

# REVISTA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICOS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE AGROFORESTERIA UNILLANOS



VOLUMEN 10 NÚMERO 1 AÑO 2019

## EDITORIAL

En el proceso de enseñanza y aprendizaje no se trata de utilizar únicamente los medios tecnológicos, sino que es necesario que los docentes establezcan las estrategias para su adecuado empleo, no solo en el aula, también en otros espacios académicos, dentro y fuera del campus universitario. De esta forma la tecnología sería un recurso para promover la educación o el desarrollo de comunidades agropecuarias, en el ámbito urbano y rural, con esta labor, los profesores a través de las universidades pueden aportar a la aplicación de la investigación en el desarrollo socioeconómico del país; quedando disponible este conocimiento a la comunidad en general y no solo siendo reservada a las bibliotecas o redes especializadas, donde el acceso es limitado y muchas veces los productores del sector agropecuario no tienen los medios para acceder a esta información, que están generando las instituciones educativas, científicas, sociales y comerciales. Es así, que los expertos recomiendan que las redes digitales del conocimiento se les deben promocionar para obtener un mayor provecho mediante la integración de distintos medios de comunicación (impresos, radio y televisión y otros). Estas acciones son fundamentales en el proceso de enseñanza aprendizaje, puesto que el cambio diario en todos los aspectos de nuestras vidas, nos conlleva a cuestionarnos, porque necesitamos saber que está pasando en nuestro entorno, lo cual se ha generado, por la convivencia en un mundo globalizado, exigiendo aprender de manera continua, tomando como instrumento los nuevos recursos tecnológicos disponibles en esta sociedad del conocimiento.

La información sobre fortalezas, competencias, y debilidades en este proceso, se puede utilizar para establecer correctivos mediante planes de mejoramiento, identificando las mejores experiencias para aprender de ellas. Todos los sectores de la sociedad y de la institucionalidad pública a nivel central y territorial, deben tener como política indispensable, la construcción de una convivencia equitativa, estando en igualdad de condiciones conociendo adecuadamente la situación actual desde cada una de las áreas en las nos desempeñamos. Por lo anterior, los profesores deben exigirse, el incrementar en los procesos educativos y formativos un enfoque pedagógico y metodológico, que no solo incluya el desarrollo productivo agropecuario, sino que también se trabaje con las comunidades en la obtención de la paz, utilizando la tecnología que ayudaría a transformar la realidad actual, incluyendo a la sociedad a un cambio de mentalidad, logrando una sostenibilidad en el mejoramiento socioeconómico.

**Z. MSc. Esp. MARÍA LIGIA ROA VEGA**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE AGROFORESTERIA**

**Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido  
interespecífico fortuna en una plantación ubicada en Cabuyaro-Meta**

**Physicochemical analysis of crude palm oil from the interspecific fortune  
hybrid in a plantation located in Cabuyaro-Meta**

**Análise físico-química do óleo de palma bruto do híbrido interespecífico da  
fortuna em uma plantação localizada em Cabuyaro-Meta**

Acuña Herrera Cristian Fabián<sup>1</sup>, Quesada Ramírez Rafael Andrés<sup>1</sup> y  
Lopez Muñoz Luis Gilberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingenieros Agroindustriales, Universidad de los Llanos y

<sup>2</sup>Ingeniero Agroindustrial, Docente Universidad de los Llanos

[llopezm@unillanos.edu.co](mailto:llopezm@unillanos.edu.co)

Recibido 03 de Diciembre 2018, Aceptado 27 de Mayo 2019

## **RESUMEN**

La agroindustria de la palma de aceite es de las más promisorias del país. Hoy en día para posicionar un código en el mercado de las semillas, es importante contar con la ficha técnica del producto a comercializar. Las investigaciones adelantadas por Hacienda La Cabaña dieron como resultado un nuevo híbrido denominado Fortuna, que presenta mayor rendimiento en fruta fresca y mayor porcentaje de extracción de aceite. El objetivo de este trabajo, fue analizar fisicoquímicamente el aceite de palma crudo, del híbrido Interespecífico *Elaeis oleifera* Coari x *Elaeis guineensis* La Mé, denominado Fortuna, para poder comparar los resultados con los valores teóricos del aceite del híbrido Interespecífico Classic e identificar los parámetros de calidad del aceite crudo de palma de acuerdo a la NTC 431. Los resultados obtenidos con la palma tradicional y el híbrido Classic muestran que algunos componentes de ácidos grasos conservan sus valores relativos muy similares, sin embargo, el aceite del híbrido código Fortuna tiene más triglicéridos que contienen ácido oleico, y un menor contenido de ácido palmítico.

**Palabras clave:** Palma aceitera, oleaginosas, aceite vegetal, ácidos grasos, ácido oleico.

### ABSTRACT

Agribusiness palm oil is the most promising country. Today for positioning a code in the seed market, it is important to have the data sheet for the product to market. The investigations conducted by Hacienda La Cabaña resulted in a new hybrid called Fortuna, which had higher fresh fruit yield and higher percentage of oil extraction. The aim of this study was to analyze physicochemically crude palm oil, interspecific hybrid *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Coari La Mé, called Fortuna, to compare the results with theoretical values interspecific hybrid oil Classic and identify quality parameters of crude palm oil according to NTC 431. The results obtained with the traditional palm and the classic hybrid show that some fatty acid components retain their very similar relative values, however oil hybrid Fortuna code has more triglycerides containing oleic acid, and lower in palmitic acid.

**Keywords:** Oil palm, oilseeds, vegetable oil, fatty acids, oleic acid.

### RESUMO

O agronegócio do dendê é um dos mais promissores do país. Hoje em dia para posicionar um código no mercado de sementes, é importante ter a ficha técnica do produto a ser comercializado. As investigações realizadas pela Hacienda La Cabaña resultaram em um novo híbrido chamado Fortuna, que apresentou maior rendimento em frutas frescas e maior porcentagem de extração de óleo. O objetivo deste trabalho foi analisar fisicoquimicamente o óleo de palma cru do híbrido Interspecífico *Elaeis oleifera* Coari x *Elaeis guineensis* La Mé, denominado Fortuna, a fim de comparar os resultados com os valores teóricos do óleo do híbrido Interspecific Classic e identificar Parâmetros de qualidade do óleo de palma bruto de acordo com a NTC 431. Os resultados obtidos com a palma tradicional e o híbrido Classic mostram que alguns componentes de ácidos graxos retêm seus valores relativos muito semelhantes, no entanto, o óleo híbrido Fortuna tem mais triglicerídeos contendo ácido oleico e um menor teor de ácido palmítico.

**Palavras-chave:** Óleo de palma, oleaginosas, óleo vegetal, ácidos gordos, ácido oleico.

## INTRODUCCIÓN

La palma aceitera pertenece a la familia *Palmaceae*, tribu *Cocoinae*. Jacquin, la describió en 1763 y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*; este género incluye tres especies: *E. guineensis*, de África Occidental; *E. oleífera* (*Elaeis melanococa*), que se extiende de Centroamérica a Brasil, y *E. odora*, una especie poco conocida de América del Sur (Ortiz, 1994). Es una planta perenne, cultivada por su alta productividad de aceite, la especie tiene tres variedades: dura, tenera y pisífera; de ellas la variedad tenera es la que se utiliza comercialmente para la extracción del aceite y es un cruce entre las otras dos variedades (Quesada, s.f).

La palma de aceite es una planta del trópico propia de climas cálidos y es la más productiva de las oleaginosas del planeta, en una hectárea presenta un rendimiento de aceite entre seis y diez veces superior al de otros cultivos, como la soya y el girasol entre otros (Cenipalma, 2006). Tiene en promedio una vida que oscila entre los 24 y los 28 años, de acuerdo con el tipo de material plantado, expresa mejor su potencial de producción en condiciones de alta temperatura, buena radiación solar, alta precipitación y humedad relativa (Brugés, 2004). Alrededor de 8,6 millones de hectáreas del mundo sembradas con palma de aceite abastecen el 23% de la demanda mundial de aceites y grasas, mientras que 88 millones de hectáreas de soya sólo abastecen el 24% de ella (Cenipalma, 2013).

El aceite de palma se viene consumiendo desde hace más de 5000 años (Quesada, s.f.), y es uno de los productos de mayor crecimiento en la industria colombiana. El aceite se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., a través de procedimientos mecánicos; está constituido por una mezcla de ésteres de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E, gracias a su versatilidad, dada por su composición de ácidos grasos saturados e insaturados (Rincón y Martínez, 2009).

El aceite de palma contiene iguales proporciones de ácidos grasos no saturados, conteniendo alrededor del 40% de ácido oleico (no monosaturado), 10% de ácido linoléico (no polisaturado), 44% de ácido palmítico (saturado) y 5% de ácido esteárico (saturado) (Quesada, s.f.). Es la fuente natural más rica en vitamina E, antioxidante que protege el cerebro y el corazón, protege contra el cáncer y enfermedades crónicas como el Alzheimer, es naturalmente libre de grasas trans y protege la salud cardiovascular (Fedepalma, 2016). Los carotenos, se hayan presentes en concentraciones del orden de partes por millón (ppm), son sustancias de gran importancia para la estabilidad del aceite de palma africana porque previenen la oxidación causada por el oxígeno del aire y que además es acelerada por las altas temperaturas y los rayos UV de la luz solar. El aceite crudo de palma también contiene cierta cantidad de agua que puede ser generadora por la hidrólisis de los triglicéridos si se exceden niveles críticos, esta humedad proviene en parte de los mismos frutos de la palma, o del agua añadida en las diferentes etapas del proceso de obtención del aceite (Fontalvo *et al.*, 2014).

El sector palmero continúa posicionándose como una de las alternativas de desarrollo más promisorias del agro colombiano, a nivel mundial Colombia se posiciona como el cuarto productor de aceite de palma y el primero en América Latina (Fedepalma, 2016). En el país, la palma de aceite se identifica por zonas, en la oriental, se identificaron 29 núcleos palmeros, en esta zona, los productores de palma del Meta y Casanare ocupan el primer lugar a nivel nacional en cuanto al área sembrada y la producción de toneladas de aceite; actualmente el departamento del Meta cuenta con 20 municipios con áreas sembradas en palma de aceite (Fedepalma, 2016), entre los cuales se encuentra Hacienda La Cabaña S.A., ubicada en el municipio de Cabuyaro Meta.

Hacienda La Cabaña dentro sus investigaciones ha caracterizado en producción un nuevo código de palma híbrido (OxG) en el cual se evaluaron ocho pólenes de *E. guineensis* con 23 madres *E. oleífera*, buscando optimizar el rendimiento en campo, y variedades que sean resistentes a plagas y enfermedades; de estas investigaciones surgió el híbrido denominado FORTUNA, que por su mayor

rendimiento en fruta fresca y mayor porcentaje de extracción dando como resultado 7.2 toneladas de aceite al año por hectárea, se convierte en un nuevo código de palma prometedor en el sector palmero en un futuro no muy lejano.

En este orden de ideas, Hacienda La Cabaña busca posicionar este código en el mercado de semillas, para ello es importante tener una ficha técnica del producto a comercializar, por lo que se debe caracterizar las propiedades del fruto para realizar las respectivas comparaciones con la variedad que se trabaja actualmente de palma comercial (*E. guineensis* Híbrido Interespecífico Classic). Por lo tanto, en este trabajo se analizó fisicoquímicamente el aceite de palma crudo del híbrido denominado FORTUNA comparando los resultados obtenidos con los valores teóricos del híbrido Interespecífico Classic, siendo éste el de mayor comercialización, y finalmente identificar los parámetros de calidad del aceite crudo de palma de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana para aceite crudo natural de palma africana NTC 431 (ICNTC, 2009).

## METODOLOGÍA

Este estudio se realizó en los laboratorios de la Universidad de los Llanos, en la empresa Hacienda La Cabaña S.A., y el Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (CENIPALMA), para lo cual se analizaron cinco (5) racimos maduros de híbrido código Fortuna obtenidos de palmas diferentes, en cinco (5) repeticiones. Los frutos de palma fueron recolectados en un área de 20 hectáreas de un cultivo de 15 años de establecido, en el cual se encuentran distribuidos diferentes híbridos y/o variedades a los que se les asignó un código determinado, lo cuales hacen parte de los ensayos de la empresa Hacienda La Cabaña; el código fortuna está distribuido en sitios diferentes con 12 palmas cada uno, de los cuales se seleccionaron cinco sitios en los que se caracterizó la palma y se muestreó un racimo de cada una, el área de estudio estuvo definida con un consecutivo de línea palma número 21-128.

En la primera parte del estudio se obtuvieron todas las muestras de racimos recién cosechados (Figura 1), los cuales se trasladaron cuidadosamente desde el campo

hasta el laboratorio donde se pesaron en una balanza eléctrica (Figura 2), donde posteriormente se escogieron los frutos que no mostraron ningún tipo de alteración física.

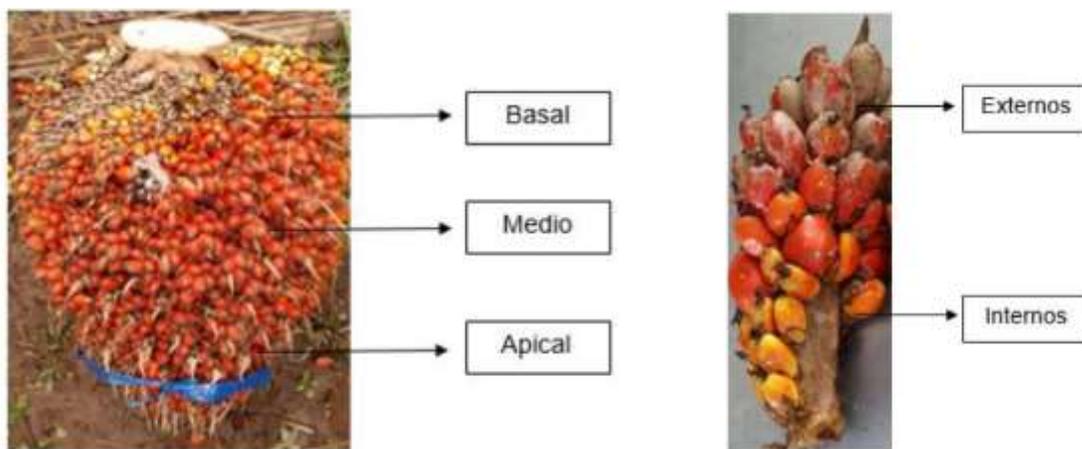


**Figura 1.** Recolección en campo del racimo de palma código Fortuna



**Figura 2.** Pesaje del racimo de palma código Fortuna

Posteriormente se separaron los racimos (Figura 3) en lonas, luego se colocaron al interior de recipientes cilíndricos horizontales (autoclave), donde los racimos se cocinaron con el vapor generado por una caldera durante 45 minutos. Una vez esterilizados los racimos, se realizó el desfrutamiento, el cual consiste en separar de los racimos esterilizados los frutos sueltos. Finalmente, los frutos se sometieron a un prensado manual, con el objetivo de separar la porción líquida de la masa de frutos, y posteriormente se tomó una muestra para cada racimo.



**Figura 3.** Secciones de muestreo del racimo

Para realizar la caracterización fisicoquímica del aceite crudo de palma aleatoriamente se analizaron cinco muestras del mismo código genético; los ensayos se basaron en los métodos descritos en el manual de laboratorio de planta de beneficio de Cenipalma (Fedepalma, 2006), en los cuales se determinó: Punto de fusión, ácidos grasos libres (AGL), humedad y material volátil, perfil de ácidos grasos, impureza del aceite y potencial de aceite. Se realizó la prueba de impureza en el aceite por medio de un montaje de filtración al vacío con embudo de Buchner y Kitasato, en el cual se retira el material insoluble de una muestra fluida, en este caso aceite de palma, con el fin de determinar el porcentaje de impurezas con la que se está procesando la extracción del aceite crudo de palma. El potencial de aceite se analizó mediante la determinación del porcentaje de

extracción, con ello se conoce la factibilidad de la extracción, además sirve para comparar el rendimiento de extracción entre el aceite comercial y el aceite híbrido.

Finalmente, los valores registrados fueron comparados con los del aceite de palma africana según la Norma Técnica Colombiana para aceite crudo natural de palma africana NTC 431 (ICNTC, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización fisicoquímica del aceite crudo de palma

Las propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de frutos provenientes de la empresa Hacienda La Cabaña, del municipio de Cabuyaro del departamento del Meta, se encuentran dentro de lo esperado para este tipo de aceite; los resultados se muestran en la Tabla 1. De acuerdo a los análisis realizados se obtuvo que el punto de fusión está entre 21 y 29°C; la cantidad de ácidos grasos libres (expresado como ácido palmítico) es 4.23%; la humedad y material volátil 0.25%; y la impureza del aceite en promedio es 0.07%.

**Tabla 1.** Propiedades fisicoquímicas del aceite crudo de palma código Fortuna

Parámetro	Valor	Unidad
Punto de fusión	21-29	°C
Ácidos grasos libres (AGL)	4.23	%
Humedad y material volátil	0.25	%
Impureza del aceite	0.07	%
Potencial del aceite	28.80	%

Los valores del potencial de aceite fueron determinados por el departamento agronómico en el área de investigación de la empresa Hacienda La Cabaña S.A., quienes realizan rutinariamente este análisis a los racimos; de acuerdo con los datos obtenidos para el año 2012, el valor del potencial de aceite registrado fue 28.80%. El alto potencial del racimo depende en gran medida de la cantidad de fruto presente en el racimo, el mayor peso promedio de sus frutos, el alto contenido de pulpa en sus frutos y de aceite en pulpa.

### Perfil de ácidos grasos

El análisis del perfil de ácidos grasos fue realizado en el Laboratorio de Cenipalma. En la Tabla 2 se muestran los ácidos grasos observados y sus cantidades presentes en el aceite, teniendo en cuenta su clasificación química.

