laboral afectaría a más de 10% de la dotación, se inició un Procedimiento Preventivo de Crisis (PPC) con el objetivo de consensuar con los gremios involucrados un plan de adecuación al contexto macroeconómico.

Tras una serie de audiencias y negociaciones con las asociaciones sindicales, las partes solicitaron conjuntamente la conclusión del plazo de negociación, habilitando de esa forma a la compañía a implementar su plan de reestructuración. Grimoldi se encuentra llevando adelante dicho plan desde fines de junio con mayoritaria aceptación de su propuesta de pago de indemnizaciones por parte del personal desvinculado.

Otras importantes negociaciones mantenidas

con proveedores de materias primas, productos y servicios, así como con los clientes mayoristas en búsquedas de condiciones favorables que ayuden a la compañía a atravesar la coyuntura, también fueron positivas.

Es importante destacar que la deuda financiera de la compañía disminuye significativamente en términos reales respecto a los años anteriores. A junio de 2019 la deuda era de \$796 millones cuando en junio de 2018 a moneda constante la deuda era de \$1.342 millones y en diciembre de 2017 era de \$1.503 millones. La compañía seguirá apuntando a un grado de apalancamiento conservador tratando de disminuirlo aun más como forma de reducir el riesgo y evitar consolidar muy elevados costos de financiación.

## V. CONCLUSIONES

Los objetivos que persigue las conclusiones de este escrito son los siguientes. Primero, pretende reconocer los factores y causas que puedan exponer los rasgos convergentes y divergentes en la colocación de los planes de contextos intrínsecamente de la empresa y su reestructuración. Segundo, ofrecer claros ejemplos de estrategias empresariales, sindicalistas y políticos que puedan ser apropiados por escuelas de negocios, facultades de economía y administración, asimismo como agentes empresariales argentinos y en general de incitación para desarrollar prácticas y acrecentar su cabida productiva.

Podemos identificar como principales factores de organización en el asunto de reestructuración los siguientes contenidos:

El negocio de las zapatillas, zapatos y calzado en general y de sus grupos empresariales dentro de la globalización: es decir, la división del calzado ha sido por varios años tradicionalmente fraccionado y junto a la presente evolución de internalización de los mercados con inmensos mercados emergentes como India, China e Indonesia provoca una conglomeración y alineación estratégica de grandes grupos multinacionales.

La predilección hacia un capitalismo financiero: esto quiere decir que la facilidad del capital financiero aumenta la coerción por parte de los intereses de los accionistas sobre las empresas, dicha coacción se establece en políticas de rentabilidad a corto plazo y especialmente financieras esto a su vez conlleva

peligrosamente a una descapitalización en el largo plazo.

En el ajuste de los planes de reestructuración internamente del grupo Grimoldi como principales factores societales podemos asemejar:

El régimen nacional de relaciones laborales: que se basa principalmente a los aspectos idiosincráticos es decir la cultura de las relaciones laborales y estilos de gestión de recurso humanos sumado a los derechos de los sindicatos y comités de compañías.

El sistema nacional de comercio y las formas de mediación publica en la economía: aspectos como las formas de cometido empresarial, las relaciones con accionista, proveedores clientes, empresas contratadas y subcontratadas y relación con los directivos.

Se registra un esforzado engrandecimiento de la tensión competitiva trasmitida en gran parte por los mercados en todas las empresas. La preferencia

en un contorno que inclusive ahora ha sido afectado por los procesos de centralización es decir la gestión de recursos humanos y financieros es el objetivo de reestructuración aquí estudiado.

El estrujón de los mercados financieros es trasladado al personal debido a que para acrecentar el valor de las acciones hay que cercenar empleo. Al mismo tiempo, los mecanismos de amparo de los empelados pierden vigor, por un lado, los sindicalistas y comités de compañía tienen que consentir ante la presión frente la intimidación de cierres y recortaduras mas traumáticos.

Por último, se observó un acrecimiento efectivo del compromiso de la compañía con el fomento de actividades de investigación, desarrollo e innovación. Oblicuamente, este trabajo faculta el intercambio y coordinación de experiencias que puedan representar el primer paso para potenciar y reorganizar la operación empresarial.

ANEXOS



	30/6/2019	30/6/2018
Activo No Corriente	667.129.050	772.956.384
Activo Corriente	2.136.829.764	3.170.963.994
<b>Total Activos</b>	<b>2.803.958.814</b>	<b>3.943.920.378</b>
Pasivo No Corriente	237.594.158	640.106.878
Pasivo Corriente	1.549.280.733	1.893.551.410
<b>Total de Pasivos</b>	<b>1.786.874.891</b>	<b>2.533.658.288</b>
Patrimonio	1.017.083.923	1.410.262.092
<b>Total de Patrimonio y Pasivos</b>	<b>2.803.958.814</b>	<b>3.943.920.380</b>

Gráfico 5. Estructura Patrimonial Consolidada

Fuente: Estados Financieros Trimestrales al 30/06/2019. Grimoldi S.A recuperado de la Bolsa de Valores de Buenos Aires.



	30/6/2019	30/6/2018
Fondos generados por (aplicados a) actividades operativas	(160.848.793)	(82.751.890)
Ajustes que no generan movimiento de efectivo	66.146.096	79.830.520
Cambios en Activos y Pasivos Operativos	270.469.919	(292.654.329)
Fondos generados por (aplicados a) actividades de inversión	(2.508.754)	(52.304.356)
Fondos generados por (aplicados a) actividades de financiación	59.940.092	(180.388.922)
<b>Total de fondos generados o aplicados durante el periodo</b>	<b>233.198.560</b>	<b>(528.268.978)</b>

Gráfico 7. Estructura del Flujo de Efectivo.

Fuente: Estados Financieros Trimestrales al 30/06/2019. Grimoldi S.A recuperado de la Bolsa de Valores de Buenos Aires



	30/6/2019	30/6/2018
Ganancia Operativa	120.463.763	184.602.260
Costos Financieros	(331.523.967)	(766.824.445)
Ingresos Financieros	4.164.564	508.615.365
Part En la ganancia neta de la asociada		
Ganancia antes del Imp a las Ganancias por operaciones continuadas	(206.895.640)	(73.606.820)
Impuesto a las Ganancias (y a la GMP de corresponder)	46.046.847	(9.145.070)
Ganancia neta del periodo por operaciones continuadas	(160.848.793)	(82.751.890)
Otros resultados Integrales Consolidados del Ejercicio	7.902.158	20.655.630
Resultado Integral Total del Ejercicio	(152.946.635)	(62.096.260)
Atribuible a:		
Propietarios de la controladora	(152.366.514)	(62.196.132)
Participaciones no controladoras	(580.121)	99.872
Resultado Integral Total Neto del Ejercicio	(152.946.635)	(62.096.260)

Gráfico 8. Estructura de Resultados Consolidados

Fuente: Estados Financieros Trimestrales al 30/06/2019. Grimoldi S.A recuperado de la Bolsa de Valores de Buenos Aires