**Tabla 2.** Ácidos grasos incluidos en el perfil de ácidos grasos y su clasificación

Ácido graso	Fórmula	Contenido (%)
<b>Saturados</b>		
Mirístico	C14:0	0.16
Pentadecanoico	C15:0	0.04
Palmítico	C16:0	23.90
Margárico	C17:0	0.09
Esteárico	C18:0	2.62
Araquídico	C20:0	0.33
<b>Monoinsaturados</b>		
Palmitoléico	C16:1	0.29
Oleico	C18:1n9c	5.00
<b>Polininsaturados</b>		
Linoléico	C18:2n6c	11.92
$\alpha$ -Linoléico	C18:3n3	0.38

Los resultados obtenidos corresponden específicamente a un periodo de análisis del segundo semestre del año, donde las variaciones encontradas pueden atribuirse a factores como el tipo de cultivo, región agrícola, condiciones climáticas, sistema de producción, procesos y almacenamiento entre otros.

### Comparación con las características teóricas del híbrido interespecífico classic

En la Tabla 3 se observan los valores de algunos parámetros de los aceites de palma de alto oleico y el aceite de palma código Fortuna. El punto de fusión teórico encontrado esta entre 22 y 28, el de código Fortuna entre 21 y 29. La

humedad y el material volátil hallado fueron de 0.25%, teniendo como referencia un valor máximo de 0.5%. En cuanto al porcentaje de impurezas insolubles se halló un valor de 0.07%, siendo el valor máximo teórico de 0.10%.

**Tabla 3.** Comparación del aceite de palma alto oleico y aceite de palma código Fortuna

Parámetro	Unidad	Aceite de palma OxG	Código Fortuna
Punto de fusión	°C	22-28	21-29
Humedad + Material volátil	%	0.5 máx.	0.25
Impurezas insolubles	%	0.10 máx.	0.07
Ácidos grasos libre (AGL) (como ácido palmítico)	%	5.0 máx.	4.23
Potencial de aceite	%	28.89	28.80

**Fuente:** Fedepalma, (2013); Zapata, (2010); Duran *et al.*, (2004)

Los factores que tienen mayor incidencia en el deterioro oxidativo del aceite de palma crudo durante su extracción y almacenamiento son: la presencia de trazas de metales como hierro y cobre, el sobrecalentamiento del aceite en presencia de oxígeno, la exposición directa a la luz solar, y un alto contenido de clorofila proveniente de racimos inmaduros, los cuales impactan directamente sobre la calidad del aceite (Delgado, 2004). En este sentido, el porcentaje de AGL en el aceite de palma crudo es un indicativo de las buenas prácticas llevadas a cabo durante los procesos de extracción y almacenamiento, y el transporte desde las plantas de beneficio hasta las plantas refinadoras, así como del estado del fruto procesado (Rincón y Martínez, 2009). En el caso del contenido de AGL del aceite de palma código Fortuna se obtuvo como resultado 4.23%, lo cual es un indicativo de las buenas prácticas llevadas a cabo durante los procesos de extracción, almacenamiento, y transporte, así como del estado del fruto procesado. Las industrias de refinación de aceites y grasas buscan un bajo contenido de ácidos grasos libres (AGL) (Rincón y Martínez, 2009). De acuerdo con los datos obtenidos del potencial de aceite se tiene que el valor teórico de la palma comercial y el registrado para el híbrido Fortuna son muy similares (Tabla 4),

puesto que ambas lecturas fueron tomadas cuando los racimos estaban en su estado de madurez óptimo.

**Tabla 4.** Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de palma alto oleico y el aceite de palma código Fortuna

Ácidos grasos	Aceite de palma O x G (%)	Aceite de palma Fortuna (%)
C12:0 Láurico	0.39	0.00
C14:0 Mirístico	0.60	0.16
C16:0 Palmítico	28.50	23.90
C16:1 Palmitoléico	0.40	0.29
C18:0 Estearico	3.50	2.62
C18:1 Oleico	54.20	59.00
C18:2 Linoléico	11.60	11.92
C18:3 Linoléico	0.20	0.38
C20:0 Araquídico	0.30	0.33

**Fuente:** Zapata, (2010).

En comparación con la palma de aceite comercial, el código Fortuna tiene más triglicéridos que contienen ácido oleico (59 Vs 54.2), linoleico C18:2 (11.9 Vs 11.6), linoleico C18:3 (0.38 Vs 0.2); un menor contenido de ácido láurico (0 Vs 0.39), mirístico (0.16 Vs 0.6), palmítico (23.9 Vs 28.5), palmitoléico (0.29 Vs 0.4) y estearico (2.62 Vs 3.5); y un valor relativamente similar para el ácido araquídico (0.3 Vs 0.33). En general no se evidencia grandes diferencias en el contenido de ácidos grasos, lo cual le confiere ventajas nutricionales, utilizando técnicas similares para la extracción del aceite de palma alto oleico.

En relación con los componentes de ácidos grasos del aceite de palma, el híbrido Fortuna conserva sus valores relativamente muy similares al de la palma comercial. El primero tiene más triglicéridos que contienen ácido oleico (59 Vs 40), y un menor contenido de ácido palmítico (23.9 Vs 44). Estos resultados dan por confirmado las características del aceite de palma alto oleico (Tabla 5).

**Tabla 5.** Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de palma y el aceite de palma código Fortuna

Ácidos grasos	Aceite de palma NTC 431		Código Fortuna
	(%)	Rango	(%)
C12:0 Láurico	0.40	0.4	0.00
C14:0 Mirístico	1.25	0.5-2.0	0.16
C16:0 Palmítico	44.0	41.0-47.0	23.90
C16:1 Palmitoléico	-	<0.6	0.29
C18:0 Esteárico	4.75	3.5-6.0	2.62
C18:1 Oleico	40.0	36.0-44.0	59.00
C18:2 Linoléico	10.0	8.0-12.0	11.92
C18:3 Linoléico	-	<0.5	0.38
C20:0 Araquídico	-	<0.1	0.33

Fuente: ICNTC, (2009)

Los ácidos grasos insaturados que constituyen los triglicéridos (TG) del aceite de palma son el oleico (36-44%) y el linoleico (9-12%) que tienen configuración *cis*; también posee los ácidos grasos saturados palmítico (39.3-47.5%) y esteárico (3.5-6%) (Rincón y Martínez, 2009), lo cual coincide con lo observado en el presente estudio para el híbrido Fortuna.

En lo fundamental, la composición de los triglicéridos del aceite es: 1-palmitoil-2,3-dioleoil-sn-glicerol (alrededor de 23%) y 1,3-dipalmitoil-2-oleoilsn-glicerol (cerca del 18%). Dichos triglicéridos se caracterizan porque el ácido oleico se encuentra en mayor proporción en la posición sn-2 del TG, lo que proporciona una mejor biodisponibilidad de ácidos grasos monoinsaturados. La importancia de la biodisponibilidad de los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico radica en que estos son hipocolesterolemiantes, y por tanto disminuyen las concentraciones de colesterol LDL (fracción perjudicial del colesterol que en exceso se deposita en la paredes arteriales originando la formación de ateromas), y potencian las acciones beneficiosas del colesterol HDL (encargado de recolectar el colesterol libre desde los tejidos del cuerpo hasta el hígado, donde es descompuesto y eliminado del

cuerpo por medio de la bilis) (Stanley, 2008). Además, como el aceite de palma posee una mínima cantidad de los ácidos grasos láurico (<5%) y mirístico (0.5-2%), que también se observó en el presente estudio, y que son considerados hipercolesterolémicos, no genera un aumento del colesterol en la sangre (Firestone, 2006).

Los antioxidantes también son de gran importancia en la estabilidad del aceite, porque inciden en las propiedades del producto desde el momento mismo de la cosecha y el procesamiento, hasta la formulación de los productos finales, puesto que actúan inhibiendo o retardando el proceso de peroxidación lipídica sobre los ácidos grasos insaturados, durante el cual se hidroliza el enlace éster de los triglicéridos y se liberan ácidos grasos que generan peróxidos e hidroperóxidos, principales responsables de cambios en las características organolépticas del producto.

## CONCLUSIONES

Uno de los principales factores que determinan la importancia de los aceites en el componente nutricional de un individuo es el perfil lipídico, el cual está dado por el tipo y proporción de ácidos grasos y componentes minoritarios como pigmentos, vitaminas entre otros; en este sentido el aceite de palma tradicional y el del híbrido Fortuna conservan valores relativos muy similares de ácidos grasos, sin embargo el último tiene más triglicéridos que contienen ácido oleico, y un menor contenido de ácido palmítico, lo cual podría ser favorable desde el punto de vista nutricional

La evidencia de un alto contenido de ácido oleico supone ventajas técnicas y comerciales en la agroindustria, teniendo en cuenta que es un compuesto que juega un papel importante en la salud humana al momento de consumirlo, respondiendo a la tendencia actual de la industria de aceites comestibles de desarrollar productos libres de ácidos grasos trans.

La acidez es uno de los parámetros de calidad más importantes, en el caso del aceite crudo de palma tiene un parámetro límite de pH=4; cuando los resultados

son mayores se deben buscar las causas, y proveer las acciones correctivas para evitar la rancidez del aceite y daños posteriores.

La humedad es determinante para conocer si el producto se encuentra bajo los estándares de calidad, teniendo en cuenta que este factor afecta la calidad del aceite porque puede crear un medio afable para la proliferación de microorganismos que deterioran el producto.

El porcentaje de ácidos grasos libres (AGL) en el aceite de palma crudo es un indicativo de las buenas prácticas llevadas a cabo durante los procesos de extracción y almacenamiento, y el transporte desde las plantas de beneficio hasta las plantas refinadoras, así como del estado del fruto procesado.

### **RECOMENDACIONES**

Las evaluaciones realizadas en la composición fisicoquímica del aceite de palma de código Fortuna, indican que hay perspectivas interesantes desde el punto de vista agroindustrial para su utilización en la elaboración de bienes de consumo básico o como materia prima para otras industrias, por lo cual se requieren hacer evaluaciones a escala piloto.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Arveláez, A; Mieres, A; Hernández, C. Diseño experimental aplicado a la extracción de aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aculeata*). Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad de Zulia, 31 (Especial): 122-129. 2008.
2. Brugés, C. Estimación y reducción de pérdidas en el proceso de extracción de aceite de palma en la planta de beneficio de Fruto Palmar Santa Elena S.A. (Tumaco). Tesis Ingeniero de producción agroindustrial. Universidad de la Sabana. Facultad de ingeniería. Bogotá, Colombia, 98 p. 2004.
3. Centro Nacional de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA). Guía sobre el aceite de palma y sus aplicaciones. Bogotá D.C., Colombia. 2013.
4. Centro Nacional de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA). Guía para el análisis de racimos de palma de aceite. Convenio SENA, SAC FEDEPALMA. 2006.
5. Contreras, Á.; Cayon, G.; Corchuelo, G. Models to estimate the bunch dry weight in African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), American oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes) and the Interspecific Hybrid (*E. oleifera* x *E. guineensis*). Agronomía Colombiana, 30 (1): 46-51. 2012.

6. Cuellar, M. Experiencias en la producción y mercadeo del aceite de palma alto oleico. 28 p. 2015. Recuperado 28 Marzo 2019. Disponible En: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/3%20%20Monica%20Cuellar.pdf>
7. Delgado, W. Por qué se enrancian las grasas y los aceites. Revista Palmas, 25 (2): 35-43. 2004.
8. Durán, Q.; Sierra, G.; García, J. Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. Revista Palmas, 25 (II): 501-508. 2004.
9. FEDERACION NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE (FEDEPALMA). Acuerdo N. 251 del 2, mayo de 2013. "Por el cual se establecen las características técnicas que deben cumplir los productos objeto de las compensaciones de estabilización". Bogotá, D.C., Colombia. 14 p. 2013.
10. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. (FEDEPALMA). Planes de Desarrollo Municipal y la agroindustria de la palma de aceite. Bogotá, D.C., Colombia, 56 p. 2016.
11. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. (FEDEPALMA). Manual de laboratorio plantas de beneficio primario para fruto de palma de aceite. 117 p. 2000.
12. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. (FEDEPALMA). La palma de aceite en el Departamento del META. 1 p. 2016.
13. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. (FEDEPALMA). La palma de aceite en Colombia. 1 p. 2016.
14. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. (FEDEPALMA). Herramienta del Sistema de información estadística del sector palmero (Sispa). Recuperado 28 Marzo 2019. Disponible En: <http://web.fedepalma.org/sispa>
15. Firestone, D. Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes, 2<sup>nd</sup> Ed, AOCS Press (Estados Unidos). 2006.
16. Fontalvo, M.; Vecino, R.; Barrios, A. El aceite de palma africana *Elaeis guineensis*: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental. Prospectiva, 12 (1): 90-98. 2014.
17. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICNTC). NTC 431, Aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq). Bogotá D.C. 11 p. 2009.
18. Martínez, G. Panorama de la agroindustria palmera, retos y oportunidades. En: Seminario "La agroindustria de la palma de aceite: un negocio sostenible e inclusivo". Bogotá, Colombia 67 p. 2013.
19. Mesa, J. El aceite de palma: la alternativa de los aceites y grasas en América. Revista Palmas, 25 (I): 15-28. 2004.
20. Núñez, D. Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. Tecnura, 16 (34): 142-156. 2012.
21. Ortiz, R.; Fernández, O. El cultivo de la palma aceitera. Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1<sup>a</sup> Ed. San José, Costa Rica, 208 p. 1994.
22. Prada, F.; Romero, A. Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Centro Nacional de Investigación en palma de aceite (Cenipalma);

- Sistema Nacional de Aprendizaje (SENA); Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Bogotá. 158 p. 2012.
23. Quesada, G. Tecnología de palma aceitera. Cultivo e industria de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*). s.f. Recuperado 28 Marzo 2019. Disponible En: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_palma.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf)
  24. Rincón, S.; Martínez, D. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palmas*, 30 (2): 11-24. 2009.
  25. Rivera, Y.; Moreno, A.; Romero, H. Biochemical and physiological characterization of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) Grown in hydroponics. *Acta Biológica Colombiana*, 18 (3): 465-472. 2013.
  26. Stanley, J. The nutritional reputation of palm oil. *Lipid Technology*, 20 (5): 112-114. 2008.
  27. Zapata, L. Situación y perspectivas del aceite de palma alto oleico OxG en Colombia. *Revista Palmas*, 31 (II): 349-353. 2010.

**Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musaceae paradisiaca* L)**

**Characterization of leachates generated from the plane tree rachis (*Musaceae paradisiaca* L)**

**Caracterização de lixiviados gerados a partir da banana rachis (*Musaceae paradisiaca* L)**

Andrade Quiñones Yudi Paolin<sup>1</sup>, Hidalgo Nieto Angela María<sup>1</sup> y  
Herrera Baquero Carlos Alberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingenierio Agrónomo, Universidad de los Llanos y

<sup>2</sup>Ingenierio Agrónomo, MSc, Docente Universidad de los Llanos

[cherrera@unillanos.edu.co](mailto:cherrera@unillanos.edu.co)

Recibido 03 de Diciembre 2018, Aceptado 27 de Mayo 2019

## RESUMEN

Este trabajo evaluó el contenido microbiológico y fisicoquímico del lixiviado producto del compostaje de raquis del plátano, proveniente de fincas de tres municipios del Meta, Colombia: Granada, Fuente de Oro y Villavicencio. La caracterización de hongos y bacterias fue realizada mediante examen microscópico, en el que se observaron algunas de sus estructuras, adicionalmente se tomaron fotografías y posteriormente comparando con lo reportado en la literatura, se definió el género del microorganismo, teniendo en cuenta el aspecto de la colonia. Para la caracterización fisicoquímica se realizó análisis de tipo multivariado mediante correlaciones de Pearson, mientras que la biodegradabilidad de los lixiviados se evaluó mediante la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%. Se identificó un orden bacterias Actinomycetos con cuatro géneros *Clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium* y cinco géneros de hongos *Fusarium*, *Aspergillium*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Geomyces*, distribuidos en las tres localidades con diferente frecuencia. En la caracterización físicoquímica de los lixiviados, según el test de Tukey no se presentaron diferencias ( $P > 0.05$ ); el pH y los sólidos totales (ST) de los lixiviados, es decir la materia suspendida o disuelta sedimentable, variaron entre 8,3

y 17.666 mg/L para los materiales de Fuente de Oro, y 8,9 y 18.882 mg/L para los de Villavicencio, presentando pH alcalinos en todos los casos; además se presentó una alta alcalinidad de los lixiviados que varió alrededor de 13.529 mgCaCO<sub>3</sub>/L para los de Fuente de Oro y 14100 mgCaCO<sub>3</sub>/L para los de Granada; por otra parte la turbidez de las muestras varió entre 130 NTU en los materiales de Villavicencio y 231 NTU en los de Fuente de Oro; los contenidos de potasio (K) de los lixiviados fueron altos variando entre 4.620 y 5.300 mg/L en Villavicencio y Granada respectivamente, indicando que los lixiviados de las tres zonas son poco biodegradables; según las correlaciones de Pearson los lixiviados por sus altos contenidos en potasio requieren de un mayor tiempo de maduración para disminuir la dureza y la alcalinidad, reduciéndose así la presencia de los iones bicarbonato, carbonato, magnesio y calcio en las muestras. Las correlaciones de Pearson indicaron que el pH de los lixiviados estuvo positivamente correlacionado con los ST ( $r=0.99$ ), la alcalinidad ( $r=0.94$ ), el hierro (Fe) ( $r=0.93$ ) y la demanda química de oxígeno (DQO) ( $r=1.0$ ); el pH guardó una correlación negativa con la turbidez ( $r=-0.99$ ) y la dureza total ( $r=-0.94$ ). Los lixiviados de Fuente de Oro y Granada estuvieron más cercanos en cuanto a los resultados de caracterización fisicoquímica, indicando mayor biodegradabilidad de los mismos (30%), comparados con los de Villavicencio (20%).

**Palabras clave:** Compostaje, biodegradación, microorganismos, análisis fisicoquímico.

### ABSTRACT

This work evaluated the microbiological and physicochemical content of the leachate product of the banana rachis composting, coming from farms in three municipalities of Meta, Colombia: Granada, Fuente de Oro and Villavicencio. The characterization of fungi and bacteria was performed by microscopic examination, in which some of its structures were observed, additionally photographs were taken and later compared with what was reported in the literature, the genus of the microorganism was defined, taking into account the appearance of the colony. For the physicochemical characterization, multivariate analysis was performed using

Pearson correlations, while the biodegradability of the leachate was evaluated using the Tukey test with a 95% reliability. An order Actinomycete bacteria was identified with four genera *Clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium* and five genera of fungi *Fusarium*, *Aspergillium*, *Mucor*, *Rhizopus* and *Geomyces*, distributed in the three locations with different frequency. In the physicochemical characterization of the leachate, according to the Tukey test there were no differences ( $P>0.05$ ); the pH and total solids (ST) of the leachate, that is to say the suspended or sedimentable dissolved matter, varied between 8,3 and 17.666 mg/L for the materials of Fuente de Oro, and 8.9 and 18.882 mg/L for those of Villavicencio, presenting alkaline pH in all cases; in addition, there was a high alkalinity of the leachate that varied around 13.529 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  for those of Fuente de Oro and 14100 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  for those of Granada; on the other hand the turbidity of the samples varied between 130 NTU in Villavicencio materials and 231 NTU in those of Fuente de Oro; the potassium (K) contents of the leachate were high varying between 4.620 and 5.300 mg/L in Villavicencio and Granada respectively, indicating that the leachate from the three zones is not very biodegradable; according to Pearson's correlations, leachates due to their high potassium content require a longer maturation time to reduce hardness and alkalinity, thus reducing the presence of bicarbonate, carbonate, magnesium and calcium ions in the samples. Pearson's correlations indicated that the pH of leachate was positively correlated with the ST ( $r=0.99$ ), alkalinity ( $r=0.94$ ), iron (Fe) ( $r=0.93$ ) and chemical oxygen demand (COD) ( $r=1.0$ ); the pH was negatively correlated with turbidity ( $r=-0.99$ ) and total hardness ( $r=-0.94$ ). The leachates from Fuente de Oro and Granada were closer in terms of physicochemical characterization results, indicating greater biodegradability of them (30%), compared to those of Villavicencio (20%).

**Keywords:** Composting, biodegradation, microorganisms, physicochemical analysis.

## RESUMO

Este trabalho avaliou o conteúdo microbiológico e físico-químico do produto lixiviado da compostagem de banana rachis, proveniente de fazendas em três municípios de

Meta, Colômbia: Granada, Fuente de Oro e Villavicencio. A caracterização de fungos e bactérias foi realizada por exame microscópico, no qual foram observadas algumas de suas estruturas, além disso, foram tiradas fotografias e, posteriormente, comparado ao relatado na literatura, foi definido o gênero do microrganismo, levando em consideração a aparência da colônia. Para a caracterização físico-química, a análise multivariada foi realizada por meio das correlações de Pearson, enquanto a biodegradabilidade do lixiviado foi avaliada pelo teste de Tukey, com 95% de confiabilidade. Uma ordem de bactéria Actinomycete foi identificada com quatro gêneros *Clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium* e cinco gêneros de fungos *Fusarium*, *Aspergillum*, *Mucor*, *Rhizopus* e *Geomyces*, distribuídos nos três locais com frequência diferente. Na caracterização físico-química do lixiviado, de acordo com o teste de tukey, não houve diferenças ( $P > 0.05$ ); o pH e os sólidos totais (ST) do lixiviado, ou seja, a matéria dissolvida em suspensão ou sedimentável, variaram entre 8,3 e 17.666 mg/L para os materiais da Fonte de Ouro e 8,9 e 18.882 mg/ L para os de Villavicencio, apresentando pH alcalino em todos os casos; além disso, houve uma alta alcalinidade do lixiviado que variou em torno de 13.529 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para os de Fuente de Oro e 14100 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para os de Granada; por outro lado, a turbidez das amostras variou entre 130 NTU em materiais Villavicencio e 231 NTU em Fuente de Oro; o teor de potássio (K) do lixiviado foi alto, variando entre 4.620 e 5.300 mg/L em Villavicencio e Granada, respectivamente, indicando que o lixiviado das três zonas não é muito biodegradável; De acordo com as correlações de Pearson, os lixiviados, devido ao seu alto teor de potássio, requerem um tempo de maturação mais longo para reduzir a dureza e a alcalinidade, reduzindo a presença de íons bicarbonato, carbonato, magnésio e cálcio nas amostras. As correlações de Pearson indicaram que o pH do lixiviado estava positivamente correlacionado com ST ( $r = 0.99$ ), alcalinidade ( $r = 0.94$ ), ferro (Fe) ( $r = 0.93$ ) e demanda química de oxigênio (DQO). ( $r = 1.0$ ); o pH foi negativamente correlacionado com turbidez ( $r = -0.99$ ) e dureza total ( $r = -0.94$ ). Os lixiviados de Fuente de Oro e Granada foram mais próximos em termos de resultados de caracterização físico-química, indicando maior biodegradabilidade deles (30%), em comparação com os de Villavicencio (20%).

**Palavras-chave:** Compostagem, biodegradação, microorganismos, análise físico-química.

## INTRODUCCIÓN

El plátano es uno de los cultivos comerciales más importantes en la economía de diferentes zonas ubicadas en el trópico y hace parte de la dieta alimenticia de la población más pobre de estos países, que, junto con las raíces y los tubérculos, aporta cerca del 40% del total de la oferta de alimentos en términos de calorías (Castaño *et al.*, 2012). La problemática que ha incentivado diferentes estudios sobre el aprovechamiento de los residuos de cosecha del plátano radica en que el producto principal es el fruto o “dedos” del racimo, en el cual se enfoca especial cuidado para tener una producción de calidad, pero se pierde casi el 70% de la biomasa de la planta la cual no es aprovechada. Según Álvarez *et al.*, (2013) en las etapas de cosecha y post cosecha, se generan grandes cantidades de residuos foliares, pseudotallo, bellotas, raquis, calidades de segunda y tercera y cáscaras de frutos, que, al carecer de un tratamiento o disposición adecuada, se convierten en contaminantes para el medio ambiente generando la multiplicación de plagas y enfermedades que afectan la producción y calidad de los cultivos.

El aprovechamiento de los residuos de cosecha se ha utilizado en la fabricación de harinas para alimentación de animales, abonos e incluso fungicidas y activadores microbiológico, una de las partes del plátano que mayor potencial nutricional contiene es el raquis, el cual queda como residuo luego del corte del racimo, su contenido nutricional es alto y puede variar con la fertilidad del suelo y disponibilidad de nutrientes (Aristizabal y Jaramillo, 2010). A partir de éste se pueden obtener lixiviados los cuales están compuestos por ácidos húmicos y fúlvicos, que han sido utilizados en control de enfermedades fungosas en cultivos como tomate, rosas y el mismo plátano. En el momento de la cosecha y el proceso de comercialización del plátano solo se usa el fruto lo que equivale a un 20% o 30% del total de la biomasa de la planta, el restante 70% a 80% en algunos casos es reciclado para abono orgánico o para alimentación animal debido a su alto porcentaje de nutrientes (Reyes *et al.*, 2015).

Para tener un estimado de qué nutrientes y posibles cantidades que se pueden obtener en los lixiviados de raquis de plátano (tallo floral), es necesario conocer su composición; según Álvarez *et al.*, (2013), este subproducto contiene materia orgánica parcialmente descompuesta, microorganismos benéficos y alto contenido de nutrientes (especialmente potasio) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Análisis químico de lixiviados de raquis de plátano con tiempo de mayor producción a un año

Elemento	Contenido (mg/L)	Elemento	Contenido (mg/L)
Nitrógeno	205-307.5	Boro	0.12-1.3
Fósforo	174-268.9	Hierro	0.5-7.7
Potasio	15.6-22.4	Manganeso	0.51-2.8
Calcio	28.5-64	Zinc	0.06-0.4
Magnesio	18-43.4	Cobre	0.5-0.6
Azufre	55.7-342.7	Sodio	27.2-30.1

**Fuente:** Álvarez *et al.*, (2013)

El lixiviado se puede definir como el líquido residual generado por la descomposición biológica de la materia orgánica o biodegradable de los desechos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas o como resultado de la percolación del agua a través de los residuos en proceso de degradación (Meneses *et al.*, 2010).

La estabilización de la materia orgánica, se puede lograr bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas hemofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio (Benavides, 2010). Los factores más importantes en el proceso biológico de maduración del compostaje son la temperatura, humedad, acidez/alcalinidad (pH), aireación, relación C:N, capacidad de intercambio catiónico (CIC), población microbiana y presencia de microorganismos patógenos (Losada, 2012).

Se reconocen cuatro etapas dependiendo de la temperatura que se genera durante el proceso de descomposición que son: *Fase Mesófila*, dura entre dos y ocho días, se aumenta la temperatura hasta los 45°C y los microorganismos utilizan las fuentes

sencillas de C y N generando calor, bajando el pH hasta 4.0. *Fase Termófila o de Higienización*, dura días hasta meses, cuando el material alcanza temperaturas de 60°C y actúan microorganismos termófilos que degradan fuentes complejas de C, como la celulosa y la lignina; estas altas temperaturas destruyen bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas. *Fase de Enfriamiento o Mesófila II*, esta fase requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración, la temperatura desciende nuevamente hasta los 45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista y el pH del medio desciende levemente, aunque en general se mantiene ligeramente alcalino. *Fase de Maduración*, demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Losada, 2012).

En los parámetros fisicoquímicos el rango de pH y acidez en los lixiviados varía, según la etapa de maduración, entre más jóvenes sean su pH es más ácido y puede descender hasta cuatro, por la presencia de los ácidos orgánicos y por las elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>, que se dan durante las primeras fases de descomposición, en la maduración del lixiviado el pH empieza a ascender y puede adquirir valores entre 6.8 a 8, lo cual genera un medio básico propicio para la polimerización. (Mendoza, 2004; Torrez *et al.*, 2018). Los valores de alcalinidad están en un rango de 300-11500 mg de CaCO<sub>3</sub>/L, y no varían dependiendo de la fase en la que se encuentre el lixiviado; la alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado, expresándose los resultados en carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub> (Tabla 2).

La demanda química de oxígeno (DQO) se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con una muestra bajo condiciones controladas para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo, la cantidad oxidada es expresada en términos de su equivalencia en oxígeno: mg de O<sub>2</sub>/L (Benavides, 2011).

Un parámetro generalmente utilizado para identificar la biodegradabilidad de los diversos tipos de vertidos, es la relación entre las demandas biológica y química del oxígeno (DBO5/DQO), la cual permite determinar qué cantidad de la DQO (materia orgánica e inorgánica contenida en una muestra) de un vertido es susceptible de ser depurada por los microorganismos en cinco días (DBO5) (Tabla 3).

**Tabla 2.** Características fisicoquímicas de un Lixiviado

Edad del relleno	Menor de 2 años	Menor de 2 años	10 años
	Rango	Valor típico	Rango típico
DQO	3000-60000	18000	100-500
DBO5	2000-30000	10000	100-200
COT	1500-20000	6000	80-160
SST	200-2500	500	100-400
Nitrógeno Total	20-1500	400	100-200
Fósforo Total	5-100	30	5-10
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	1000-10000	3000	200-1000
Sales Solubles	200-4000	800	100-500
Hierro	50-1200	60	20-200
Plomo	1-10	2	0.01-0.5
Zinc	25-250	50	0.1-1
pH	5.0-8.0	6	6.6-7.5

DQO = Demanda química de oxígeno; DBO5 = Demanda biológica de oxígeno; COT = Carbono orgánico total; SST = Sólidos suspendidos totales.

**Fuente:** Adaptado de Torrez *et al.*, 2018

**Tabla 3.** Criterios de biodegradabilidad de diferentes vertimientos según la relación DBO<sub>5</sub>/DQO

DBO <sub>5</sub> /DQO	Carácter
>0.8	Muy biodegradable
0.7-0.8	Biodegradable
0.3-0.7	Poco biodegradable
<0.3	No Biodegradable

Se toma como parámetro que la relación DBO<sub>5</sub>/DQO = 0.78, obtenida para el agua residual

**Fuente:** Benavides, (2011).

El presente trabajo de investigación consistió en realizar la caracterización microbiológica y fisicoquímica de los lixiviados generados a partir del compostaje de raquis de plátano en tres zonas productoras del Meta, Colombia, con el fin de que se avance en la aplicación de estos lixiviados en el control de enfermedades y fertilización de los cultivos, de esta forma se pretende contribuir al desarrollo de cultivos auto sostenibles y limpios que minimicen al máximo el impacto en el medio ambiente.

## **METODOLOGÍA**

La elaboración de los lixiviados generados a partir de raquis de plátano fue realizado en la Biofábrica de la Universidad de los Llanos, con coordenadas geográficas Norte de 4° 3' y longitud Oeste de 63° 38', altura 387 msnm, precipitación anual promedio 3.479 mm, humedad relativa 82%, temperatura media anual 25.2°C, máxima 32.5°C y mínima 18.5°C.

La producción de los lixiviados fue realizada por el método de canecas en fermentación aeróbica, técnica que permitió recolectar el lixiviado a través de una llave de paso instalada en la base de la caneca (Figura 1B), cada semana se realizó la recolección de muestras para ser analizadas en los laboratorios de microbiología, fitopatología y suelos. Se utilizaron tres canecas, en donde se recolecto el material vegetal de cada zona, en recipientes separados. Se utilizaron 100 kg de raquis de plátano (Figura 1A) por caneca los cuales fueron picados previamente, el lixiviado obtenido de cada caneca fue en promedio dos litros, aclarando que no se utilizó agua ni agentes descomponedores inducidos. El tiempo de curado o estabilización fue 6 meses, es decir que se consideraron lixiviados jóvenes, por lo cual se esperaban pH bajos, porque a esta edad, son bajos en ácidos orgánicos, en comparación con un lixiviado maduro con una fase de producción mayor a un año.

El diseño experimental estuvo constituido por tres tratamientos correspondiendo a cada municipio de donde se trajo el raquis T1= lixiviados de Fuente de Oro, T2 = lixiviados de Granada, T3 = lixiviados de Villavicencio, se trabajaron seis repeticiones y de estas se sacó una media.



Para realizar la caracterización fisicoquímica de los lixiviados y estudiar su biodegradabilidad se aplicó un análisis multivariado realizando correlaciones de Pearson, aplicando la prueba de Tukey (95%); se realizó análisis de componentes principales y conformación de clúster según distancias euclidianas, mediante el paquete estadístico INFOSSTAT.

El análisis microbiológico consistió en la identificación de los hongos y bacterias en las seis réplicas de cada uno de los tres tratamientos (localidades) al igual que el análisis de tipo fisicoquímico. En la caracterización microbiológica se realizaron siembras en cajas de Petri en Agar Papa Dextrosa (PDA) y Agar Nutriente para hongos y bacterias respectivamente, igualmente seis réplicas por cada tratamiento (Figura 1C).

La identificación de bacterias se realizó mediante examen microscópico de las colonias, teniendo en cuenta la morfología de la colonia, la caracterización microbiológica se realizó en base a los aspectos cualitativos como color de colonia, forma, aspecto, tinción de Gram, forma de estructuras, movimiento, KOH<sub>6-</sub> (para determinar tinción Gram) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (determinación de la capacidad anaerobia o aeróbica) siguiendo la metodología propuesta por (Silva *et al.*, 1999; Atlas y Bartha, 2005).

Se tomaron 10 ml de la muestra y se mezclaron en un Erlenmeyer con 90 ml de agua oxigenada, esta primera mezcla fue la dilución 10<sup>0</sup>. la cual se agitó durante 5 minutos; posteriormente con una micropipeta se retiró 1 ml de la mezcla y se depositó en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua oxigenada para obtener así la dilución 10<sup>-1</sup> la cual se agitó por 1 min, luego se pipeteó de este tubo 1ml que fue diluido en un segundo tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua oxigenada para conformar así la dilución 10<sup>-2</sup>, repitiendo el procedimiento anterior hasta llegar a 10<sup>-4</sup>. Para realizar cada dilución se utilizó una nueva pipeta, esto con el fin de no contaminar las diluciones con las concentraciones anteriores. Del tubo que contenía la dilución 10<sup>-4</sup> se retiró 1ml y se sembró en el medio Agar Nutriente en cajas Petri, para desarrollo de bacterias con seis repeticiones para cada tratamiento y una muestra concentrada de lixiviado.

La identificación de bacterias se realizó teniendo en cuenta las características usadas para la diferenciación de géneros reconocidos de bacterias fitopatógenas de acuerdo con la Universidad Nacional de Córdoba (UNC, 2015). También se tuvo en cuenta la metodología de Urbina, (2011) la cual describe que la mayoría de las bacterias fitopatógenas poseen delicados flagelos en forma de filamentos que a menudo son considerablemente más largos que las células que los formaron. Algunas especies bacterianas presentan un solo flagelo, mientras que otras poseen un ramillete de flagelos en uno de sus extremos, algunas tienen un flagelo simple o un ramillete de ellos en cada extremo y otras poseen flagelos periticos, es decir, distribuidos sobre toda su superficie. En las especies filamentosas de *Streptomyces*,

las células constan de filamentos ramificados cenocíticos (no septados), los cuales a menudo tienen forma espiral y producen conidios en cadena sobre hifas aéreas.