## VI. REFERENCIAS

- Alexandre, M., Silva, G. and Cotrim, T. (2017) *Default contagion among credit modalities: evidence from Brazilian data*. 76859. Available at: [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76859/1/MPRA\\_paper\\_76859.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/76859/1/MPRA_paper_76859.pdf).
- Banco Mundial (2018) 'Hacia el Fin de las crisis en Argentina. Prioridades para un crecimiento sostenible y prosperidad compartida', pp. 23–30.
- Baumann Fonay, I. and Cohan, L. (2018) 'Crecimiento Económico, PTF y PIB Potencial en Argentina', (Junio). Available at: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/crecimiento-economico-ptf-y-pib-potencial-en-argentina\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/crecimiento-economico-ptf-y-pib-potencial-en-argentina_0.pdf).
- Burdisso, T. and Sangiácomo, M. (2015) *Una reseña de la evolución metodológica*.
- Carciofi, R. (2019) 'Inserción internacional de Argentina: el desempeño exportador como límite al crecimiento económico', *Documento de Trabajo*, 66, pp. 1–40.
- Cepal (2016) *Panorama Social de América Latina*. Available at: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/S1600175\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/S1600175_es.pdf).
- Curcio, S. and Vilker, A. N. A. S. (2014) 'Impacto De Las Variaciones De Precios De Las Commodities Exportadas En La Economía Real De Los Países De América Latina', *Revista De Investigación En Modelos Financieros*, 1(0), pp. 93–114.
- Dini, M. and Stumpo, G. (2018) *MIPYMES en América Latina Un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento*, Cepal - Naciones Unidas.
- Ferraro, C. and Rojo, S. (2018) 'Las MIPYMES en América Latina y el Caribe: Una agenda integrada para promover la productividad y la formalización', pp. 1–57.
- Ffrench-Davis, R. (2017) 'Globalización económica y desarrollo nacional: evolución y algunos desafíos actuales', *Estudios internacionales: Revista del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile*, (1), pp. 89–112. doi: 10.5354/rei.v49i0.47534.
- Hernández, R., Fernández, C. and Baptista, M. (2010) *Metodología de la investigación 5ta Edición*. doi: - ISBN 978-92-75-32913-9.
- Indec (2018) 'Estimador Mensual de Actividad Económica', *Informes técnicos*, December, p. 34. Available at: [https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/ema\\_02\\_19.pdf](https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/ema_02_19.pdf).
- Indec (2019) 'Estimador Mensual de Actividad Económica', June, p. 152. Available at: [https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/ema\\_08\\_192652E45C84.pdf](https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/ema_08_192652E45C84.pdf).
- Kräussl, R. et al. (2009) 'Credit cycles and macro fundamentals', *Journal of Empirical Finance*, 16(1), pp. 42–54. doi: 10.1016/j.jempfin.2008.07.002.
- Laitón, Á., Yadira, S. and López, J. (2018) 'Estado del arte sobre problemáticas financieras en pymes: estudio para América Latina', *Magazine School of Business Administration*, (85), pp. 163–179. doi: 10.21158/01208160.n85.2018.2056.
- Letcher, H. et al. (2019) 'La crisis llegó a las grandes empresas', *La segunda ruptura industrial*, pp. 278–315.
- Neves, M. B. E. das and Marins, J. T. M. (2013) 'Credit Default and Business Cycles: an investigation of this relationship in the brazilian corporate credit market', *Banco Central do Brasil*, pp. 1–32.
- Pablo wahren, Martín Harracá, A. C. (2019) 'A tres Años De Macri : Balances Y Perspectivas De La Economía Argentina', *Observatorio de coyuntura Económica y Políticas Públicas*.
- Patiño, L. A. (2014) 'La Responsabilidad Social Empresarial (rse) y su implicación en la inclusión y movilidad del capital humano', *Dimensión Empresarial*, 10(2), p. 86. doi: 10.15665/rde.v10i2.212.
- Peachin, M. (2012) 'Responsabilidad Social Empresarial: Una respuesta ética ante los desafíos globales', *The*

- Encyclopedia of Ancient History*, 1, pp. 27–59. doi: 10.1002/9781444338386.wbeah13223.
- Rojas, M. (2003) 'Historia de la crisis en Argentina', pp. 11–136. Available at: [https://www.cadal.org/libros/pdf/Historia\\_de\\_la\\_Crisis\\_Argentina.pdf](https://www.cadal.org/libros/pdf/Historia_de_la_Crisis_Argentina.pdf).
- Ronconi, L. et al. (2010) 'America Latina frente a la crisis internacional: características institucionales y respuestas de política', p. 99. Available at: <http://www.fundacioncarolina.es/es-ES/publicaciones/avancesinvestigacion/Documents/AI45.pdf>.
- Salermo, N. (2019) 'Evolucion de los procedimientos preventivos, concurso de acreedores y quiebras', *Centro de Economía Política Argentina*, pp. 2–7.
- Silva, C., Noyola, A. and Kan, J. (2019) *América Latina: Regional, fragmentada y sin rumbo*.
- Soul, M. J. et al. (2012) *El Mundo de trabajo en América Latina. Tendencias y resistencias*. CICCUS, Colección Becas de Investigación. CICCUS. Edited by CLACSO. Buenos Aires. Available at: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/becas/20120918123451/Elmundodeltrabajo.pdf>.
- Steinberg, F. and Elcano, I. (2016) 'Lo que nos deja el ciclo de las commodities en América Latina', pp. 1–2.
- Svampa, M. (2013) 'Consenso de los commodities y lenguaje de valoración en América Latina', *Nueva Sociedad*, 244. Available at: <http://www.nuso.org>.
- Tricontinental (2018) 'Argentina de regreso al fmi. neoliberalismo, crisis y disputas sociales', *Instituto Tricontinental de Investigación Social*, 10, pp. 45–80.
- Varela, P. (2014) 'Estado y sindicatos en la Argentina post-devaluación. El retorno del debate estratégico', *Critica Marxista*, 38(2008), pp. 119–133.
- Velásquez, J. (2009) 'Los bienes públicos globales y regionales: una herramienta para la gestión de la globalización', *Cuadernos Unimetanos*, (18), pp. 14–19.

## Proteína C reactiva ultrasensible y perfil lipídico posterior a dieta hipocalórica en sujetos obesos

Jorly, Mejia-Montilla<sup>1</sup>; Nadia, Reyna-Villasmil<sup>2</sup>;  
Eduardo, Reyna-Villasmil<sup>3\*</sup>; Pedro, Herrera-Moya<sup>4</sup>.

### Resumen

El objetivo del estudio fue comparar los cambios de las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible y perfil lipídico posterior a dieta hipocalórica en sujetos obesos. Fueron incluidos 105 sujetos adultos atendidos en el Hospital Universitario de Maracaibo, Venezuela. Los sujetos fueron instruidos para seguir una dieta hipocalórica durante 12 semanas. Se evaluaron variables antropométricas, concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible y perfil lipídico. Se observaron disminuciones significativas en los valores de índice de masa corporal, circunferencia de cintura y proteína C reactiva ultrasensible después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso comparado con los valores iniciales ( $p < 0,05$ ). Se observó disminución significativa de las concentraciones séricas de colesterol total y triglicéridos, después del programa ( $p = 0,039$  y  $p = 0,028$ , respectivamente). Las concentraciones séricas de lipoproteínas de baja densidad y alta densidad disminuyeron luego del programa de dieta, pero las diferencias no fueron significativas ( $p = 0,229$  y  $p = 0,142$ , respectivamente). Se concluye que las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible, colesterol y triglicéridos disminuyen en forma significativa en sujetos obesos luego de la implementación de un programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso.