Las colonias de las distintas especies de bacterias varían en tamaño, forma, forma de los bordes, elevación y color u otras características, y en ocasiones dichas variaciones son características de una determinada especie. El diámetro de dichas colonias puede ser desde una fracción de milímetro hasta varios centímetros y pueden ser circulares, ovoides o irregulares. Sus bordes pueden ser lisos, ondulados o angulares y su elevación puede ser plana, saliente, en forma de domo o rugosa. Las colonias de la mayoría de las especies son de color blancuzco o grisáceo, aunque algunas son amarillas, rojas o de otros colores. Algunas producen pigmentos que se difunden en el agar (Silva *et al.*, 1999; Urbina, 2011).

Para los hongos, se repitió el procedimiento anterior, realizando las siembras en PDA, la identificación y clasificación se realizó evaluando aspectos cualitativos relacionados con el micelio (algodonoso, aterciopelado, denso, polvoroso), forma de colonia, coloración, y por comparación literaria sugerida en Silva *et al.*, (1999). La caracterización de hongos se realizó teniendo en cuenta el aspecto de la colonia, y mediante el método de la cinta scotch el cual consiste en levantar al hongo, se colocó en el portaobjetos y se observó en el microscopio óptico para observar algunas de sus estructuras, adicionalmente se tomaron fotografías y luego por comparación literaria se definió el género de hongo. Para esta caracterización se prestó especial atención a los hongos fitopatógenos, entre los cuales se encuentran *Colletotrichum*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, *Phymatotrichum* (Agris, 2005) los cuales están relacionados con los principales hongos del plátano: *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. Cúbense y *Mycosphaerella fijiensis* var. *Difformis* Morelet.

Para el análisis fisicoquímico se tomó una muestra madre, de la cual se obtuvo un litro de cada tratamiento, este análisis se realizó en el laboratorio de Aguas y Suelos de la Universidad de Los Llanos, los parámetros evaluados se detallan en la en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Parámetros fisicoquímicos evaluados

Parámetro fisicoquímico	Método analítico	Unidades
pH	Potenciómetro	
Sólidos totales	Método gravimétrico	mg/l
Acidez	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l
Alcalinidad	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l
Turbidez	Espectro fotométrico	NTU
Potasio	Absorción atómica	mg/l
Sodio	Absorción atómica	mg/l
Dureza cálcica	Método titulación	mg/l
Dureza total	Método titulación	mg/l
Hierro	Absorción atómica	mg/l
Cloruros	Método titulación	mg/l

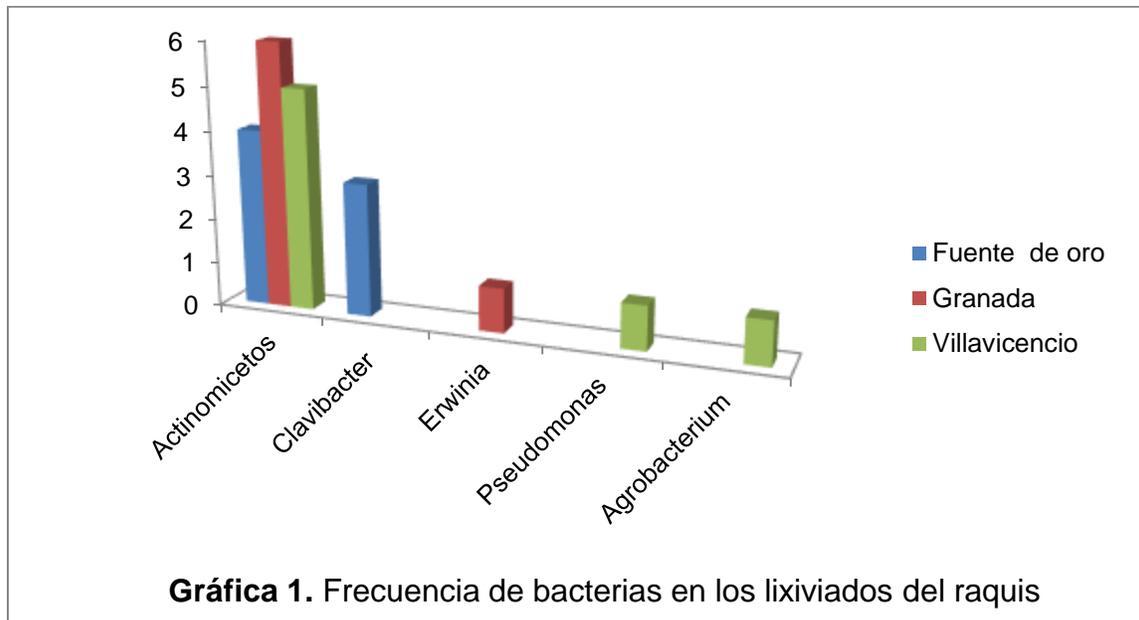
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de bacterias

En los lixiviados de las tres localidades fue encontrado un mayor número de actinomicetos con respecto a los otros géneros, reportándose una mayor abundancia de este orden en Granada (6), seguidamente en Villavicencio (5) y en Fuente de Oro (4). Con respecto a los géneros, *Clavibacter* fue más común en Fuente de Oro (3) y no se encontraron en las otras dos localidades, por su parte, *Erwinia* solo se reportó en los lixiviados del plátano de Granada, pero *Pseudomonas* y *Agrobacterium* fueron comunes en los lixiviados de Villavicencio, con una abundancia de (1) cada uno respectivamente (Grafica 1).

El análisis microbiológico permitió caracterizar cinco grupos de bacterias: *Actinomicetos*, *clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, las cuales en general presentan características y referencias como bacterias fitopatógenas y descomponedores de residuos orgánicos, en especial al filo de actinomicetos son

controladores de hongos e incluso de nematodos que pueden ser un riesgo fitosanitario para los cultivos, si se presentase especialmente el género *Streptomyces*, hongo de morfología filamentosa y septada, podría ser un riesgo para los cultivos, pero no fue identificado en las improntas tomadas de los medios de cultivo, sin embargo esto no descarta una posible presencia del mismo, en los lixiviados.



En la aproximación a grupo y género de acuerdo con la morfología y pruebas realizadas, se encontraron características propias del grupo de los actinomicetos en donde se encuentran bacterias patógenas y descomponedores las cuales crecen sobre material en descomposición, por lo que transforman una gran variedad de residuos orgánicos complejos, y forman parte importante de la población de lagos, ríos y suelos (Parada *et al.*, 2017), adicionalmente se les confiere algunas propiedades como controladores biológicos.

En su gran mayoría dentro de las propiedades de los actinomicetos se tiene la capacidad de producir metabolitos nematocidas, controlando uno de los patógenos más importantes: *Meloidogyne* spp, organismo que ha generado grandes pérdidas económicas en Colombia, debido a que afecta el rendimiento de cultivos de hortalizas, plantas medicinales, oleaginosas, frutales, té y tabaco; el control de este

patógeno está limitado a la aplicación de nematocidas, que además de ser costosos son perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. En Colombia no existen muchos reportes acerca de los beneficios en cuanto al control de nematodos por parte de los actinomicetos y la abundancia de estos microorganismos (González, 2010).

*Pseudomonas* es una bacteria gram negativa en forma de bastón y colonias generalmente blancas o beige catalasa y oxidasa positiva, dentro del género la especie *P. solanacearum* ocasiona grandes pérdidas en banano; el síntoma típico es la marchitez seguida de la muerte. Esto significa que, si la infección ocurre en la fase inicial del ciclo del cultivo y las condiciones son favorables, puede ocasionar su pérdida total. Durante la noche o en las horas más frías del día los foliolos pueden recuperar su turbidez siendo una enfermedad de difícil control. Las plantas con marchitez presentan una progresiva decoloración vascular, más intensa en la base de la planta, que puede ser fácilmente visualizada, además se reporta que las *Pseudomonas* se encuentran ampliamente en la tierra y el agua, y contribuyen a degradar sustancias químicas en el suelo, como por ejemplo los pesticidas, (Obregón *et al.*, 2008).

*Agrobacterium* es otro posible género de bacterias presente en el lixiviado de raquis, estas bacterias tienen forma de bastón y sus dimensiones son de 0.8 x 1.5 a 3  $\mu\text{m}$ . Se desplazan por medio de 1 a 4 flagelos peritricos; cuando presentan un solo flagelo, éste con frecuencia es más lateral que polar. Cuando crecen en medios que contienen carbohidratos, estas bacterias producen un abundante mucilaginoso polisacárido. Las colonias no presentan pigmentación y usualmente son lisas. Estas bacterias son habitantes del suelo y de la rizósfera (Urbina, 2011).

Ventura, (2007) reportó los géneros más importantes que causan enfermedades en los cultivos entre los cuales se encuentran *Agrobacterium* sp, *Corynebacterium* sp, *Erwinia* sp, *Pseudomonas* sp, *Xanthomonas* sp, al igual que Urbina, (2011) quien adicionalmente describe que la mayoría de las bacterias fitopatógenas tienen forma de bastón; la única excepción es *Streptomyces*, que es filamentosa y pertenece al filo actinomicetos. Entre las bacterias con formas de bacilos se encuentran

*Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas* que además son bacterias Gram negativas; y en las bacterias Gram positivas se encuentran los géneros *Clavibacter*, *Curtobacterium* y *Streptomyces* (Agris, 2005).

*Clavibacter* y *Streptomyces* pertenecen al grupo de bacterias descomponedores denominada actinomicetos, lo cual para efectos de la caracterización de lixiviados realizada pudo jugar un doble papel, pues estas bacterias son de vital importancia en el proceso de descomposición del material vegetal (raquis), y también al permanecer en las fuentes de agua, en este caso el lixiviado generado de la descomposición del raquis de plátano, se puede convertir en una fuente de diseminación de enfermedades para los cultivos, siempre y cuando no sea realizado un adecuado proceso de maduración (estabilización) del lixiviado.

La mayor abundancia de actinomicetos encontrados en los lixiviados de las tres localidades, tienen una connotación importante, además de controlar nematodos, los actinomicetos también controlan otro tipo de patógenos como *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Cladosporium fulvum*, *Stenocarpella maydis*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* sp y *Curvularia eragrostidis* entre otros, reportados en la literatura en la producción de metabolitos secundarios y primarios como antibióticos y enzimas extracelulares (González, 2010).

Los actinomicetos a mayor pH aceleran su actividad en los procesos de descomposición, el pH de los lixiviados de las tres zonas de estudio alrededor de 8 hasta la edad de 6 meses. Los lixiviados contienen materia orgánica parcialmente descompuesta, microorganismos benéficos y alto contenido de nutrientes, en este caso, altos contenidos de potasio especialmente.

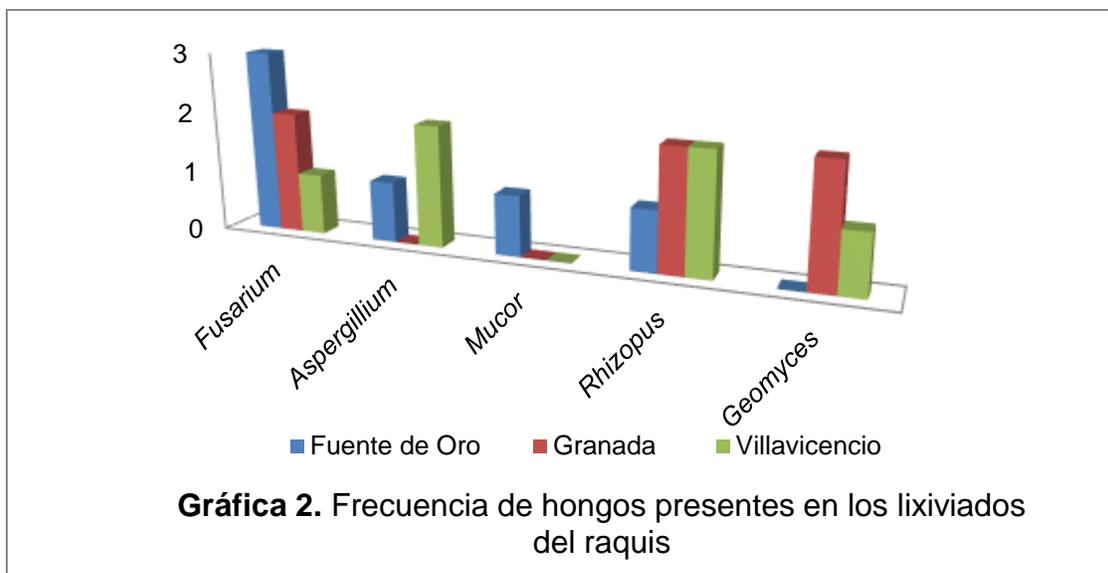
*Erwinia* es una bacteria Gram negativa en forma de bastón y con flagelos peritricos. El género contiene algunas especies saprofitas y varias fitopatógenas. Es la única fitobacteria anaeróbica facultativa, lo que significa que se pueden multiplicar tanto en la presencia como en ausencia de oxígeno. Es oxidasa negativa, catalasa positiva y fermentadora. La coloración de la mayoría de las colonias es crema y

algunas especies producen colonias amarillas (Ventura, 2007), el hecho de que algunas características correspondan a la descripción de *Erwinia*, no confirma con certeza que sea este su género, pues habría que realizar pruebas más específicas en las cuales incluso se pudiera avanzar en su identificación para determinar si puede ser un caso de la enfermedad necrosis del cormo, causada por *Erwinia chrysanthemi*, que afecta de forma considerable el desarrollo del cultivo de plátano (*Musa spp*) (Jiménez, 1999).

### **Caracterización de hongos**

La mayor abundancia de *Fusarium* fue observada en las muestras de Fuente de Oro (3) y seguidamente en Granada (2), disminuyendo su presencia en Villavicencio (1). *Aspergillium* fue más común en Villavicencio (2), y menos en los lixiviados de Fuente de Oro (1), y no apareció en los lixiviados de Granada. Por otra parte, *Mucor* presentó abundancia en lixiviados de Fuente de Oro (1), pero no se observó en las otras dos localidades. *Rhizopus* fue común en las tres localidades, presentándose una abundancia de (1), (2) y (2) en las muestras de Fuente de Oro, Granada y Villavicencio, respectivamente. *Geomyces* no se encontró en los lixiviados de Fuente de Oro, pero si en Granada (2) y en Villavicencio (1) (Grafica 2).

Los cinco géneros de hongos identificados: *Fusarium*, *Aspergillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, y *Geomyces* (Gráfica 2), hacen parte de los microorganismos que generan mayores daños de importancia económica para los cultivos. El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos ampliamente distribuidos en el suelo y plantas; debido a su capacidad de crecer a 37 °C, se considera al género *Fusarium* como el más complejo de los que atacan las raíces de las plantas cultivadas, y uno de los más difíciles de clasificar. Las especies de *Fusarium* son saprofitas en algunas de sus fases de crecimiento, y pueden o no desarrollar una fase de reproducción sexual según la especie (Figueroa *et al.*, 2010). El género *Geomyces* se produce en los suelos, los miembros de este género producen esporas pequeñas, unicelulares, ovals o con forma de pera (artroconidias) de hifas existente en racimos ramificados, con forma de árbol. Se dispersa principalmente por el aire y el agua.



Por otra parte, *Aspergillus* es un género que pertenece al filum *Ascomycota*, se caracteriza por producir conidióforos y conidias hialinas. Este hongo se encontró en los dos tipos de muestra analizados, tanto en lixiviados frescos como lixiviados almacenados, un microorganismo ubicuo que normalmente se encuentra en la tierra, el agua y la vegetación podrida y es altamente aeróbico. Los mohos del género *Aspergillus* causan el deterioro de muchos productos alimenticios son contaminantes comunes de los alimentos con almidón (como pan y papas). Los productos metabólicos de la invasión fúngica suelen ser muy tóxicos, tanto para el hombre como para otros animales (Benavides, 2011). Este hongo tiene gran importancia en el suelo ya que moviliza el fósforo y el nitrógeno del mismo, oxida los sustratos nitrogenados a nitritos, haciendo disponible el nitrógeno para las plantas, degradando ácidos nucleídos y glicerofosfatos a fosfatados simples. Además, es capaz de utilizar una enorme variedad de sustancias como alimento, dada la gran cantidad de enzimas que produce.

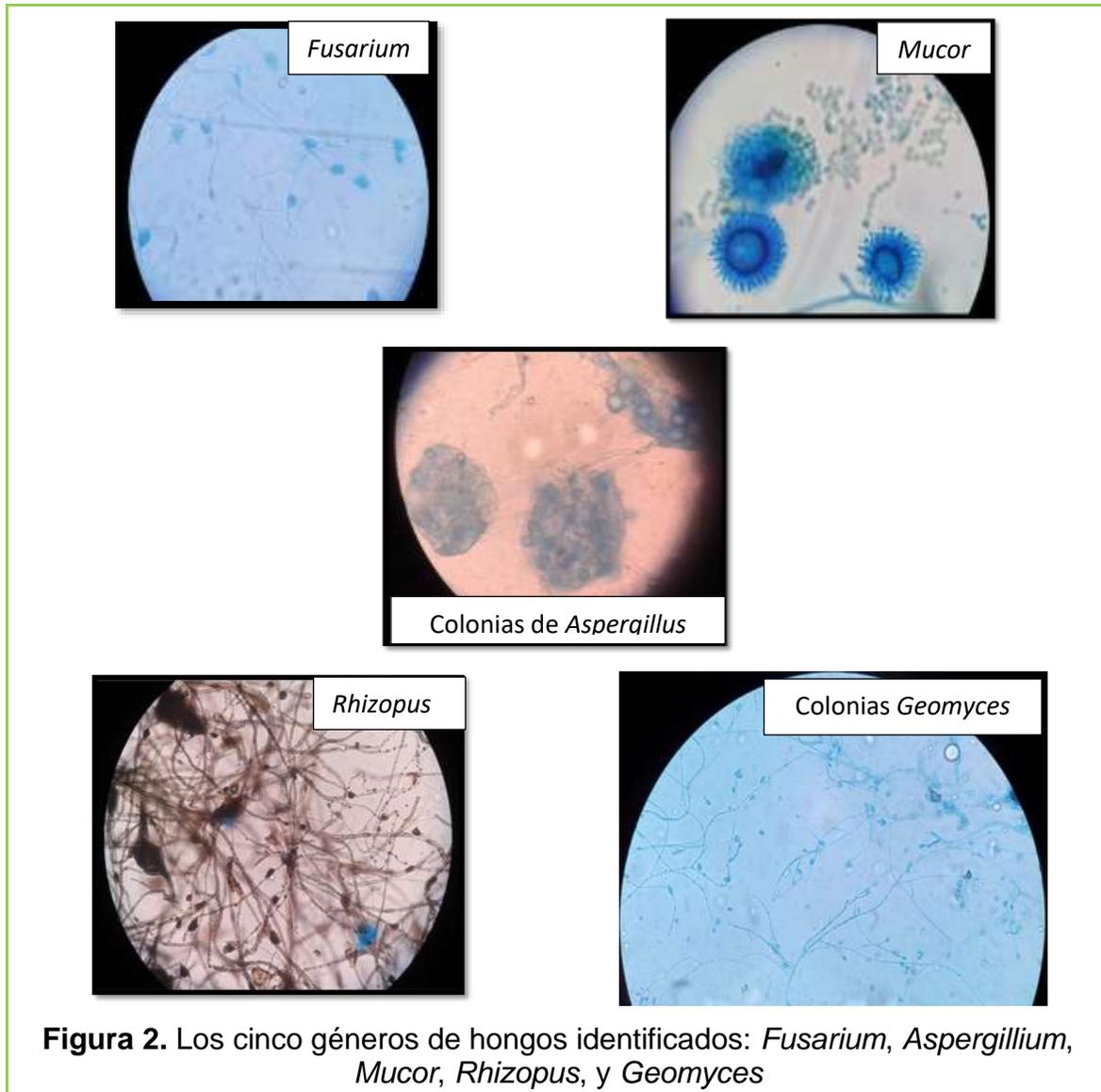
*Mucor* es un hongo con esporas que no son muy abundantes en el aire libre, pero lo son más en lugares donde se acumula vegetación en descomposición y hay un alto grado de humedad, así como en el aserrín y la leña. También se ha aislado de alfombras y del polvo doméstico (Cruz *et al.*, 2017).

*Rhizopus stolonifer* es un hongo fitopatógeno versátil que puede crecer en una amplia gama de temperaturas y humedades, lo que le permite colonizar la superficie de los productos agrícolas y causar la enfermedad conocida como pudrición blanda que ocasiona pérdidas económicas. Este proceso se desarrolla mediante la excreción de enzimas que el hongo utiliza para degradar y disolver pectinas de la lámina media de las células vegetales (Velásquez *et al.*, 2008). Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza sobreviviendo de manera saprófita en el suelo y en residuos orgánicos con el potencial de invadir tejidos vegetales. Entre sus características particulares, se encuentran la formación de micelio aéreo carente de septos y la producción de esporangióforos que presentan en sus puntas en forma esférica donde se alojan las mismas, las cuales muestran diferentes formas: globosas, elipsoidales y angulares con superficies lisas o estrías distintivas (Hernández *et al.*, 2006).

Las esporas de *R. stolonifer* pueden sobrevivir largos períodos sin agua y soportar temperaturas elevadas, germinando sobre tejidos vegetales dañados y generando rápidamente la maceración de los tejidos y la pudrición de los frutos (Velásquez *et al.*, 2008). Estas características son una ventaja para los procesos de descomposición del raquis de plátano que presenta una alta lignificación, y las esporas de este hongo pueden ser eliminados en el proceso de compostaje cuando éste alcanza altas temperaturas las cuales pueden llegar hasta los 50 °C y el lixiviado puede ser almacenado hasta por un año, estos procesos permiten que las estructuras reproductivas del hongo sean eliminadas, de esta forma al usar lixiviados posteriormente en cultivos no se generará un riesgo sanitario para los mismos.

De los cinco géneros de hongos identificados (Figura 2): *Fusarium*, *Aspergillum*, *Mucor*, *Rhizopus*, y *Geomyces*, cuatro son saprofitos y descomponedores de la materia orgánica, los factores relevantes de estos hongos es que se relacionan con los procesos de descomposición, en el caso del género *Fusarium* se puede presentar hasta temperaturas de hasta 37°C, de acuerdo a esto, las temperaturas alcanzadas en un proceso de descomposición deben ser mayores a 40°C esto con

el fin de eliminar estructuras reproductivas; como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas durante la fase termofílica, donde se destruyen las bacterias patógenas y parásitos presentes en los residuos de partida.



En dicha fase se da la higienización y en las subsiguientes podría ocurrir una recontaminación del material debido a varios factores: uso de utensilios contaminados con material fresco (pala para el volteo), o añadiéndolo después de la fase termofílica, así mismo se puede contaminar en el almacenamiento y conservación del lixiviado, por otro lado el género *Rhizopus* es un importante descomponedor de las pectinas

de la celulosa en los tejidos vegetales, lo que es conveniente debido a que los tejidos del raquis de plátano son bastante lignificados y tiene una baja relación carbono nitrógeno (C:N) de 70/1 para la cascara.

### **Caracterización físico química de los lixiviados**

El pH y los sólidos totales (ST) de los lixiviados variaron entre 8.3 y 17.666 mg/L para los lixiviados de Fuente de Oro, y 8.9 y 18.882 mg/L para los de Villavicencio, presentando pH alcalino en todos los casos, y la característica de los ST es la materia suspendida o disuelta, sedimentable; se presentó una alta alcalinidad de los lixiviados que varió entre 13.529 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para los de Fuente de Oro y 14.100 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para los de Granada; por otra parte la turbidez de las muestras varió entre 130 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) en los lixiviados de Villavicencio y 231 NTU en los de Fuente de Oro; los contenidos de potasio (K) de los lixiviados fueron altos variando entre 4.620 y 5.300 mg/L en Villavicencio y Granada respectivamente. Las muestras de Granada contienen K equivalente aproximadamente a 5.3 gramos/planta (Tabla 5). Al respecto Álvarez *et al.*, (2013) afirman que la calidad de los lixiviados se ve influenciada por el manejo que se realice en el cultivo especialmente la fertilización y prácticas culturales, afectando la calidad del raquis, al igual que el protocolo de producción del lixiviado y el tiempo de curado.

El contenido de sodio (Na) varió de 10 a 34 mg/L en los lixiviados de las localidades de Granada y Villavicencio respectivamente, indicando bajos contenidos. El exceso de sodio puede provocar deficiencias de otros cationes, como potasio, calcio y magnesio; está directamente relacionado con la alcalinidad de los lixiviados (Espinosa y Molina, 1999). La dureza cálcica de los lixiviados fue considerada alta variando de 2.100 a 2.240 mg/L en la localidad de Villavicencio y Granada respectivamente. Altos contenidos de calcio, en la forma de pectatos de calcio, serían responsables de mantener unidas las paredes celulares de las plantas, originando mayor resistencia a la biodegradación de los materiales vegetales. Los altos niveles de calcio en los suelos pueden competir con la absorción de magnesio y potasio, causando la deficiencia de estos (Bohórquez, 2011).

**Tabla 5.** Variables físico químicas analizadas en los lixiviados del plátano

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
pH		8.63	8.9 (L3)	8.3 (L1)
Sólidos totales	mg/L	18.379	18.882 (L3)	17.666 (L1)
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	13.529	14.100 (L2)	13.529 (L1)
Turbidez	NTU	171	231 (L1)	130 (L3)
Potasio	mg/L	4.890	5.300 (L2)	4.620 (L3)
Sodio	mg/L	23.33	34 (L3)	10 (L2)
Dureza cálcica	mg/L	2.164.66	2.240 (L2)	2.100 (L3)
Dureza total	mg/L	1.020.53	1.120 (L3)	861.6 (L1)
Hierro	mg/L	12.66	16 (L3)	10 (L1)
Cloruros	mg/L	557	743 (L3)	371 (L2)
DQO		2.462.95	4.755 (L3)	1.920 (L1)
DBO <sub>5</sub>		1077	1.355 (L3)	646 (L1)
DBO <sub>5</sub> /DQO		0.28	0.33 (L1)	0.28 (L3)

NTU = Unidades nefelométricas de turbidez; DQO = Demanda química de oxígeno; DBO<sub>5</sub> = Demanda biológica de oxígeno; Relación DBO<sub>5</sub>/DQO = 0.78. obtenida para el agua residual. L1 = Fuente de Oro; L2 = Granada; L3 = Villavicencio.

La dureza total de los lixiviados también fue alta variando de 861.6 a 1.120 mg/L, en los lixiviados de Fuente de Oro y Villavicencio respectivamente, indicando posiblemente una menor biodegradabilidad en los últimos. Los contenidos de hierro (Fe) en los lixiviados variaron entre 10 y 16 mg/L en las localidades de Villavicencio y Fuente de Oro, siendo bajos. Se encontraron altos contenidos de cloruros en los lixiviados variando entre 371 y 743 mg/L para Granada y Villavicencio (Tabla 5). La DQO y la DBO<sub>5</sub> de los lixiviados fueron menores en la localidad de Fuente de Oro y mayores en Villavicencio; la biodegradabilidad (DBO<sub>5</sub>/DQO) de los materiales fue inversa, con valores que variaron de 1.920 a 4.755; 646 a 1.355 ppm respectivamente y de 28 a 33% inversamente. Posiblemente la baja biodegradabilidad de los materiales puede ser debida a que es lixiviado joven.

Parámetros como la conductividad, la alcalinidad y la dureza, tienen una relación directamente proporcional, ya que dependen de la presencia de iones en los lixiviados (Kang *et al.*, 2002).

Relacionando tanto los aspectos microbiológicos y fisicoquímicos con la biodegradabilidad de los lixiviados de las tres localidades se nota una interacción entre el tiempo de maduración del lixiviado y los contenidos fisicoquímicos que en consecuencia definirán el tipo de poblaciones microbiológicas presentes en el lixiviado, y seguidamente estos influyen en la demanda biológica de oxígeno; las bacterias, los actinomicetos y los hongos consumen los residuos directamente y se conocen como compostadores de primer nivel, los actinomicetos asumen la dirección durante las etapas finales de descomposición, los actinomicetos dan el olor característico a tierra ya que son especialmente importantes en la formación del humus, sus enzimas le permiten romper químicamente residuos ricos en celulosa lignina quitina y proteínas (Pereira *et al.*, 2007).

La presencia de esporas o estructuras reproductivas de estos hongos y bacterias en el lixiviado no significa que el proceso de higienización en los compostajes no sea efectivo, debido a que al ser un medio nutritivo alto en potasio (4.620-4.750 mg/L), y sodio (26.2-34.0 mg/L) se convierte en un medio básico, que para el caso de las tres localidades el pH osciló entre 8.3 y 8.9 lo cual es favorable, puesto que bacterias como las del filo actinomicetos aceleran sus procesos de descomposición en pH altos; sin embargo para el caso de hongos como *Rhizopus* el pH alcalino no es favorable, un estudio realizado por Pereira *et al.*, (2007) determinó que los máximos valores tanto en velocidad de crecimiento como en área de hongos micorrizógenos se daba en el pH 5.8 a 6.8, lo cual puede ser una respuesta a la baja población de hongos presentes en los lixiviados debido a que el pH influye en que haya menos unidades formadoras de colonia (Castrillón *et al.*, 2006).

De acuerdo a todas las interrelaciones que existen entre los diferentes factores, se deduce que un solo análisis representa las características fisicoquímicas del lixiviado a la edad de 4 meses, las cuales a nivel microbiológico no son favorables para la aplicación a cultivos, sin embargo los niveles altos de potasio son un aporte

importante de este nutriente al suelo, que para el cultivo de plátano después del N, Ca, Mg y P, presenta uno de los mayores niveles de extracción, por lo tanto en esta etapa sería un fertilizante excelente.

El pH básico en todos los lixiviados a diferencia de lo reportado en la literatura no estuvo asociado con los contenidos de bases Ca, K y Na, puesto que estos elementos le dan la característica de basicidad y el pH alcalino al lixiviado, posiblemente asociado al efecto de los cloruros presentes en este. La correlación de Pearson en ST con la alcalinidad fue altamente positiva ( $r=0.97$ ), igualmente para los contenidos de Fe ( $r=0.89$ ) y la DQO ( $r=1.00$ ); esta variable fue negativamente asociada con la turbidez ( $r=-1.0$ ) y la dureza total ( $r=-0.97$ ). Al respecto, la determinación de los ST es una prueba indispensable que junto con otros parámetros proporciona información de la eficiencia de remoción del proceso, e indirectamente, de la concentración de biomasa en los lixiviados (Morillo y Fajardo, 2005).

La alcalinidad fue altamente relacionada con la DQO ( $r=0.95$ ), pero no con la turbidez y la dureza total ( $r=-0.98$  y  $r=-0.97$  respectivamente), resultado no coincidente con el afirmado por Kang *et al.*, (2002) quienes mencionan que parámetros como la conductividad, la alcalinidad y la dureza, tienen una relación directamente proporcional, ya que dependen de la presencia de iones en los lixiviados; esta diferencia posiblemente pudo deberse a la turbidez de los lixiviados.

La alcalinidad cuantifica la capacidad del agua residual de neutralizar ácidos, y se mide en mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ; es debida principalmente a la presencia de iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo, y en este caso se le puede atribuir al alto contenido de calcio y al pH, y aunque la alcalinidad está relacionada con las bases potasio y sodio, en este caso mostró más afinidad con el Fe; es posible que la presencia de cloruros haya disminuido el efecto positivo de estos dos nutrientes. Los cloruros, más que por su carencia, que es muy poco común, son importantes por exceso, el cual puede producir quemaduras en las hojas comenzando por su ápice, pudiendo llegar a caerse (Solís, 2007).

Los contenidos de K y Na en los lixiviados estuvieron altamente relacionados con el pH, alcalinidad, turbidez y ST ( $r=0.99$  y  $0.91$ ;  $r=0.78$  y  $0.88$ ;  $r=0.91$  y  $0.99$ ; y  $r=0.93$  y  $0.97$  respectivamente), más sin embargo la variable K no guardó correlación con Na, ni con Cl, ni con  $DBO_5$  ( $r=-0.99$ ,  $-0.94$  y  $-0.98$ ). En tanto, que el Na fue negativamente asociado con la dureza clásica ( $r=-1.0$ ).

Los lixiviados son una buena fuente de nutrientes, sobre todo en el aporte de elementos como potasio y calcio; sin embargo, la aplicación de estos directamente a las plantas puede ocasionar afectaciones a las mismas principalmente si son jóvenes, el exceso de potasio puede provocar una carencia de nitrógeno, de calcio o de magnesio; la carencia de estos elementos ocasiona lento crecimiento en las plantas, dificultan la fotosíntesis y ocasionan amarillamiento en las partes aéreas. Excesos de potasio pueden quemar las semillas o plantas pequeñas puesto que es un elemento muy turgente y las células sufren plasmólisis, reventándose porque no soportan la presión osmótica y tienden a secarse (Torrez *et al.*, 2018).

Sin embargo, una de las posibles causas por las cuales el lixiviado puede llegar a ser un agente de control fúngico son los altos contenidos de potasio presentes en los lixiviados; de acuerdo con González, (2015) este nutriente interviene positivamente en el metabolismo del vegetal favoreciendo la síntesis de sustancias anti fúngicas y un mayor crecimiento del vegetal; también incide positivamente en el engrosamiento de cutícula y epidermis que dificultan físicamente la penetración de los patógenos y los vectores. Por otro lado, el potasio interviene directamente en la regulación estomática, siendo vital en la regulación osmótica mejorando sustancialmente el funcionamiento vegetal bajo condiciones de estrés ambiental. Sumado a esto último, y en un mismo sentido de acción, el potasio interviene en la formación de raíces, con lo cual el cultivo mejora su capacidad de exploración del suelo en busca de otros nutrientes y de agua, en general está asociado con la activación de los sistemas de defensa natural de las plantas contra las enfermedades fungosas. A su vez la dureza clásica tampoco se correlacionó con los contenidos de Cl ( $r=-0.99$ ) ni con los de la  $DBO_5$  ( $r=-0.92$ ). La dureza total tuvo

una correlación negativa con la DQO ( $r=-0.95$ ), el Fe correlaciono positivamente con DQO ( $r=0.92$ ), y la DBO<sub>5</sub> correlacionó positivamente con la DQO ( $r=0.86$ ).

### Biodegradabilidad de los lixiviados

La DQO se correlacionó positivamente con K, Na, dureza clásica y CL, en tanto que la DBO<sub>5</sub> guardó una estrecha relación con pH, solidos totales, turbidez, Fe y la DQO; sin embargo, los resultados de la comparación de Tukey, no mostró diferencias ( $P>0.05$ ) entre las localidades de Villavicencio y Granada tanto para la DQO como para la DBO<sub>5</sub>, indicando una mayor DQO y DBO<sub>5</sub> (4.775 y 1.355 ppm; 3.897.2 y 1.230 ppm respectivamente); pero si se encontraron diferencias ( $P<0.05$ ) con los de Fuente de Oro, siendo que la DQO y la DBO<sub>5</sub>, fue menor (1.920 y 646 ppm respectivamente), probablemente debido a una menor actividad microbiana. Sin embargo, al analizar la relación DQO/DBO<sub>5</sub>, los resultados de biodegradabilidad de los lixiviados no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), por lo cual se clasificaron entre poco biodegradables y no biodegradables (Tabla 6).