**Palabras clave:** Proteína C reactiva ultrasensible; Perfil lipídico; Obesidad; Dieta de pérdida de peso.

## High-sensitivity C-reactive protein and lipid profile after a hypocaloric diet in obese subjects.

### Abstract

The objective of research was to compare changes in concentrations of high-sensitivity C-reactive protein and lipid profile after a hypocaloric diet in obese subjects. One hundred five adult subjects were included who were attended at the University Hospital of Maracaibo, Venezuela. Subjects were instructed to follow a hypocaloric diet for 12 weeks. Anthropometric variables, concentrations of high-sensitivity C-reactive protein and lipid profile were evaluated. Significant decreases were observed in values of body mass index, waist circumference and high-sensitivity C-reactive protein after hypocaloric diet program for weight loss compared to initial values ( $p < 0.05$ ). A significant decrease in serum concentrations of total cholesterol and triglycerides was observed after the program ( $p = 0.039$  and  $p = 0.028$ , respectively). Serum concentrations of low density and high-density lipoproteins decreased after the diet program, but the differences were not significant ( $p = 0.229$  and  $p = 0.142$ , respectively). It is concluded that concentrations of high-sensitivity C-reactive protein, cholesterol, and triglycerides decrease significantly in obese subjects after the implementation of a hypocaloric diet program for weight loss.

**Keywords:** High-sensitivity C-reactive protein; Lipidic profile; Obesity; Weight-loss diet.

**Recibido:** 03 de junio de 2019  
**Aceptado:** 28 de octubre de 2019

<sup>1</sup> Doctora en Medicina Clínica, Especialista en Tecnología de Alimentos; Profesora agregada de la Facultad de Medicina de La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela; jorlymm@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doctora en Medicina, Especialista en Tecnología de Alimentos; Profesora agregada de la Facultad de Medicina de La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela; nadiareyna@hotmail.com.

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias Médicas. Doctor en Medicina Clínica. Especialista en Metodología de la investigación. Adjunto del Hospital Central "Dr. Urquinaona". Maracaibo, Venezuela; sippenbauch@gmail.com.

<sup>4</sup> Magister Scientiarum en Atención primaria en Salud. Docente de la Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social de la Universidad Estatal de Milagro. Ecuador; pherreram2@unemi.edu.ec.

\*Autor para correspondencia: sippenbauch@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

La obesidad y acumulación de grasa que rodea órganos y vísceras abdominales se asocia con enfermedades tanto agudas como crónicas (Thomas, 2012). La alteración del metabolismo de las lipoproteínas es un factor de riesgo para la aparición y desarrollo de aterosclerosis en sujetos con depósitos de tejido adiposo (O'Rourke et al., 2018; Koliaki et al., 2019).

Las citoquinas proinflamatorias, incluida la interleucina-6, se expresan en el tejido adiposo humano y luego son liberadas a la circulación (Pickering et al., 2016). El tejido adiposo produce aproximadamente el 25% de la interleucina-6 sistémica in vivo. Todas las citocinas derivadas del tejido adiposo están involucradas en la elevación de la proteína C reactiva en sujetos obesos (Krog-Madsen et al., 2004). Las propiedades inflamatorias de estas sustancias proinflamatorias, incluida la estimulación de la producción de proteínas de inflamación de fase aguda por el hígado, pueden explicar el aumento de la morbi-mortalidad cardiaca y cerebrovascular, particularmente en sujetos con obesidad mórbida (Caspard et al., 2018). Potencialmente, la relación entre la obesidad y las concentraciones de proteína C reactiva aún está siendo definida, ya que son escasos los estudios realizados para evaluar el efecto de la intervención dietética en las concentraciones de esta molécula inflamatoria.

La proteína C reactiva es un reactante de fase aguda que se eleva en respuesta a la infección y se considera un buen marcador de inflamación (Ahmadi-Ahangar, 2016). Varios estudios han informado que el riesgo de enfermedad cardiovascular se asoció en forma significativa con las concentraciones de proteína C reactiva (Nisa et al., 2016; Hamrefors, 2017). Por otra parte, investigaciones previas demostraron que es un mejor marcador que el colesterol de lipoproteínas de baja densidad en la predicción de eventos coronarios futuros (Ridker et al., 2002). También se asocia en forma positiva y significativa con el mayor riesgo de infarto del miocardio y enfermedad cerebrovascular (Ahmadi-Abhari et al., 2013; Kitagawa et al., 2019).

El objetivo del estudio fue establecer los cambios en concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible y perfil lipídico posterior a dieta hipocalórica en sujetos obesos.

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación fue de tipo prospectivo, longitudinal y prospectivo con un diseño cuasi-experimental. El estudio fue realizado en el Hospital Universitario de Maracaibo, Venezuela que proporciona servicios médicos a la población general de la ciudad. El tipo de muestreo fue no probabilístico en el que se incluyeron 105 sujetos adultos obesos, con edades entre 18 y 60 años con un índice de masa corporal superior a 30 kg/m<sup>2</sup>, enviados de la consulta de atención primaria de salud al servicio de Nutrición Clínica del hospital. Los criterios de exclusión fueron: antecedentes de diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular, hipertensión arterial sistémica, enfermedades inflamatorias y/o autoinmunes y el uso de fármacos que modificaran las concentraciones de lípidos y/o proteína C reactiva (por ejemplo, hipolipemiantes).

El estudio fue aprobado por el comité de ética de hospital. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito, después de una explicación completa de la naturaleza del estudio y los datos recopilados que se utilizaron solo para los objetivos establecidos.

La recolección de datos fue realizada durante un período de 5 meses (de enero a mayo de 2016). Los sujetos fueron instruidos para seguir una dieta de disminución de peso durante 12 semanas y se proporcionó información escrita de la dieta en la primera consulta. Como la duración del estudio era limitada, el contenido total de energía de la dieta de disminución de peso fue limitada a 1.200 Kcal, con la siguiente distribución de macronutrientes: 50% de los carbohidratos, 20% de las proteínas (12% de las proteínas de alto valor biológico) y 30% de las grasas (10% saturadas, 13% insaturadas y 7% monoinsaturadas) de la cantidad total. Se solicitó a los participantes que acudieran al servicio de nutrición cada 2 semanas para recibir asesoramiento dietético y control del peso. Antes de comenzar el programa la dieta de reducción de peso, se obtuvieron datos demográficos. Además, todos los hábitos dietéticos fueron evaluados y la cantidad de carbohidratos, proteínas y grasas consumidas por los participantes al inicio del estudio fue estimada utilizando un cuestionario semicuantitativo de frecuencia de consumo de alimentos.

Las variables antropométricas y muestras de

sangre fueron medidas y tomadas antes y al final del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. Para las mediciones antropométricas, se midieron las siguientes variables: peso, talla, índice de masa corporal y circunferencia de la cintura. Los participantes fueron pesados sin zapatos, con el peso corporal distribuido en forma uniforme entre ambos pies utilizando una balanza electrónica. La altura fue medida con estadiómetro portátil. El índice de masa corporal (Kg/m<sup>2</sup>) se calculó dividiendo el peso (kilogramos) entre el cuadrado de la talla (metros). La circunferencia de la cintura fue utilizada para evaluar la distribución de la grasa abdominal y se midió como la dimensión menor entre el margen inferior de la costilla y la cresta iliaca.

Las muestras de sangre venosa fueron obtenidas por punción de la vena antecubital con una aguja calibre 21 luego de un ayuno de por lo menos 12 horas. El suero fue separado y almacenado a -70° C hasta el momento del análisis. Las concentraciones de lípidos séricos: colesterol total, lipoproteínas de alta densidad y triglicéridos fueron medidos por método colorimétrico enzimáticos utilizando conjuntos de reactivos comerciales (Roche Diagnostics, EE.UU.). Las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad fueron calculadas utilizando la fórmula de Friedewald (Friedewald et al., 1972): lipoproteínas de baja densidad = colesterol total – (lipoproteínas de alta densidad + triglicéridos/5).