**Tabla 6.** Relación DQO/DBO<sub>5</sub> (Biodegradabilidad de los lixiviados del raquis de plátano)

Análisis fisicoquímico de agua residual				DBO <sub>5</sub> /DQO degradabilidad (%)
Localidad	Parámetro	Método	Resultado (ppm)	
Fuente de Oro	DQO	ASTM 5220 D	1.920.0 <sup>b</sup>	30 <sup>a</sup>
	DBO <sub>5</sub>	ASTM 5210 B	646 <sup>b</sup>	
Granada	DQO	ASTM 5220 D	3.897.2 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>
	DBO <sub>5</sub>	ASTM 5210 B	1230 <sup>a</sup>	
Villavicencio	DQO	ASTM 5220 D	4.775.0 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	DBO <sub>5</sub>	ASTM 5210 B	1.355 <sup>a</sup>	

DQO = Demanda química de oxígeno, DBO<sub>5</sub> = Demanda bioquímica de oxígeno.

Letras distintas indican diferencias estadísticas ( $P<0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Se identificó un orden de bacterias Actinomicetos, y cuatro géneros *Clavibacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Agrobacterium* y cinco géneros de hongos *Fusarium*, *Aspergillium*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Geomyces*, distribuidos en las tres localidades con frecuencia variable.

La identificación microbiológica de las muestras permitió profundizar en las características que presentan los lixiviados y mostrar la importancia del tiempo de maduración del mismo para poder eliminar cualquier tipo de microorganismo que pueda perjudicar las plantas en las que se use; en este mismo sentido, el principal agente de riesgo fitosanitario es *Fusarium* el cual es causante de enfermedades limitantes en varios cultivos, por lo tanto es recomendable establecer el tiempo de estabilización del lixiviado que permita eliminar cualquier riesgo de problemas fitosanitarios.

Se recomienda dejar madurar el lixiviado por lo menos un año para que durante el proceso de descomposición se disponga del tiempo suficiente para que se pueda eliminar cualquier microorganismo patógeno para los cultivos, sin embargo, es necesario profundizar y evaluar el contenido microbiológico del lixiviado a esta edad, sí se desea garantizar un uso confiable al agricultor; de hecho, se recomienda realizar mínimo tres evaluaciones al lixiviado en el transcurso de un tiempo no menor a un año, con lo cual se pueda establecer una curva de biodegradabilidad de los lixiviados provenientes del material vegetal.

Los lixiviados de Fuente de Oro y Granada mostraron mayor biodegradabilidad en comparación con los de Villavicencio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, G. Fitopatología, 2ª Ed. México: Limusa, 952 p. 2005.
2. Álvarez, E., Pantoja, A., Ceballos, G., Gañan, L. Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 6 p. 2013. Disponible En: <http://www.fao.org/3/as091s.pdf>

3. Ardila, A., Arriola, E., Reyes, J., Berrio, E., Fuentes, G. Mineralización de etilenglicol por foto-fenton asistido con ferrioxalato. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32 (2): 213-226. 2016.
4. Aristizábal, M., Jaramillo, C. Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano Dominico Hartón (Musa AAB). *Revista Agronomía*, 18 (1): 29-40. 2010.
5. Benavides, K. Caracterización microbiológica de lixiviados de materias primas para la fabricación de un compostaje de material ruminal. Tesis de Grado Especialista en Microbiología Industrial, Facultad de Ciencias de la Salud Manizales Caldas, Universidad Católica de Manizales, 132 p. 2010. Disponible En: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/74/Karen%20Adriana%20Benavides.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Bohórquez, W. Papel de la interacción de calcio y boro en el ennegrecimiento de los pétalos en rosa (Rosa sp.). Tesis de grado Magister en Ciencias Agrarias – Fisiología de cultivos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 117 p. 2011. Disponible En: <http://bdigital.unal.edu.co/4370/1/790634.2011.pdf>
7. Castaño, A., Aristizábal, M., González H. Requerimientos hídricos del plátano dominico-hartón (Musa aab simmonds) en la región santágueda (Palestina, Caldas). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15 (2): 331-338. 2012.
8. Cruz, I., Márquez, I., García, R., Carrillo, J., León, J., Allende, R. Identificación de hongos mucorales causantes de la pudrición blanda en frutos de papaya (Carica papaya L.) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35 (3): 397-417. 2017.
9. Espinosa, J., Molina, E. Acidez y encalado de los suelos. 1ª Ed, Ecuador: International Plant Nutrition Institute 46 p. 1999. Disponible En: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>.
10. Figueroa, M., Rodríguez, R., Guerrero, B., González, M., Pons, J., Jiménez, J., Ramírez, J., Andrio, E., Mendoza, M. Caracterización de especies de Fusarium asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28 (2): 124-134. 2010.
11. González, Y. Los actinomicetos: una visión como promotores de crecimiento vegetal. Tesis de Grado Microbióloga Agrícola y Veterinaria, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 37 p. 2010. Disponible En: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>
12. González, F. Evaluación agronómica del híbrido de pimiento quetzal (Capsicum annum L.) con aplicaciones de cinco niveles de fosfito de potasio. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 97 p. 2015. Disponible En: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7351/1/TESIS%20FREDDI%20GONZALEZ.pdf>

13. Hernández, A., Bautista, S., Velázquez, M., Trejo, J. Identification of *Rhizobium stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, causal agent of Rhizopus rot disease of fruits and vegetables. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24: 65-69. 2006.
14. Kang, K., Shin, H., Park, H. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Research*, 36 (16): 4023–4032. 2002.
15. Losada, J. Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos. Tesis de grado Ingeniero ambiental y sanitario. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 170 p. 2012. Disponible En: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14023/T41.09%20L896c.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
16. Mazzeo, M., León, L., Mejía, L., Guerrero, L., Botero, J. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 5 (9): 128-139. 2010.
17. Mendoza, P., López, V. Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio piloto de flujo ascendente. Tesis de grado Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia. 125 p. 2004. Disponible En: [http://bdigital.unal.edu.co/1059/1/patriciamedozasalgado.2004\\_.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/1059/1/patriciamedozasalgado.2004_.pdf)
18. Morillo, F., Fajardo, E. Estudio de los reactores UASB para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario la Esmeralda. Tesis de Especialista en Ingeniería Ambiental - Área Sanitaria. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad nacional de Colombia. 84 p. 2005. Disponible En: <http://bdigital.unal.edu.co/1980/1/fernandacristinamorilloleon.2005.pdf>
19. Obregón, M., Rodríguez, P., Morales, J., Salazar, M. Hospedantes de *Ralstonia solanacearum* en plantaciones de banano y plátano en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61 (2): 4518-4526. 2008.
20. Parada, R., Marguet, E., Vallejo, M. Aislamiento y caracterización parcial de actinomicetos de suelos con actividad antimicrobiana contra bacterias multidrogo-resistentes. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIX (2): 15-23. 2017.
21. Pereira, G., Herrera, J., Machuca, A., Sánchez, M. Efecto del pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *Revista Bosque (Valdivia)*, 28 (3): 215-219. 2007.
22. Reyes, J., Henao, A., Ardila, A. Degradación fotocatalítica de los colorantes rojo reactivo 120 y azul reactivo 4 hidrolizados usando TiO<sub>2</sub> dopado con hierro o nitrógeno. *Revista Politécnica*, 11 (20): 9-19. 2015.
23. Salazar, L., Antolinez, I. Tratamiento de lixiviados, casos prácticos en diferentes temperaturas. En: II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009, 15 p. 2009. Disponible En: [http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Tratamiento%20de%20lixiviados\\_casos%20pr%C3%A1cticos%20en%20diferentes%20temperaturas.pdf](http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Tratamiento%20de%20lixiviados_casos%20pr%C3%A1cticos%20en%20diferentes%20temperaturas.pdf)

24. Silva, M., Andrade, E., Salamanca, V. Guías de laboratorio de Microbiología agrícola. Universidad de los Llanos. SP. Guía de consulta en el laboratorio. 1999.
25. Solís, A. El cultivo de Plátano (genero musa) en México. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 81 p. 2007. Disponible En: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4956/T16494%20%20%20SOLIS%20ROSALES,%20%20ADALBERTO%20%20%20TE%20SIS.pdf?sequence=1>
26. Torrez V, Agudelo A, García L, Padilla L. Caracterización de lixiviados como alternativa que contribuya a la mitigación de contaminantes. Revista Ion, 31 (1): 59-63. 2018.
27. Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Guía de actividades prácticas microbiología agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 88 p. 2015. Disponible En: <http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/Guia-de-Trabajos-Practicos.pdf>.
28. Atlas, R., Bartha, L. Ecología microbiana y microbiología ambiental. 4ª Ed. Pearson-Addison Wesley. Madrid, España. 677 p. 2005.
29. Urbina, C. Enfermedades causadas por bacterias. En: Fitopatología general. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Estelí, Nicaragua 19 p. 2011. Disponible En: <https://martinurbinac.files.wordpress.com/2011/08/unidad-vii-enfermedades-causadas-por-bacterias-final.pdf>.
30. Urbina, C. Enfermedades causadas por hongos. En: Fitopatología general, Universidad agropecuaria del trópico seco, Estelí, Nicaragua. 16 p. 2011. Disponible En: <https://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/GENERALIDADES.pdf>
31. Velázquez, M., Bautista, S., Hernández, A., Guerra, M., Amora, E. Estrategias de control de Rhizopus stolonifer Ehrenb (Ex Fr.) Lind, agente causal de pudriciones postcosecha en productos agrícolas. Revista Mexicana de Fitopatología, 26 (1): 49-55. 2008. Disponible En: <http://www.redalyc.org/pdf/612/61226108.pdf>
32. Ventura, M. Identificación de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya (Carica papaya) en las fincas el Pantanal y el Subín, ubicadas en el departamento del Petén, Guatemala. Tesis de grado Química Bióloga Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 54 p. 2007. Disponible En: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2520.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2520.pdf).

**Fisiología y hematología de osos hormigueros gigantes en cautiverio  
(*Myrmecophaga tridactyla*. Linnaeus, 1758), en Colombia**

Physiology and hematology of giant anteaters in captivity (*Myrmecophaga tridactyla*. Linnaeus, 1758), in Colombia

Fisiologia e hematologia de tamanduás gigantes em cativeiro  
(*Myrmecophaga tridactyla*. Linnaeus, 1758), na Colômbia

Navarro Buitrago Xiomara<sup>1</sup>, Murillo Pacheco Ricardo<sup>2</sup> y Rojano Bolaño Cesar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de los Llanos, <sup>2</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Esp., MSc., Docente Universidad de los Llanos y

<sup>3</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Proyecto de conservación del oso palmero. Fundación Cunaguaro. Yopal

[rmurillo@unillanos.edu.co](mailto:rmurillo@unillanos.edu.co)

Recibido 28 de Noviembre 2018, Aceptado 27 de Mayo 2019

## RESUMEN

El presente estudio se realizó con 20 animales en cautiverio y retrospectivamente se analizaron 120 historias clínicas las cuales contenían la valoración inicial del animal y reportes de pruebas paraclínicas. Los animales fueron restringidos químicamente usando ketamina (12 mg/kg) + midazolam (0.2 mg/kg) y xilacina (0.1 mg/kg) en combinación en una misma jeringa y aplicación por vía intramuscular; se monitorearon las constantes fisiológicas, temperatura utilizando un termómetro de mercurio, y frecuencias cardíaca y respiratoria con un fonendoscopio 2M Littmann<sup>®</sup>. Se analizaron las constantes fisiológicas, hematología y bioquímica sanguínea, y se compararon con los valores de referencia, lo cual constituye información clave para la valoración clínica y en el manejo sanitario de esta especie. Se reportan pocos trabajos de este tipo en fauna silvestre en Colombia, y este es el primero que establece valores de referencia para constantes fisiológicas y hematología en el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*). Para la temperatura corporal se encontró una media de 33.26°C para los machos y 34.52°C para hembras; respecto al comportamiento por edades se encontró una media de 33.3°C para neonatos

(n=17), 34.74°C para juveniles (n=12) y 34.52°C para adultos (n=5). La frecuencia cardiaca fue de 109 latidos por minuto (lpm) para machos y 83.93 lpm para hembras, mostrando diferencias significativas ( $P<0.05$ ); para neonatos se encontró una media de 99.14 lpm, para juveniles 110.1 lpm y para adultos 83.06 lpm. Los valores de frecuencia respiratoria medida como respiraciones por minuto (rpm), encontrados para machos (36,96 rpm) y hembras (21.97 rpm) también presentaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ). Las variables hematológicas medidas por grupo de edades no mostraron diferencias ( $P>0.05$ ), y por el contrario al considerar el sexo de los individuos se observaron diferencias altamente significativas ( $P<0.01$ ) en la mayoría de variables hematológicas. A los valores de bioquímica sanguínea para el grupo de osos palmeros estudiados, no se les pudo realizar comparación según la edad y sexo, debido al pequeño número de muestras. Se concluye que se debe tener la capacidad de valorar estos factores de fisiología y bioquímica sanguínea de los osos hormigueros, con el fin de detectar a tiempo cambios en su salud que puedan amenazar su vida y con ello poder actuar de manera oportuna y eficaz.

**Palabras clave:** Hemograma, fauna silvestre, química sanguínea, clínica.

### ABSTRACT

The present study was conducted with 20 animals in captivity and retrospectively analyzed 120 medical records which contained the initial assessment of the animal and reports of paraclinical tests. The animals were chemically restricted using ketamine (12 mg/kg) + midazolam (0.2 mg/kg) and xylazine (0.1 mg/kg) in combination in the same syringe and applied intramuscularly; physiological constants, temperature using a mercury thermometer, and heart and respiratory frequencies were monitored with a 2M Littmann® stethoscope. The physiological constants, hematology and blood biochemistry were analyzed and compared with the reference values, which constitutes key information for the clinical assessment and health management of this species. Few works of this type are reported in wildlife in Colombia, and this is the first that establishes reference values for constant physiology and hematology in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). For body temperature, an average of 33.26°C for males and 34.52°C for females was

found; regarding the behavior by age, an average of 33,3 °C for neonates (n=17), 34.74°C for juveniles (n=12) and 34.52°C for adults (n=5) were found. The heart rate was 109 beats per minute (bpm) for males and 83.93 bpm for females, showing significant differences ( $P<0.05$ ); for infants, an average of 99.14 bpm was found, for juveniles 110.1 bpm and for adults 83.06 bpm. The respiratory rate values measured as breaths per minute (rpm), found for males (36.96 rpm) and females (21.97 rpm) also showed significant differences ( $P<0.05$ ). The hematological variables measured by age group did not show differences ( $P>0.05$ ), and on the contrary when considering the sex of the individuals, highly significant differences ( $P<0.01$ ) were observed in the majority of hematological variables. The blood biochemistry values for the group of palm bears studied could not be compared according to age and sex, due to the small number of samples. It is concluded that the ability to assess these physiology and blood biochemistry factors of anteaters must be assessed, in order to detect changes in their health that may threaten their lives in time and thus be able to act in a timely and effective manner.

**Keywords:** Blood count, wildlife, blood chemistry, clinic.

## RESUMO

O presente estudo foi realizado com 20 animais em cativeiro e analisou retrospectivamente 120 prontuários que continham a avaliação inicial do animal e relatos de testes paraclínicos. Os animais foram quimicamente restringidos usando cetamina (12 mg/kg) + midazolam (0.2 mg/kg) e xilazina (0.1 mg/kg) em combinação na mesma seringa e aplicados por via intramuscular; foram monitoradas as constantes fisiológicas, a temperatura usando um termômetro de mercúrio e as frequências cardíaca e respiratória com um estetoscópio 2M Littmann®. As constantes fisiológicas, a hematologia e a bioquímica sanguínea foram analisadas e comparadas com os valores de referência, que constituem informações essenciais para a avaliação clínica e o manejo da saúde dessa espécie. Poucos trabalhos desse tipo são relatados na vida selvagem na Colômbia, e este é o primeiro que estabelece valores de referência para fisiologia e hematologia constantes no tamanduá-gigante (*Myrmecophaga tridactyla*). Para a temperatura corporal, foi

encontrada uma média de 33.26°C para machos e 34.52°C para fêmeas; quanto ao comportamento por idade, foram encontrados 33.3°C para neonatos (n=17), 34.74°C para juvenis (n=12) e 34.52°C para adultos (n=5). A frequência cardíaca foi de 109 batimentos por minuto (bpm) no sexo masculino e 83.93 bpm no sexo feminino, mostrando diferenças significativas ( $P<0.05$ ); nos lactentes, foi encontrada uma média de 99.14 bpm, nos juvenis 110.1 bpm e nos adultos 83.06 bpm. Os valores da frequência respiratória, medidos em respirações por minuto (rpm), encontrados para machos (36.96 rpm) e fêmeas (21.97 rpm) também apresentaram diferenças significativas ( $P<0.05$ ). As variáveis hematológicas medidas por faixa etária não apresentaram diferenças ( $P>0.05$ ) e, ao contrário, ao considerar o sexo dos indivíduos, foram observadas diferenças altamente significativas ( $P<0.01$ ) na maioria das variáveis hematológicas. Os valores bioquímicos do sangue para o grupo de palmitos estudados não puderam ser comparados de acordo com a idade e o sexo, devido ao pequeno número de amostras. Conclui-se que a capacidade de avaliar esses fatores fisiológicos e bioquímicos sanguíneos dos tamandúas deve ser avaliada, a fim de detectar mudanças em sua saúde que possam ameaçar suas vidas no tempo e, assim, serem capazes de agir de maneira oportuna e eficaz.

**Palavras-chave:** Hemograma, vida selvagem, química do sangue, clínica.

## INTRODUCCIÓN

El oso palmero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) que también recibe otros nombres como oso caballo, oso hormiguero y oso palmero entre otros, es la única especie del género que aún sobrevive. Es uno de los mamíferos más distintivos de Suramérica dado su tamaño y sus características morfológicas, como son la cola en forma de penacho y su cabeza cilíndrica, larga y tubular (Tirira, 2007; Polanco *et al.*, 2006).