Las concentraciones séricas de proteína C reactiva ultrasensible se midieron utilizando un anticuerpo monoclonal de alta sensibilidad a la proteína C reactiva recubierto en perlas de poliestireno (Siemens Health Care Diagnostics, EE.UU.). Un valor superior a 3 mg/L fue considerado como un valor de alto riesgo para la enfermedad cardiovascular (14). La decisión de medir las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible fue basada en que puede cuantificar mide cantidades muy pequeñas de proteína C reactiva en la sangre y es útil para establecer el riesgo cardiovascular en sujetos aparentemente sanos.

Los datos son expresados como promedio +/- desviación estándar. Además de las estadísticas descriptivas, los valores promedios de las variables al inicio y al final del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso se compararon utilizando la prueba t para muestras no relacionadas. El análisis de correlación de Pearson se realizó para calcular

la relación entre las diferentes variables analizadas. El valor de  $p < 0,05$  fue considerado significativo en todas las pruebas estadísticas. Todas las pruebas estadísticas fueron calculadas utilizando el paquete estadístico SPSS® versión 24 para Windows.

### III. RESULTADOS

Las características generales de los participantes del estudio se muestran en la tabla 1. La mayoría de los sujetos eran de sexo femenino (80,9%), casadas (67,6%) y con un nivel educativo inferior al nivel universitario (73,3%). El peso promedio fue de 92,2 +/- 12,8 Kilogramos y la talla fue de 158,0 +/- 13,0 centímetros. Usando el cuestionario semicuantitativo de frecuencia de alimentos, se pudo observar que la ingesta media de energía de los participantes, antes de ingresar al programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso para reducción de peso, fue de 3006 Kcal/día y el porcentaje de ingesta de energía suministrada por las grasas fue alto.

**Tabla 1.** Características generales

	n = 105	n (%)
<b>Sexo</b>		
Femenino		85 (80,9)
Masculino		20 (19,1)
<b>Estado civil</b>		
Soltero		34 (32,4)
Casado		71 (67,6)
<b>Nivel educativo</b>		
Analfabeta		12 (11,4)
Básica		14 (13,3)
Intermedia		20 (19,0)
Secundaria		31 (29,5)
Universitaria		28 (26,7)

**Fuente.** Elaboración propia.

La tabla 2 muestra los valores de las mediciones antropométricas y las concentraciones séricas de proteína C reactiva ultrasensible de los sujetos antes y después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. Se observaron disminuciones significativas en los valores de índice de masa corporal, circunferencia de cintura y proteína C reactiva ultrasensible después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso comparado con los valores iniciales ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Mediciones antropométricas y valores de proteína c reactiva ultrasensible en sujetos obesos antes y después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso.

n = 105	Antes del programa	Después del programa	p
Índice de masa corporal, Kg/m <sup>2</sup>	35,6 +/- 2,9	33,1 +/- 2,1	0,0001
Circunferencia de la cintura, centímetros	101,9 +/- 5,6	93,1 +/- 4,7	0,0001
Proteína c reactiva ultrasensible, mg/L	6,0 +/- 0,7	4,7 +/- 0,6	0,0001

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra la clasificación de los sujetos según las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible antes y después de la dieta. Los resultados demuestran que más de la mitad de los

sujetos tenían valores elevados antes de comenzar el programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. Estos valores presentaron disminución de los valores promedios luego del programa de dieta (disminución del 49%; p = 0,0381).

**Tabla 3.** Clasificación de los participantes de acuerdo a los valores de proteína c reactiva ultrasensible Antes y después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso.

n = 105 n (%)	Antes del programa	Después del programa	p
Menos de 3 mg/L	42 (40,0)	57 (54,3)	0,0319
Más de 3 mg/L	63 (60,0)	48 (45,7)	

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 4 muestra los cambios en los valores de los elementos del perfil lipídico antes y después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. Se observó disminución significativa de las concentraciones séricas de colesterol total y triglicéridos, después del programa (p = 0,039 y p = 0,028, respectivamente). También se observó

disminución en las concentraciones séricas de lipoproteínas de baja densidad y alta densidad, después de aplicar el programa de dieta, pero las diferencias no fueron consideradas estadísticamente significativas (p = 0,229 y p = 0,142, respectivamente). La principal comida realizada para dos tercios de los participantes (66%) fue el almuerzo y aproximadamente la mitad no tomaban el desayuno.

**Tabla 4.** Valores promedio de los elementos del perfil lipídico antes y después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso.

n = 105	Antes del programa	Después del programa	p
Colesterol total, mg/dL	181,3 +/- 14,5	172,5 +/- 9,8	0,039
Lipoproteínas de baja densidad, mg/dL	106,6 +/- 6,9	102,1 +/- 5,6	0,229
Lipoproteínas de alta densidad, mg/dL	54,2 +/- 5,9	52,9 +/- 3,9	0,142
Triglicéridos, mg/dL	100,1 +/- 7,3	90,8 +/- 8,6	0,028

Fuente. Elaboración propia.

La correlación entre las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible y los diferentes parámetros antes y después de aplicar el programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso se muestran en la tabla 5. Se encontró correlación positiva significativa con el índice de masa corporal

(antes de la dieta r = 0,339, p = 0,024 y posterior a la dieta r = 0,322, p = 0,024) y la circunferencia de cintura (antes de la dieta r = 0,3025, p = 0,033 y después de la dieta r = 0,312, p = 0,042). No se observaron correlaciones significativas con los valores de los elementos del perfil lipídico antes y después de la dieta.

**Tabla 5.** Correlación entre las concentraciones de Proteína c reactiva ultrasensible y diferentes variables antes y después del Programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso.

	Antes del programa		Después del programa	
	r	p	r	p
Edad	0,024	0,862	0,028	0,878
Índice de masa corporal	0,339	0,024	0,322	0,024
Circunferencia de la cintura	0,305	0,033	0,312	0,042
Colesterol total	0,029	0,837	0,157	0,261
Lipoproteínas de baja densidad	0,025	0,862	0,184	0,186
Lipoproteínas de alta densidad	-0,142	0,310	-0,031	0,825
Triglicéridos	0,150	0,284	0,005	0,973

Fuente. Elaboración propia.

#### IV. DISCUSIÓN

Diferentes estudios epidemiológicos prospectivos han demostrado la asociación positiva entre las concentraciones de proteína C reactiva y el riesgo de enfermedad cardiovascular futura (Ridker et al., 2002; Seferović et al., 2018; Shivappa et al., 2018). Se ha sugerido que las concentraciones séricas de proteína C reactiva reflejan la cantidad y actividad de las citocinas proinflamatorias. Existen informes de reducción significativa de las concentraciones de interleucina-6, luego de una dieta baja en calorías y esta tendencia también se observó en las concentraciones de proteína C reactiva, pero esta no fue estadísticamente significativa, después de la pérdida de peso en mujeres obesas (Bastard et al., 2000). Esta observación podría atribuirse a la corta duración del programa de pérdida de peso y al menor número de participantes seleccionados en esa investigación. En el presente estudio, las concentraciones séricas de proteína C reactiva ultrasensible disminuyó en forma significativa, después de que se aplicó el programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso por 12 semanas.

La circunferencia de la cintura y la relación cintura-cadera son dos de las medidas antropométricas más utilizadas en la predicción del tejido adiposo visceral. La circunferencia de la cintura tiene correlación significativa con el tejido adiposo visceral más que la relación cintura-cadera (Onat et al., 2004). Los valores anormales de la circunferencia de la cintura se asocian con alteraciones en los valores de lípidos y lipoproteínas, incluso a un nivel similar al del sobrepeso. Por lo tanto, es más probable que una persona con mayor cantidad de grasa visceral tenga

más complicaciones metabólicas (Ouyang et al., 2004; Ozen et al., 2015; Costa et al., 2018; Lim et al., 2019). Un estudio en mujeres sanas observó que las concentraciones de proteína C reactiva estaban asociadas en forma significativa a la circunferencia de la cintura, incluso después de ajustar el índice de masa corporal (Hak et al., 1999). Este hallazgo sugiere que los depósitos de grasa visceral podrían ser un determinante importante del estado inflamatorio crónico subclínico. Otros estudios también han demostrado que existe correlación positiva significativa entre las concentraciones de proteína C reactiva y el índice de masa corporal (Lee et al., 2016; Sepehri et al., 2018). Se estima que aproximadamente el 25% de las concentraciones de interleucina-6 circulante es liberada por tejido adiposo subcutáneo humano in vivo y esta estimula la producción de proteína C reactiva por el hepatocito (Kwagyan et al., 2015). Esto podría explicar la disminución de las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible y la asociación positiva y significativa encontrada entre estas concentraciones con el índice de masa corporal y la circunferencia de la cintura, tanto antes como después del programa de dieta para reducción de peso.

Existen informes de valores elevados de proteína C reactiva en sujetos con concentraciones elevadas de triglicéridos y bajas de lipoproteínas de alta densidad (Hak et al., 1999; Morita et al., 2014; Lee et al., 2016; McGill y Gronowski, 2018). La relación entre las concentraciones de interleucina-6, proteína C reactiva y los elementos del perfil lipídico podría explicar los beneficios de la reducción del peso corporal y el papel que tiene la disminución de

la obesidad central en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Los resultados de esta investigación demostraron disminuciones significativas de los valores de proteína C reactiva ultrasensible, colesterol y triglicéridos después del programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. No obstante, no se encontró correlaciones significativas entre las concentraciones de proteína C reactiva y los elementos del perfil lipídico. Este hallazgo es similar a otros previamente reportados en los cuales no se observó correlación significativa entre las concentraciones plasmáticas de proteína C reactiva y las concentraciones de colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad y alta densidad en hombres (Florez et al., 2006; González et al., 2006).

## V. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación demuestran que las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible, colesterol y triglicéridos disminuyen en forma significativa en sujetos obesos luego de la implementación de un programa de dieta hipocalórica para la pérdida de peso. También se observó que existen correlaciones significativas entre las concentraciones de proteína C reactiva ultrasensible con el índice de masa corporal como la circunferencia de la cintura. La aplicación de un programa dieta hipocalórica para la pérdida de peso a sujetos obesos puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares al reducir la cantidad de tejido adiposo y, por lo tanto, puede regular las concentraciones séricas de lípidos y proteína C reactiva.

## VI. REFERENCIAS

Ahmadi-Abhari, S., Luben, RN., Wareham, NJ., y Khaw KT. (2013). Seventeen-year risk of all-cause and cause-specific mortality associated with C-reactive protein, fibrinogen and leukocyte count in men and women: the EPIC-Norfolk study. *European Journal of Epidemiology*, 28(7), 541-550.

Ahmadi-Ahangar A. (2016). Predictive ability of C-reactive protein for stroke. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 7(3), 151-152.

Bastard, JP., Jardel, C., Bruckert, E., Blondy, P., Capeau, J., Laville, M., Vidal, H., y Hainque B. (2000). Elevated levels of interleukin 6 are reduced in serum and subcutaneous adipose tissue of obese women after weight loss. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 85(9), 3338-3342.

Caspard, H., Jabbour, S., Hammar, N., Fenici, P., Sheehan, JJ., y Kosiborod, M. (2018). Recent trends in the prevalence of type 2 diabetes and the association with abdominal obesity lead to growing health disparities in the USA: An analysis of the NHANES surveys from 1999 to 2014. *Diabetes Obesity and Metabolism*, 20(3), 667-671.

Costa, RM., Neves, KB., Tostes, RC., y Lobato NS. (2018). Perivascular adipose tissue as a relevant fat depot for cardiovascular risk in obesity. *Frontiers of Physiology*, 9, 253.

Florez, H., Castillo-Florez, S., Mendez, A., Casanova-Romero, P., Larreal-Urdaneta, C., Lee, D., y Goldberg, R. (2006). C-reactive protein is elevated in obese patients with the metabolic syndrome. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 71(1), 92-100.

Friedewald, WT., Levy, RI., y Fredrickson, DS. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499-502.

González, AS., Guerrero, DB., Soto, MB., Díaz, SP., Martínez-Olmos, M., y Vidal, O. (2006). Metabolic syndrome, insulin resistance and the inflammation markers C-reactive protein and ferritin. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60(6), 802-809.

Hak, AE., Stehouwer, CD., Bots, ML., Polderman, KH., Schalkwijk, CG., Westendorp, IC., Hofman, A., y Witteman, JC. (1999). Associations of C-reactive protein with measures of obesity, insulin resistance, and subclinical atherosclerosis in healthy, middle-aged women. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, 19(8), 1986-1991.

- Hamrefors, V. (2017). Common genetic risk factors for coronary artery disease: new opportunities for prevention? *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(3), 243-254.
- Ioannidis, JP., y Tzoulaki, I. (2012). Minimal and null predictive effects for the most popular blood biomarkers of cardiovascular disease. *Circulation Research*, 110(5), 658-662.
- Kitagawa, K., Hosomi, N., Nagai, Y., Kagimura, T., Ohtsuki, T., Maruyama, H., Origasa, H., Minematsu, K., Uchiyama, S., Nakamura, M., y Matsumoto, M. (2019). Cumulative Effects of LDL Cholesterol and CRP Levels on Recurrent Stroke and TIA. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 26(5), 432-441.
- Koliaki, C., Liatis, S., y Kokkinos, A. (2019). Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship. *Metabolism*, 92, 98-107.
- Krogh-Madsen, R., Plomgaard, P., Keller, P., Keller, C., y Pedersen, BK. (2004). Insulin stimulates interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha gene expression in human subcutaneous adipose tissue. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 286(2), E234-E238.
- Kwagyan, J., Retta, TM., Ketete, M., Bettencourt, CN., Maqbool, AR., Xu, S., y Randall, OS. (2015). Obesity and cardiovascular diseases in a high-risk population: Evidence-based approach to CHD risk reduction. *Ethnicity & Disease*, 25(2), 208-213.
- Lee, JH., Yeom, H., Kim, HC., Suh, I., Kim, MK., Shin, MH., Shin, DH., Koh, SB., Ahn, SV., Lee, TY., Ryu, SY., Song, JS., Choe, HS., Lee, YH., y Choi, BY. (2016). C-reactive protein concentration is associated with a higher risk of mortality in a rural Korean population. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 49(5), 275-287.
- Lim, U., Monroe, KR., Buchthal, S., Fan, B., Cheng, I., Kristal, BS., Lampe, JW., Hullar, MA., Franke, AA., Stram, DO., Wilkens, LR., Shepherd, J., Ernst, T., y Le Marchand, L. (2019). Propensity for intra-abdominal and hepatic adiposity varies among ethnic groups. *Gastroenterology*, 156(4), 966-975. e10.
- McGill, MR., y Gronowski, AM. (2018). Increased C-Reactive Protein in Healthy Controls. *Clinical Chemistry*, 64(1), 242-243.
- Morita, S., Mizuno, Y., Harada, E., Nakagawa, H., Morikawa, Y., Saito, Y., Katoh, D., Kashiwagi, Y., Yoshimura, M., Murohara, T., y Yasue, H. (2014). Differences and interactions between risk factors for coronary spasm and atherosclerosis--smoking, aging, inflammation, and blood pressure. *Internal Medicine*, 53(23), 2663-2670.
- Nisa, H., Hirata, A., Kohno, M., Kiyohara, C., y Ohnaka, K. (2016). High-sensitivity C-reactive protein and risks of all-cause and cause-specific mortality in a Japanese population. *Asian Pac Journal of Cancer Prevention*, 17(5), 2643-2648.
- Onat, A., Avci, GS., Barlan, MM., Uyarel, H., Uzunlar, B., y Sansoy, V. (2004). Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 28(8), 1018-1025.
- O'Rourke RW. (2018). Adipose tissue and the physiologic underpinnings of metabolic disease. *Surgery for Obesity and Related Disease*, 14(11), 1755-1763.
- Ouyang, P., Sung, J., Kelemen, MD., Hees, PS., DeRegis, JR., Turner, KL., Bacher, AC., y Stewart, KJ. Relationships of insulin sensitivity with fatness and fitness and in older men and women. *Journal of Womens Health (Larchmt)*, 13(2), 177-185.
- Ozen, G., Daci, A., Norel, X., y Topal, G. (2015). Human perivascular adipose tissue dysfunction as a cause of vascular disease: Focus on vascular tone and wall remodeling. *European Journal of Pharmacology*. 766, 16-24.
- Pickering, RT., Lee, MJ., Karastergiou, K., Gower, A., y Fried, SK. (2016). Depot dependent