Este oso pertenece al orden *Pilosa*, familia *Myrmecophagidae*, y se distribuye desde Belice y sur de Guatemala hasta el norte de Argentina; se encuentra en Colombia en la región amazónica, el caribe, la Orinoquia y algunas partes de la región andina.

Esta especie es considerada “vulnerable” tanto a nivel internacional (Andrade, 2011) como en el territorio colombiano y argentino (Superina *et al.*, 2010). Dentro de las causas principales de amenaza se encuentran el avance antrópico, la degradación de su ambiente, el atropellamiento por automóviles, los fuegos espontáneos o intencionales, la alta presión cinegética y la baja capacidad de fuga (Superina *et al.*, 2010). Otros aspectos relevantes que pueden afectar su supervivencia son la alta especialización en la dieta, la baja tasa reproductiva y el cuidado prolongado que requieren sus crías (Miranda, 2006).

Son animales activos de noche y de día dependiendo de la temporada climática del año, son solitarios a excepción de la temporada de apareamiento. Esta especie se caracteriza por presentar una lengua extensible hasta 60 cm de largo, segrega una sustancia pegajosa que atrapa a sus presas, no tiene dientes, pero su larga lengua es lo bastante eficaz para atrapar las 35.000 hormigas y termitas que engulle cada día. Utiliza sus afiladas garras para abrir agujeros en los hormigueros y poner en funcionamiento su largo hocico y su hábil lengua, pero tiene que comer rápido, sacando y metiendo la lengua hasta 160 veces por minuto. Las hormigas contraatacan con dolorosas picaduras, por lo que sólo puede pasar un minuto deleitándose en cada montículo. Los osos hormigueros nunca destruyen un nido de hormigas, sino que prefieren volver a él en el futuro para alimentarse de nuevo. Las manos presentan cinco dedos incluyendo tres garras en forma de gancho bien desarrolladas que obligan al animal a caminar sobre sus nudillos (Rojano *et al.*, 2015).

Las extremidades posteriores, al igual, presentan cinco garras de tamaño moderado que permiten una posición plantígrada del animal. El pelaje es largo y rígido, de color gris con una amplia banda de negro que se extiende desde la garganta formando un triángulo en el hombro y bordeado finamente con blanco a lo largo de su longitud. Presenta una cola gris voluminosa con abundante pelaje grueso y firmemente anclado a la piel (Smith, 2007). Es una especie de hábitos nocturnos y crepusculares, terrestre y solitaria, a excepción de la época reproductiva y durante

el cuidado de la cría, cuya lactancia se prolonga alrededor de los seis meses (Polanco *et al.*, 2006).

La valoración clínica, manejo sanitario y la toma de muestras de los animales silvestres son procedimientos indispensables para poder realizar un adecuado diagnóstico clínico y/o seguimiento a la evolución del paciente o población; la falta de información o su difícil consecución lleva a realizar diagnósticos errados o valoraciones clínicas incompletas. Establecer valores de referencia de hematología, bioquímica sanguínea y constantes fisiológicas es determinante porque son herramientas sólidas para poder realizar una valoración adecuada y un diagnóstico clínico orientado (Cerliz *et al.*, 2016).

Los valores de hematología y bioquímica sanguínea son indicadores esenciales para llevar a cabo evaluaciones diagnósticas de salud individual y poblacional en todas las especies (Superina *et al.*, 2010). Tener la posibilidad de disponer de datos de referencia obtenidos de animales de vida silvestre aparentemente sanos facilita la detección temprana de enfermedades individuales y/o disfunciones orgánicas difíciles de detectar, dada la biología y comportamiento natural de los mismos, los cuales suelen enmascarar las enfermedades para no llegar a ser depredados.

Las constantes fisiológicas son herramientas clave en la evaluación clínica y el manejo sanitario de especies animales poco conocidas, y aún más de aquellas en algún estado de conservación de riesgo; los muestreos regulares permiten evaluar el estado nutricional, prever la presentación de epidemias, el nivel de impacto de las actividades humanas, el estado de salud de los animales en cuarentena y de aquellos que han sido decomisados antes de la reintroducción a su hábitat natural o simplemente para determinar el estatus sanitario en condiciones de cautiverio (Miranda *et al.*, 2006; Superina *et al.*, 2010)

El oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), es una especie en estado de conservación vulnerable en Colombia debido a la caza indiscriminada con diversos fines, la destrucción o modificación del hábitat, el ataque de perros y/o con armas de fuego y corto punzantes, atropellamiento vial, entre otros. Esta especie es

además considerada emblemática de la región de la Orinoquia colombiana y posee un gran potencial de manejo (Pérez *et al.*, 2009); aunque los evaluadores colombianos resaltan que no se conoce el efecto del contacto con el ganado y otras especies domesticas sobre la salud de las poblaciones silvestres, ni cómo afecta al oso hormiguero gigante el contacto con agroquímicos y pesticidas (Rodríguez *et al.*, 2006; MAVDT, 2010).

El criterio por el cual se considera vulnerable es su rápida disminución poblacional, en virtud de una reducción estimada, inferida o sospechada en los últimos 10 años en una proporción igual o superior al 30%, por causas que pueden estar operando aún y que son reversibles según varios reportes, entre las que se encuentran la cacería de subsistencia, creencias sobre su agresividad hacia la gente y los perros, modificación del hábitat, cercanía a centros urbanos, usos medicinales, mágico-religiosos y comercio de su piel; entre las amenazas más importantes a considerar se encuentran los atropellamientos en carreteras (Superina *et al.*, 2010).

Dentro de las medidas de conservación que se han tomado para la especie, se ha incluido en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Flora y Fauna Amenazadas (CITES, 2013). Algunas poblaciones se encuentran en parques nacionales naturales del Magdalena, Guajira, Orinoquia, Amazonia y Chocó. En varias zonas de la Orinoquia, los propietarios de grandes fincas han prohibido la cacería de especies silvestres, lo cual es un beneficio directo (Rodríguez *et al.*, 2006).

Rojano *et al.*, (2014) determinaron los parámetros hematológicos de 11 osos hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla*) capturados en vida silvestre en el municipio de Pore en el departamento del Casanare, durante la época de lluvia, reportando que la media de la mayoría de los parámetros evaluados fue similar a la documentada por otros autores. No obstante, se encontraron valores inferiores a lo reportado en cuanto a recuento de eritrocitos, hematocrito y hemoglobina. De igual forma, se encontró un valor de neutrófilos absolutos superior a los registrados en cautiverio y vida silvestre; así mismo, Di Nucci *et al.*, (2014) establecieron los valores

hematológicos y de bioquímica sanguínea en osos hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla*) cautivos en Argentina.

Este trabajo se llevó a cabo con el fin de obtener los rangos de constantes vitales y hematológicas, teniendo en cuenta la escasa y dispersa información que se encuentra disponible en la actualidad y que corresponde a otras especies de osos hormigueros en el mundo, los cuales cuentan con otras condiciones medio ambientales, nutricionales y de manejo, por lo tanto se plantea la necesidad de establecer los valores de referencia que sirvan de herramienta para profesionales que trabajen con esta especie.

### **METODOLOGÍA**

La obtención de las muestras se realizó bajo estricta vigilancia del Médico Veterinario acorde con las condiciones del lugar, manteniendo las normas de bioseguridad y bienestar animal establecidas para tal fin. Se tuvo en cuenta la Resolución 8430 de 1993, artículo 87, literales c, g y h del Ministerio de Salud de Colombia (MSC, 1993). Se cumplió con los requisitos de la legislación sobre la investigación científica en diversidad biológica, que involucra alguna o todas las actividades de recolección, captura, caza, pesca, manipulación del recurso biológico y su manipulación en el territorio nacional. Los investigadores de este estudio conocen los “principios éticos de la experimentación animal” enunciados (ICLAS, 2009).

El presente estudio se realizó en Villavicencio, Meta-Colombia, con una altura promedio de 420 msnm, temperatura media anual de 25°C, una humedad relativa promedio de 75% y una precipitación anual promedio de 4.050 mm. Se colectaron muestras de sangre a 20 animales entre ellos semovientes a disposición de CORMACARENA y animales que se encuentran en cautiverio en el Bioparque los Ocarros; de igual forma se estableció un estudio retrospectivo con la información consignada en 120 historias clínicas de los animales que fueron valorados por el equipo de profesionales del Bioparque.

Se realizó la captura y restricción física de los animales del Bioparque, cada uno fue pesado y sexado para posteriormente ser restringido químicamente, con un protocolo de ketamina 12 mg/kg, midazolam 0.2 mg/kg y xilacina 0.1 mg/kg aplicado por vía intramuscular (IM), monitoreando las constantes fisiológicas (temperatura, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria) utilizando un termómetro de mercurio y un fonendoscopio 2M Littmann® (Figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Restricción física de un juvenil



**Figura 2.** Tranquilización del animal

Luego de restringir el individuo se procedió a la colecta de las muestras (Figura 3); el acceso más fácil y que permitió la obtención de una cantidad razonable de sangre, en la mayoría de los animales fue la vena cefálica, aunque en esta especie en particular se requiere cautela para coleccionar en la vena yugular, puesto que poseen una glándula salival bastante desarrollada; sin embargo, en los osos hormigueros se puede coleccionar sangre en venas yugular, cefálica, safenas (Figura 4) media o lateral, vena ventral y de la coccígea (Superina *et al.*, 2010).

La sangre fue tomada con jeringas de 5 mL y aguja 21G x 1½ pulgadas y depositados en tubos (tapa lila pediátrico) con EDTA para cuadro hemático y tubos sin EDTA (tapa roja) para química sanguínea, estos fueron refrigerados (8-12°C) y llevados al laboratorio clínico veterinario para determinar los rangos hematológicos correspondientes a química sanguínea: alanina aminotransferasa (ALT) (U/L), aspartato aminotransferasa (AST) (U/L), nitrógeno ureico en sangre (BUN) (mg/dl), creatinina (mg/dl), fosfatasa alcalina (F alcalina) (U/L), gama glutamil transferasa

(GGT) (U/L), proteínas totales (PT) (g/dl), albuminas (g/dl), globulinas (g/dl), colesterol (mg/dl) y triglicéridos (mg/dl).



**Figura 3.** Venopunción en la vena cefálica en el miembro anterior izquierdo para la obtención de la muestra



**Figura 4.** Venopunción de la vena safena en el miembro posterior izquierdo

Los parámetros hematológicos analizados fueron recuento de eritrocitos (RGR,  $M/mm^3$ ), hematocrito (Hto, %), hemoglobina (HB, g/dl), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM, pg), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM, g/dl), leucocitos (RGB,  $10/mm^3$ ), neutrófilos (Neu, %), linfocitos (Lin, %), eosinófilos (Eos, %), monocitos (Mon, %), basófilos (Bas, %) y plaquetas (Pla,  $m/mm^3$ ). Para todas las muestras se corrieron las mismas variables, pero no fue posible obtener una n estándar porque los volúmenes sanguíneos muestreados no fueron iguales para todos los animales.

La temperatura fue tomada colocando un termómetro de forma transrectal durante cuatro minutos, posteriormente se retiró y realizó la lectura de la temperatura registrada, la auscultación cardíaca se realizó durante 1 minuto para determinar la frecuencia cardíaca (FC), y se repitió cada 5 minutos durante el transcurso del procedimiento; para determinar la frecuencia respiratoria se auscultó el campo pulmonar durante un minuto. Al llegar las muestras al laboratorio, se realizó la verificación de cada una revisando que estuviesen bien rotuladas con número de microchip o marca, el nombre (si lo tiene), especie, edad, género y procedencia de las mismas, y nombre científico puesto que se trata de un animal silvestre.

Una vez realizado la verificación de datos se procedió a revisar la calidad de las muestras, rectificando la ausencia de características que puedan alterar el resultado del procedimiento como hemolisis, coagulación, confusión de tubos entre otras, después las muestras fueron llevadas al centro de preparación donde fueron separados los sueros y elaborado el montaje de las mismas. Una vez realizado el procedimiento de preparación, estas fueron distribuidas en cada una de las secciones dependiendo del análisis.

Las muestras para química sanguínea se procesaron en un equipo Stat Fax 3.300. En el caso de la hematología se seleccionó la especie a examinar; se mezclaron por inversión las muestras y se procedió a pasar por el equipo, se realizó recuento en lámina de plaquetas, recuento diferencial de leucocitos y se observó y se reportó la morfología.

Para poder obtener esta información se muestrearon 20 animales y se revisaron 120 historias clínicas de la cuales se tomaron los datos pertinentes para esta investigación; se realizó un estudio descriptivo y observacional, con un análisis retrospectivo de los datos, en el que se incluyó mediante un muestreo no aleatorizado consecutivo. Se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo e inferencial mediante el programa GraphPad prism 5. Se aplicó el test de Kruskal-Wallis y un test de Dunn's Multiple Comparison Test, con una significancia del 5%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Teniendo en cuenta que no hay literatura que reporte las constantes fisiológicas para esta especie no hay un punto de referencia, así que este es el primer reporte de este tipo; la n de este trabajo fue diferente para cada variable, y se debe tener en cuenta que no se encontró diferencia estadística significativa entre los dos géneros ( $P > 0.05$ ), los datos de los animales se encontraban en diferentes etapas de desarrollo, se muestrearon neonatos, juveniles y adultos (Tabla 1). Estos resultados son el inicio para poder determinar los rangos de referencia para esta especie, aunque queda mucho por investigar y trabajo arduo por realizar, para lo

cual se necesitan poblaciones más numerosas y homogéneas para poder tener resultados más confiables.

Para la temperatura corporal se encontró una media de 33.26°C para los machos y de 34.52°C para las hembras, la cual fue similar ( $P>0.05$ ). De acuerdo a los valores de esta variable, tampoco, influyeron la etapa de crecimiento y el sexo, porque no se presentaron diferencias ( $P>0.05$ ), siendo de: 33.3°C para neonatos ( $n=17$ ), 34.74°C para juveniles ( $n=12$ ) y de 34.52 para adultos ( $n=5$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Temperatura corporal de animales muestreados

Edad	n	Sexo	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Valor de P
Neonatos	9	Hembra	32.58	2.07	28.0	34.4	>0.05
	8	Macho	34.18	1.64	32.1	37.2	
Juveniles	4	Hembra	34.73	2.16	32.5	37	>0.05
	8	Macho	34.75	1.73	32	37	
Adultos	1	Hembra	33.6	-	-	-	>0.05
	4	Macho	34.75	2.02	32	36.8	

D.E. = Desviación estándar, Mín. = Mínimo, Máx. = Máximo

En cuanto a la frecuencia cardiaca se encontró una media de 109 latidos por minuto (lpm) para los machos siendo mayor con relación a la de las hembras 83.93 lpm ( $P<0.05$ ); mientras que en esta misma variable se observó un comportamiento semejante ( $P>0.05$ ) para neonatos 99.14; juveniles de 110.1; y adultos de 83.06 lpm (Tabla 2).

Los valores de frecuencia respiratoria medida como respiraciones por minuto (rpm), encontrados para machos (36.96 rpm) fueron mayores en comparación de las hembras (21.97 rpm) ( $P=0.012$ ). Los datos de frecuencia respiratoria fueron superiores ( $P<0.05$ ) para los neonatos con 39 rpm ( $n=14$ ), seguido por los juveniles con 25.9 rpm ( $n=14$ ) y adultos con 24.56 rpm ( $n=13$ ) (Tabla 3).

**Tabla 2.** Frecuencia cardiaca de osos palmeros muestreados.

Edad	n	Sexo	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Valor de P
Neonatos	7	Hembra	93.6	34.52	48	140	>0.05
	7	Macho	104.43	36.76	48	160	
Juveniles	3	Hembra	92.33	17.21	80	112	>0.05
	8	Macho	118.8	31.44	73	164	
Adultos	1	Hembra	72.09	29.48	48	140	>0.05
	4	Macho	105	58.48	48	164	

D.E. = Desviación estándar, Mín. = Mínimo, Máx. = Máximo

**Tabla 3.** Frecuencia respiratoria de osos palmeros muestreados

Edad	n	Sexo	Media	D.E.	Mín.	Máx.	Valor de P
Neonatos	7	Hembra	30.71	18.7	12	56	0.049
	7	Macho	52.43	14.76	14.76	36	
Juveniles	3	Hembra	19.2	8.53	12	34	>0.05
	8	Macho	29.1	18.83	12	76	
Adultos	8	Hembra	20.54	4	16	25	>0.05

D.E. = Desviación estándar, Mín. = Mínimo, Máx. = Máximo

Los valores promedios encontraron para cada una de las variables hematológicas por grupo de edades fueron similares ( $P > 0.05$ ), considerando el sexo de los individuos se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en la mayoría de variables analizadas correspondientes al paquete eritrocitario (Tabla 4).

A los valores de bioquímica sanguínea para el grupo de osos palmeros estudiados, no se les realizó comparación entre los valores de edad y sexo, debido al pequeño número de muestras (Tabla 5). Al compararlos estos valores obtenido en este trabajo con los de Di Nucci *et al.*, (2014): AST, ALT, GGT y FA son más elevados

en un 50.9, 47.3, 1.8 y 87.1%, mientras que colesterol, triglicéridos y albumina son inferiores en 21, 37 y 34%, respectivamente.