effects of dexamethasone on gene expression in human omental and abdominal subcutaneous adipose tissues from obese women. *PLoS One*, 11(12), e0167337.

Ridker, PM., Rifai, N., Rose, L., Buring, JE., y Cook, NR. (2002). Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *New England Journal of Medicine*, 347(20), 1557-1565.

Seferović, PM., Ašanin, M., y Ristić AD. (2018). Acute stress disorder and C-reactive protein in patients with acute myocardial infarction. *European Journal of Preventive Cardiology*, 25(7), 702-705.

Sepahri, ZS., Masoomi, M., Ruzbehi, F., Kiani, Z., Nasiri, AA., Kohan, F., Sheikh Fathollahi, M., Kazemi Arababadi, M., Kennedy, D., y Asadikaram, GA.

(2018). Comparison of serum levels of IL-6, IL-8, TGF- $\beta$  and TNF- $\alpha$  in coronary artery diseases, stable angina and participants with normal coronary artery. *Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-grand)*, 64(5), 1-6.

Shivappa, N., Schneider, A., Hébert, JR., Koenig, W., Peters, A., y Thorand, B. (2018). Association between dietary inflammatory index, and cause-specific mortality in the MONICA/KORA Augsburg Cohort Study. *European Journal of Public Health*, 28(1), 167-172.

Thomas, EL., Parkinson, JR., Frost, GS., Goldstone, AP., Doré, CJ., McCarthy, JP., Collins, AL., Fitzpatrick, JA., Durighel, G., Taylor-Robinson, SD., y Bell, JD. (2012). The missing risk: MRI and MRS phenotyping of abdominal adiposity and ectopic fat. *Obesity (Silver Spring)*, 20(1), 76-87.

## Normas de Publicación

La **Revista Ciencia UNEMI** es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral a partir del año 2016. Dirigida a la población universitaria, que publica principalmente trabajos originales de investigación científica, ensayos y comunicaciones originales preferentemente en las áreas prioritarias de la revista. Su objetivo es divulgar las realizaciones científicas y tecnológicas de la UNEMI, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación en el país y en el exterior, en las áreas relacionadas con Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura.

### CONDICIONES GENERALES

Las contribuciones que se publiquen en **Ciencia UNEMI** deben estar enmarcadas en los requisitos fijados en la presente Norma y aceptadas por el Comité Editorial. Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español o inglés, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Los derechos de publicación de los trabajos son propiedad de Ciencia UNEMI, se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cumplan las condiciones siguientes: sin fines comerciales, no se realicen alteraciones de sus contenidos y se cite su información completa (nombre y apellido del autor, Ciencia UNEMI, número de volumen, número de ejemplar y URL exacto del documento citado). Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

### CONTRIBUCIONES

El Comité Editorial acepta tres (3) tipos de contribuciones para publicación en las distintas áreas de la Revista Ciencia UNEMI: Los Artículos Científicos, los Artículos Técnicos, y los Ensayos. Los Artículos Científicos son el resultado de trabajos de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte innovador en Ciencia y Tecnología. Los Artículos Técnicos son el resultado de trabajos de grado o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial. Los Ensayos son aquellas contribuciones producto de investigaciones destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca Ciencia UNEMI. Estos deben ser inéditos y no se aceptarán los que hayan sido ofrecidos a otros órganos de difusión.

### PRESENTACIÓN

Todas las contribuciones deben ser enviadas en formato electrónico. La redacción del manuscrito debe realizarse en

español o inglés.

Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto Microsoft Office Word® tipeadas a una sola columna, a interlineado simple, con un espaciado posterior entre párrafos de 6 puntos, en papel tamaño A4 (21,0 x 29,7 cm), tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, justificado, sin sangría y con márgenes de 2,5 cm en todos los lados: inferior, superior, izquierdo y derecho.

Las contribuciones deben tener una extensión mínima de 4 páginas y 16 como máximo. Los ensayos deben tener mínimo 30 referencias bibliográficas. Las ilustraciones, gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras y serán presentadas en formatos jpg. Las figuras deben ser en original, elaboradas por los autores. No se aceptan figuras escaneadas. Las fotografías deben ser de alta resolución, nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras. Las tablas y las figuras se deben enumerar (cada una) consecutivamente en números arábigos, en letra Times New Roman, tamaño 10. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posible a su referencia en el texto, con su respectivo título en la parte superior si es una tabla o inferior si es una figura. En el caso de que la información contenida sea tomada de otro autor, se debe colocar la fuente. Todas las ecuaciones y fórmulas deben ser generadas por editores de ecuaciones actualizados y enumeradas consecutivamente con números arábigos, colocados entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal y Sistema Internacional de Medida. Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Citas bibliográficas en el texto: las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Campos, 2012),... Campos (2012), (Da Silva y González, 2015), (Alvarado et al, 2014). Cuando se incluyen dos o más citas dentro de una misma frase, las citas se arreglan en orden cronológico. Citas que tengan el mismo año de publicación se arreglan en orden alfabético. Cuando se cite a autores que hayan publicado más de una referencia en el mismo año, se diferenciarán con las letras a, b, c, etc., colocadas inmediatamente después del año de publicación (por ejemplo, 2011a). Si el (los) mismo (s) autor (es) tiene (n) varias publicaciones con distintas fechas pueden citarse juntas en el texto (Campos *et al.*, 2014, 2015). Se recomienda que los autores revisen directamente las fuentes originales, en lugar de acudir a referencias de segunda mano; sólo cuando no sea posible localizar la fuente primaria de información se aceptará citar un trabajo mediante otra referencia. Ejemplo: (Ramírez, 2008, citado por Alvarado, 2015). Teniendo en cuenta que en el apartado de referencias sólo se señalarán los autores de los artículos realmente consultados, o sea, Alvarado (2015) en este caso.

## COMPOSICIÓN

Cada contribución deberá ordenarse en las siguientes partes: título en español, datos de los autores, resumen y palabras clave en castellano; título, resumen y palabras clave en inglés; introducción, metodología o procedimiento, resultados, conclusiones, referencias bibliográficas y agradecimientos.

**1. Título en español.** Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, fórmulas, ni caracteres desconocidos. Debe contener la menor cantidad de palabras (extensión máxima de 15 palabras) que expresen el contenido del manuscrito y pueda ser registrado en índices internacionales.

**2. Datos de los autores.** Debe indicar el primer nombre y primer apellido. Se recomienda para una correcta indización del artículo en las bases internacionales, la adopción de un nombre y un solo apellido para nombres y apellidos poco comunes, o bien el nombre y los dos apellidos unidos por un guión para los más comunes (Ej. María Pérez-Acosta). En otro archivo se debe indicar la información completa de cada autor: nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeña y dirección completa, incluyendo número de teléfono, fax e imprescindible correo electrónico.

**3. Resumen en español y Palabras clave.** Debe señalar el objetivo o finalidad de la investigación y una síntesis de la metodología o procedimiento, de los resultados y conclusiones más relevantes. Tendrá una extensión máxima de 200 palabras en un solo párrafo con interlineado sencillo. No debe contener referencias bibliográficas, tablas, figuras o ecuaciones. Al final del resumen incluir de 3 a 10 palabras clave o descriptores significativos, con la finalidad de su inclusión en los índices internacionales.

**4. Título, Resumen y Palabras Clave en inglés (Abstract y Keywords).** Son la traducción al inglés del título, resumen y palabras clave presentadas en español.

**5. Introducción.** Se presenta en forma concisa una descripción del problema, el objetivo del trabajo, una síntesis de su fundamento teórico y la metodología empleada. Se debe hacer mención además del contenido del desarrollo del manuscrito, sin especificar los resultados y las conclusiones del trabajo.

## 6. Desarrollo:

• **Materiales y Métodos (Metodología):** se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se realizó el trabajo, se describen los métodos y materiales desarrollados y/o utilizados.

• **Resultados:** se presenta la información y/o producto pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

• **Discusión de resultados:** se presentan los argumentos que sustentan los resultados de la investigación. Se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan. Se contrastan los resultados con los referentes teóricos, justificando la creación de conocimiento como resultado del trabajo.

**7. Conclusiones.** Se presenta un resumen, sin argumentos, de los resultados obtenidos.

**8. Referencias bibliográficas.** Al final del trabajo se incluirá una lista denominada "Referencias"; la veracidad de estas citas, será responsabilidad del autor o autores del artículo. Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles. Las referencias bibliográficas se citan en estricto orden alfabético, iniciando con el apellido del primer autor seguido de la (s) inicial (es) de su(s) nombre (s). Si todos los autores son idénticos en dos o más referencias, la fecha de publicación dictará su ordenamiento en la lista final. Si se da el caso de que existan dos o más artículos, de los mismos autores y publicados en el mismo año, en la lista de referencias se incluirán por orden alfabético de los títulos de los artículos, agregando una letra como sufijo. Al final del trabajo se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

**a. Libro:** A continuación se describen varias formas de citar un libro.

Libro con autor: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título en cursiva, Ciudad y país, Editorial. Por ejemplo:

Hacyan, S., (2004), *Física y metafísica en el espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.

Libro con editor: En el caso de que el libro sea de múltiples autores es conveniente citar al editor. Apellido editor, Iniciales nombre editor. (Ed.). (Año). Título. Ciudad, País: Editorial. Por ejemplo:

Wilber, K. (Ed.). (1997). *El paradigma holográfico*. Barcelona, España: Editorial Kairós

Libro en versión electrónica: Los libros en versión electrónica pueden venir de dos maneras: Con DOI y Sin DOI. El DOI (Digital Object Identifier), es la identificación de material digital, único para cada libro.

Libros en línea sin DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

De Jesús Domínguez, J. (1887). *La autonomía administrativa en Puerto Rico*. Recuperado de <http://memory.loc.gov/>

Libros Con DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. doi: xx.xxxxxxxx

Montero, M. y Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Capítulo de un libro. Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores: Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), Título del libro (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial

Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura y la escritura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, comprender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

**b. Artículos científicos:** Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título, Nombre de la revista en cursiva, Volumen, Número, Páginas. Por ejemplo:

Corominas, M., Roncero, C., Bruguca, E., y Casas, M. (2007). Sistema dopaminérgico y adicciones, *Rev Mukuel*, 44(1), 23-31.

**REFERENCIA SEGÚN EL TIPO DE ARTÍCULO:**

**Artículos con DOI:**

Bezuidenhout, A. (2006). Consciousness and Language (review). *Language*, 82(4), 930-934. doi: 10.1353/lan.2006.0184

**Artículo sin DOI impreso:**

Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, 13(24), 12-17.

**Artículo sin DOI digital:**

Mota de Cabrera, C. (2006). El rol de la escritura dentro del currículo de la enseñanza y aprendizaje del inglés como segunda lengua (esl/efl): Una perspectiva histórica. *Acción Pedagógica*, 15(1), 56-63. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/accionpe/>

**REFERENCIA SEGÚN LA CANTIDAD DE AUTORES:**

**Un autor:**

Tarlaci, S. (2010). A Historical View of the Relation Between Quantum Mechanics and the Brain: A Neuroquantologic Perspective. *NeuroQuantology*, 8(2), 120-136.

**Dos a siete autores:** Se listan todos los autores separados por coma y en el último se escribe "y".

Tuszynski, J., Sataric, M., Portet, S., y Dixon, J. (2005). Physical interpretation of micro tubule self-organization in gravitational fields. *Physics Letters A*, 340(1-4), 175-180.

**Ocho o más autores:** Se listan los primeros seis autores, se ponen puntos suspensivos y se lista el último autor.

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J.-Y., Coatsworth, D., Lengua, L.,...Griffin, W. A. (2000). An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856.

**c. Simposios, Congresos o Conferencias:** Autor, A. & Autor, A. (Fecha) del evento. Evento llevado a cabo en el Nombre de la organización, Lugar. Por ejemplo:

Rojas, C., & Vera, N. (Agosto de 2013). ABMS (Automatic BLAST for Massive Sequencing). 2° Congreso Colombiano de Biología Computacional y Bioinformática CCBCOL. Congreso llevado a cabo en Manizales, Colombia.

**d. Informes:** para citar un informe de alguna organización, institución gubernamental o autor corporativo se debe seguir el siguiente formato: Nombre de la organización. (Año). Título del informe (Número de la publicación). Recuperado de <http://xxx.xxxxxx.xxx/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

**e. Trabajo de Grado o Tesis:** Autor, A., & Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar. Por ejemplo:

Aponte, L., & Cardona, C. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional para la conservación de los cóndores reintroducidos en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

**INSTRUCCIONES DE ENVÍO**

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. Los trabajos (en el respaldo digital) deben ser entregados en la Secretaría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Ciencia UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, ubicada en la Ciudadela Universitaria, km 1½ vía a la Parroquia Virgen de Fátima; o si lo desea, enviar el artículo al email: [ciencia\\_unemi@unemi.edu.ec](mailto:ciencia_unemi@unemi.edu.ec), o a través de la página web: [ojs.unemi.edu.ec](http://ojs.unemi.edu.ec). Para mayor información dirigirse a las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, o comunicarse por los teléfonos +593 04 2715081, ext. 3210. En caso de requerirlo, escribir al correo electrónico antes mencionado.

**PROCESO EDITORIAL**

1. Recepción de artículos. El Comité Editorial efectuará una primera valoración editorial consistente en comprobar la adecuación del artículo a los objetivos de la revista, así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas de publicación. El Comité Editorial hará las correcciones pertinentes, sin alterar el contenido del mismo. Si encontrara fallas que pudieran afectarlo, las correcciones se harán de mutuo acuerdo con su autor. La recepción del artículo no supone su aceptación.

2. Sistema de revisión por pares (peer review). Los artículos preseleccionados serán sometidos a un proceso de arbitraje. Se asignarán dos o más revisores especializados en la materia, que evaluarán el artículo de forma confidencial y anónima (doble ciego), en cuanto a su contenido, aspectos formales, pertinencia y calidad científica. La aceptación definitiva del manuscrito está condicionada a que los autores incorporen en el mismo todas las correcciones y sugerencias de mejora propuestas por los árbitros.

3. Decisión editorial. Los criterios para la aceptación o rechazo de los trabajos son los siguientes: a) Originalidad; b) Precisión en el tema; c) Solidez teórica; d) Fiabilidad y validez científica; e) Justificación de los resultados; f) Impacto; g) Perspectivas/aportes futuros; h) Calidad de la escritura; i) Presentación de las tablas y figuras; y e) Referencias. Finalizado el proceso de evaluación, se notificará al autor principal la aceptación o rechazo del trabajo.

Los autores del artículo recibirán una constancia de su aceptación para publicarlo. Una vez publicado el artículo se les enviarán tres (3) ejemplares de la Revista respectiva y un certificado de haber publicado. Los trabajos no aceptados serán devueltos a sus autores indicándoles los motivos de tal decisión.

**Tabla. Parámetros de Evaluación**

CARACTERÍSTICA	N°	CRITERIO	ENSAYO	ARTÍCULO
<b>Innovación / Originalidad del artículo</b>	1.	Las ideas planteadas son nuevas	SI	SI
	2.	Las ideas planteadas son interesantes	SI	SI
	3.	Las ideas planteadas pueden aportar un nuevo enfoque para tratar un viejo problema	SI	SI
<b>Precisión en el tema / coherencia con los objetivos</b>	4.	Se especifica de forma clara el tipo de artículo del que se trata	SI	SI
	5.	Se especifica de forma clara el fin u objetivo que persigue el artículo.	SI	SI
<b>Solidez teórica y calidad de los argumentos</b>	6.	La estructura del artículo es la adecuada.	SI	SI
	7.	Existe orden, coherencia y sistematicidad en las ideas expuestas.	SI	SI
	8.	Las ideas planteadas se basan en argumentos sólidos, ya demostrados por otros autores o en estudios anteriores.	SI	SI
	9.	Los argumentos presentados están actualizados (a partir del 2004 en adelante).	SI	SI
<b>Nivel científico, diseño experimental, metodología</b>	10.	La metodología empleada es la adecuada, tiene calidad y garantías científicas	NO	SI
	11.	En el artículo se describe de forma suficiente el método y procedimiento para que un lector interesado pueda reproducirlo	NO	SI
	12.	Las hipótesis o las preguntas de investigación se han planteado adecuadamente.	NO	SI
	13.	Se ha definido claramente el diseño experimental.	NO	SI
	14.	Los instrumentos de medición y experimentación utilizados tienen calidad y garantías científicas	NO	SI
	15.	Se consigue integrar en un marco nuevo y más simple de resultados que antes implicaban un marco más complejo	NO	SI
<b>Presentación y justificación de los resultados / conclusiones</b>	16.	El artículo aporta resultados de importancia teórica o práctica.	SI	SI
	17.	Los datos presentados son válidos	SI	SI
	18.	Los datos y resultados son claramente expuestos mediante fórmulas, tablas y figuras	SI	SI
	19.	El tratamiento de datos va encaminado hacia la comprobación de las hipótesis o las preguntas de investigación.	NO	SI
	20.	La interpretación que se hace de los resultados es inequívoca.	SI	SI
	21.	Las conclusiones se basan en los argumentos planteados o resultados obtenidos.	SI	SI
	22.	Las conclusiones van en concordancia con el objetivo planteado.	SI	SI
<b>Impacto del tema presentado en el artículo</b>	23.	Las conclusiones presentadas son de interés para la comunidad académica	SI	SI
	24.	El contenido del artículo se constituye en un aporte significativo al conocimiento anteriormente desarrollado en su área.	SI	SI
<b>Perspectivas / futuros trabajos</b>	25.	El artículo es relevante para la discusión de problemas en su área.	SI	SI
	26.	El artículo abre posibilidades para realizar investigaciones futuras	SI	SI
<b>Calidad de la escritura</b>	27.	La redacción del artículo es clara y entendible	SI	SI
<b>Legibilidad de figuras y tablas</b>	28.	Las figuras y tablas se encuentran correctamente enumeradas y con su respectivo título	SI	SI
<b>Bibliografía</b>	29.	El artículo contiene al menos 30 citas bibliográficas.	SI	NO
	30.	El artículo contiene citas bibliográficas claramente definidas	SI	SI

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA AUTORES

Ciudad, fecha.....20....

DIRECTOR DE LA REVISTA CIENCIA UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Milagro, Ecuador

Presente.

Por medio del presente documento y fundamentado en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor el (los) suscrito (s) .....[Nombres y apellidos de autor (es)] he (hemos) remitido para su publicación en la Revista Ciencia UNEMI, editada por la Universidad Estatal de Milagro, el trabajo intitulado (título completo)..... para que de forma exclusiva reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet e incluir en índices nacionales e internacionales o bases de datos en caso de ser aprobado el artículo de mi (nuestra) autoría. Por lo tanto el (los) autor (es) firmante (s) DECLARA (MOS):

- Que el trabajo de investigación entregado es un trabajo original.
- Que no ha sido publicado previamente por ningún medio.
- Que no ha sido remitido simultáneamente a otras publicaciones impresas o digitales, ni está pendiente de valoración, para su publicación, en ningún otro medio, en ningún formato.
- Que en caso de ser publicado el artículo, transfieren todos los derechos de autor a la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, sin cuyo permiso expreso no podrán reproducirse ninguno de los materiales publicado en la misma.
- Que el trabajo presentado no contiene material escandaloso, calumnia, difamación, obscenidad, fraude o cualquier otro material ilegal; y ni el trabajo, ni el título vulnera ningún derecho de autor, derecho literario, marca o derecho de propiedad de terceras personas. Asumo (asumimos) la total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifiesto (manifestamos) expresamente que no me (nos) reservo (reservamos) ningún derecho en contra de la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro.

Atentamente

.....  
Nombres y firma de autor (es)

Enviar por correo electrónico o entregar en las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, de la Universidad Estatal de Milagro.

Correos: ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

**REVISTA CIENCIA UNEMI**  
Volumen 13 - Número 32, Enero-Abril 2020  
ISSN-1390-4272 Impreso  
ISSN 2528-7737 Digital  
Universidad Estatal de Milagro  
Ciudadela Universitaria, km 1.5 vía Milagro km 26  
Conmutador: 04 2 970-881, ext. 3210  
Milagro, Ecuador

# CIENCIA

UNEMI

Indexada en:



En Catálogo

[www.unemi.edu.ec](http://www.unemi.edu.ec)

[www.facebook.com/unemionline](https://www.facebook.com/unemionline)

facebook

[www.flickr.com/rpp-unemi](https://www.flickr.com/rpp-unemi)



Dirección: Cda. Universitaria, Km. 1,5 vía Milagro Km. 26  
Conmutador: (04) 2 715-081 / 2 715-079

[@UNEMI\\_ec](https://www.twitter.com/UNEMI_ec)

twitter

[www.youtube.com/UnemiTube](https://www.youtube.com/UnemiTube)



E-mail: [rektorado@unemi.edu.ec](mailto:rektorado@unemi.edu.ec)  
Milagro - Guayas - Ecuador