**Tabla 4.** Valores hematológicos de *Myrmecophaga tridactyla* por sexo

Variable	Unidad	N	Sexo	Media	DE	Mín.	Máx.	Valor de P
Leucocitos	10/mm <sup>3</sup>	15	H	9.8	3.3	1.7	15.93	P>0.05
		13	M	9.97	6.16	4.1	24.92	
Eritrocitos	m/mm <sup>3</sup>	15	H	1.96	0.58	0.5	2.87	0.010
		10	M	2.61	0.58	1.61	3.61	
Hemoglobina	g/dL	14	H	9.69	3.15	2.2	13.8	0.002
		10	M	16.09	7.6	9.4	36	
Hematocrito	%	14	H	24.57	7.51	6.4	34	0.03
		9	M	36.93	12.18	18.7	54	
VCM	Fl	16	H	120.19	14.16	85	133.30	0.0003
		14	M	140.75	18.12	94.80	167	
HCM	Pg	16	H	51.35	12.1	33.5	70.77	P>0.05
		14	M	52.43	8.71	26.4	60.8	
CHCM	g/dL	16	H	40.82	8.72	29.2	56.34	P>0.05
		14	M	37.82	9.52	20.2	62.5	
Plaquetas	m/mm <sup>3</sup>	16	H	129.8	67.95	39	313	P>0.05
		12	M	150.25	43.22	60	206	
Neutrófilos	%	15	H	63.07	26.16	15.22	95	P>0.05
		14	M	63.16	21.56	20.27	90	
Linfocitos	%	16	H	28.97	23.31	3	82.04	P>0.05
		14	M	30.54	19.95	8	75.07	
Eosinofilos	%	15	H	5.51	6.95	0	26	P>0.05
		12	M	5.94	5.55	1	16	
Monocitos	%	16	H	0.88	2.03	0	8	P>0.05
		8	M	1.98	2.79	0	6	

VCM = Volumen corpuscular medio, HCM = Hemoglobina corpuscular media, CHCM = Concentración de hemoglobina corpuscular media, Pg = Picogramos, Fl = Femtolitros

**Tabla 5.** Valores de bioquímica sanguínea de *Myrmecophaga tridactyla*.

Variable	Unidad	N	Media	Mín	Máx	EE	DE
AST	U/L	13	54.8	27.8	154.9	11.4	41,3
ALT	U/L	13	76.4	20.8	231.8	16.8	60.8
GGT	U/L	4	27.4	14.4	46.1	8.1	16,3
FA	U/L	11	108.6	0.0	274	25.3	84,5
BUN	mg/dL	15	18.2	9.5	59.3	4.2	16,5
Creatinina	mg/dL	14	0.9	0.0	1.8	0.1	0.4
Colesterol	mg/dL	5	74.1	57.6	85.3	5.2	11,6
Triglicéridos	mg/dL	5	10.3	6.9	78.8	13.5	0.6
Albumina	g/dL	5	2.4	1.3	2.4	0.2	30.3
Globulina	g/dL	5	4.4	3.2	5.3	0.4	0.9
Proteínas totales	g/dL	6	6.6	6	7.8	0.52	1.2

ALT= Alanina aminotransferasa, AST= Aspartato aminotransferasa, BUN= Nitrógeno ureico en sangre, FA= Fosfatasa alcalina, GGT= Gama glutamil transferasa, Mín= Mínimo, Máx= Máximo, DE= Desviación estándar, EE= Error estándar.

La comparación de los valores reportados en este estudio con aquellos aportados por la bibliografía se dificulta por las diferencias entre los tipos de muestreo, las técnicas analíticas empleadas y el estado de los animales, junto con otros procesos que no son descritos en los artículos. En este sentido los datos obtenidos a partir del International por ISIS, (2003) son de gran relevancia, puesto que se basan en un importante número de muestras.

La disminución del número de osos hormigueros gigantes de vida libre ha puesto de relieve la importancia del mantenimiento de sus poblaciones cautivas (Knott *et al.*, 2013). Tales poblaciones presentan problemáticas particulares vinculadas, entre otras, con la reproducción de la especie fuera de su hábitat natural y el mantenimiento de la diversidad genética (Collevatti *et al.*, 2007) así como con la preservación de su estado sanitario. Para monitorear este aspecto en los individuos cautivos, así como la de aquellos que se incorporan por diversas razones a la vida

en cautiverio, se requiere disponer de valores de referencia para las variables involucradas (Di Nucci *et al.*, 2014). Los mismos reportes no sólo no son escasos, sino que además son variables, esto dificulta la interpretación de los exámenes, pudiendo dar como resultado diagnósticos indeterminados o incorrectos (Sanches *et al.*, 2013). Debe tomarse en consideración que la implementación de este tipo de estudios en animales silvestres implica un inevitable estrés provocado por el manejo, la restricción física derivada de su captura y la utilización de drogas anestésicas que pueden promover diferentes grados de alteración en el cuadro hematológico y bioquímico sérico, dependiendo de la respuesta fisiológica de cada especie e individuo a esos estímulos (Vogel *et al.*, 1999; Kusak *et al.*, 2005). Debe tenerse en cuenta que el uso de fármacos para restricción química puede reducir el número de eritrocitos circulantes debido a la disminución de la presión arterial y el secuestro esplénico, la neutrofilia inducida por estrés puede ser confundida con un leucograma de inflamación, y un incremento en el valor hematocrito, debido a una contracción esplénica, puede ser confundida con una deshidratación (Satake, 2002). Existen pocos estudios sobre la prevalencia de hemoparasitosis en osos hormigueros otro factor que puede afectar los valores del hemograma y particularidad para tener en cuenta cuando se trata de animales en cautiverio y en vida libre, puesto que cada grupo de individuos podría presentar estados parasitarios diferentes (Agudelo *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta que hay poca literatura que reporte las constantes fisiológicas para esta especie tenemos un punto de referencia, así que estos resultados son un aporte valioso para poder determinar valores específicos para esta especie; para el análisis de estas variables se tomó como referencia el trabajo realizado por Rojano., *et al.*, (2014) quienes realizaron el estudio con animales en vida libre. Existen diferentes factores que pueden afectar las variables evaluadas como ectoparásitos, hemoparásitos, estado de desarrollo del animal y niveles de estrés en el momento de la captura entre otros.

La hematología es una herramienta esencial para la medicina de la fauna y conservación de especies, puesto que proporciona información pertinente sobre el

estado de salud de los individuos, ayuda al diagnóstico, seguimiento de la enfermedad y otras aplicaciones en la conservación de especies. Es parte de la rutina clínica en la práctica de los animales domésticos, su uso debe fomentarse también en la medicina de fauna silvestre. Estudios hematológicos de animales en cautiverio aparentemente sanos son esenciales, ya que proporcionan datos que pueden ser útiles en la interpretación de los exámenes de laboratorio.

## CONCLUSIONES

Es necesario establecer valores de referencia en cuanto a constantes fisiológicas, perfil hematológico y bioquímico, si es cierto que existen algunos valores publicados, estos no son muy homogéneos y sus datos varían dificultando la interpretación de las ayudas diagnósticas. Se puede analizar que la mayoría de las variables como eritrocitos, MCV, MCH, MCHC, plaquetas, neutrófilos, linfocitos, eosinófilos y basófilos se comportan de manera similar manejando unos rangos muy semejantes entre sí.

Este trabajo aporta información valiosa antes no escrita sobre las constantes fisiológicas y más información de hematología para los osos hormigueros de Colombia y el mundo brindando a los profesionales involucrados bases que faciliten el diagnóstico y toma de decisiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agudelo, S., Gómez, L., Coronado, X., Orozco, A., Valencia, C., Restrepo, L., Galvis, L., Botero L. Prevalencia de parasitosis intestinales y factores asociados en un corregimiento de la Costa Atlántica Colombiana. *Revista de Salud Pública*, 10 (4): 633-642. 2008.
2. Andrade, G. Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35 (137): 491-507. 2011.
3. Choperena, M., Mancera, N. Lineamientos para el seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19 (2): 411-424. 2016.
4. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES). Apéndices I, II y III. Ginebra, Suiza. 47 p. 2013.
5. Collevatti, R., Leite, K., de Miranda, G., Rodrigues, F. Evidence of high inbreeding in a population of the endangered giant anteater *Myrmecophaga*

- tridactyla (Myrmecophagidae) from Emas National Park, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 30 (1): 112–120. 2007.
6. Di Nucci, D., Marc, L., Pérez, G., Scapini, J., Di Masso, R. Valores hematológicos y bioquímica sanguínea en osos hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla*) cautivos en Argentina. *Edentata*, 15: 39–51. 2014.
  7. Flesness, N. R. International Species Information System (ISIS): Over 25 years of compiling global animal data to facilitate collection and population management. *International Zoo Yearbook*, 38 (1), 53-61. 2003.
  8. International Council for Laboratory Animal Science (ICLAS). Guía para el desarrollo y reconocimiento de los programas de formación del personal implicado en la utilización de animales para experimentación y con otros fines científicos. Informe Comité Español ICLAS, 40 p. 2009. Disponible En: [http://wwwuser.cnb.csic.es/~transimp/guia\\_formacion\\_iclas.pdf](http://wwwuser.cnb.csic.es/~transimp/guia_formacion_iclas.pdf)
  9. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT). Resolución número 383 del 23 de Febrero de 2010. Bogotá, Colombia. 29 p. 2010.
  10. Knott, K., Roberts, B.M., Maly, M.A., Vance, C.K., Debechaump, J., Majors, J., Riger, P., Decaluwe, H., Kouba, A.J. Fecal estrogen, progesterone and glucocorticoid metabolites during the estrous cycle and pregnancy in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*): evidence for delayed implantation. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 11: 83, 13 p. 2013. Disponible En: <https://rbej.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1477-7827-11-83>
  11. Kusak, J., Baric, R., Zvorc, Z., Huber, D., Forsek, J., Bedrica, L., Mrljak, V. Effects of sex, age, body mass, and capturing method on hematologic values of brown bears in Croatia. *Journal of Wildlife Diseases*, 41 (4): 843–847. 2005.
  12. Miranda, F., Solís, G., Superina, M., Jiménez, I. (Ed). Manual clínico para el manejo del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*). Proyecto Tamandú / The Conservation Land Trust. 26 p. 2006. Disponible En: [http://www.proyectoibera.org/en/download/osohormiguero/manual\\_clinico.pdf](http://www.proyectoibera.org/en/download/osohormiguero/manual_clinico.pdf)
  13. Ministerio de salud de Colombia (MSC). Resolución 8430 del 04 de Octubre de 1993, artículo 87, literales c, g y h. 19 p. 1993. Disponible En: [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RES\\_OLUCION-8430-DE-1993.PDF](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RES_OLUCION-8430-DE-1993.PDF)
  14. Pérez, G., Llarín, L. Contribución al conocimiento de la distribución del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) en Argentina. *Edentata*, 8 (10): 8-12. 2009.
  15. Polanco, R., López, H., Arce, M., Camargo, A. Oso hormiguero palmero (*Myrmecophaga tridactyla*). En: Rodríguez, J., Alberico, M, Trujillo, F. y Jorgenson J. (Eds.). Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Colombia 182-194 p. 2006.
  16. Rodríguez, J., Alberico, M., Trujillo, F., Jorgenson, J. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 433 p. 2006.

17. Rojano, C., Miranda, L., Ávila, R. Densidad poblacional y biomasa del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) en Pore, Casanare, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 5 (1): 64-70. 2015.
18. Rojano, C., Miranda, L., Ávila, R. (Ed). Manual de rehabilitación de hormigueros de Colombia. Fundación Cunaguaro, Geopark Colombia S.A.S. Yopal, Colombia. 155 p. 2014. Disponible En: <http://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/manual-de-rehabilitacin-de-hormigueros-de-colombia.pdf>
19. Sanches, T., Miranda, F., Oliveira, A., Matushima, E. Hematology values of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and collared anteaters (*Tamandua tetradactyla*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33 (4): 557–560. 2013.
20. Satake, F. Hemograma e constituintes bioquímicos do sangue de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) de vida livre e de cativeiro. Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil. 54 p. 2002.
21. Smith, P. Giant anteater *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758. *Handbook of the mammals of Paraguay*. N. 2. 18 p. 2007. Disponible En: <http://www.fauparaguay.com/mamm2Myrmecophagatractyla.pdf>
22. Superina, M., Miranda, F., Abba, A. The 2010 anteater red list assessment. *Edentata*, 11 (2): 96-114. 2010.
23. Tirira, D. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador. Vol. 6. Quito, Ecuador. 576 p. 2007.
24. Vogel, I., Vié, J., de Thoisy, B., Moreau, B. Hematological and serum chemistry profiles of free ranging southern two-toed sloths in French Guiana. *Journal of Wildlife Diseases*, 35 (3): 531–535. 1999.

## **Uso de la ozonoterapia como tratamiento de patologías en pequeños animales**

**Use of ozone therapy as a treatment of pathologies in small animals**

**Uso da ozonioterapia como tratamento para patologias em pequenos animais**

Herrera Parra Oscar Javier<sup>1</sup> y Fuentes Reyes Edgar Edilberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de los Llanos y

<sup>2</sup>Médico Veterinario Zootecnista, MSc., PhD., Docente Universidad de los Llanos

[efuentes@unillanos.edu.co](mailto:efuentes@unillanos.edu.co)

Recibido 12 de Diciembre 2018, Aceptado 24 de Abril 2019

### **RESUMEN**

En este trabajo monográfico se realiza una revisión de literatura acerca del estado actual del uso de la ozonoterapia en la clínica de pequeños animales. Inicialmente el ozono fue utilizado para el tratamiento y potabilización del agua y desde 1915 comenzó a ser usado como agente terapéutico en personas por su acción germicida. En la medicina humana se ha reconocido los efectos que produce el ozono en el organismo, tales como el equilibrio en el balance REDOX, mejora del metabolismo del oxígeno, efecto inmunomodulador, propiedades antiinflamatorias, acción analgésica, promotor de la cicatrización y acción germicida. Todas sus propiedades están directamente relacionadas con la generación de productos secundarios, especies reactivas del oxígeno (ROS) y productos de la oxidación lipídica (LOPs), que en cantidades adecuadas producen dichos procesos biológicos. En la clínica de pequeños animales la ozonoterapia está siendo utilizada principalmente en el tratamiento de enfermedades que afectan la piel, de tipo bacteriana, fúngica y ectoparasitaria. También se han realizado estudios de su eficacia en el manejo del dolor en patologías musculoesqueléticas, en especial las de carácter crónico. El ozono en la Medicina Veterinaria tiene un futuro prometedor y tiene un potencial grande para la realización de más estudios en pequeños animales.

**Palabras clave:** Ozono, ozonoterapia, inmunomodulador, oxígeno, especies reactivas del oxígeno, productos de la oxidación lipídica.

### ABSTRACT

In this monographic work a literature review is made on the current state of ozone therapy in the small animal clinic is carried out. Initially ozone was used for the treatment and purification of water and since 1915 began to be used as a therapeutic agent in people for their germicidal action. In human medicine the effects of ozone on the body have been recognized, such as balance in REDOX balance, oxygen metabolism improvement, immunomodulatory effect, anti-inflammatory properties, analgesic action, healing promoter and germicidal action. All of its properties are directly related to the generation of by-products, reactive oxygen species (ROS) and Lipid Oxidation Products (LOPs), which in adequate amounts produce such biological processes. In the small animal clinic, ozone therapy is being used mainly in the treatment of bacterial, fungal and ectoparasitic diseases affecting the skin. Studies have also been made of its efficacy in the management of pain in musculoskeletal conditions, especially chronic ones. Ozone in Veterinary Medicine has a promising future and has great potential for further studies on small animals.

**Keywords:** Ozone, ozone therapy, immunomodulator, oxygen, reactive oxygen species, lipid oxidation products.

### RESUMO

Neste trabalho monográfico, é feita uma revisão da literatura sobre o estado atual do uso da terapia de ozônio na clínica de pequenos animais. Inicialmente, o ozônio era utilizado no tratamento e purificação da água e desde 1915 começou a ser utilizado como agente terapêutico nas pessoas por sua ação germicida. Na medicina humana reconheceu os efeitos que o ozônio no corpo, tais como o equilíbrio na balança REDOX, melhoria do metabolismo do oxigênio, efeito imunomodulador, anti-inflamatório, analgésico, cicatrização de promoção e ação germicida. Todas as propriedades estão directamente relacionados com a geração de produtos secundários, espécies reactivas de oxigênio (ROS) e os produtos de

oxidação lipídica (LOPs) que produzem quantidades adequadas de tais processos biológicos. Na clínica de pequenos animais a terapia de ozônio está sendo utilizada principalmente no tratamento de doenças que afetam a pele, bactérias, fungos e ectoparasitas. Estudos de sua eficácia no manejo da dor em patologias musculoesqueléticas, especialmente aqueles de natureza crônica, também foram realizados. O ozônio em medicina veterinária tem um futuro promissor e tem grande potencial para realizar mais estudos em pequenos animais.

**Palavras-chave:** Ozônio, ozonioterapia, imunomodulador, oxigênio, espécies que reagem ao oxigênio, produtos de oxidação de lipídios.

## INTRODUCCIÓN

Se ha comprobado que el ozono tiene la capacidad de eliminar agentes patógenos, ésta propiedad fue usada para el tratamiento y potabilización del agua para consumo humano. La ozonoterapia en medicina es una realidad, durante muchos años se empleó por su efecto germicida y actualmente se utiliza como complemento terapéutico para diferentes enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo incluido el dolor crónico. Las aplicaciones médicas del ozono se basan en aprovechar su alta capacidad oxidante frente a biomoléculas, generando un estrés controlado que activa respuestas antioxidantes endógenas.

Siendo la ozonoterapia una herramienta terapéutica sencilla y económica proporciona un potente arsenal terapéutico al veterinario permitiéndole abordar enfermedades antes solo tratables a un alto costo. El ozono se disuelve en el plasma sanguíneo, fluidos extracelulares, en la delgada capa de agua que cubre la piel y en mucosas del intestino, vagina, entre otras, por lo que es capaz de reaccionar con gran cantidad de sustancias biológicas hasta provocar su oxidación completa; entre estas sustancias se encuentran las proteínas, las glicoproteínas, ácidos como: ascórbico, úrico y grasos poli-insaturados que forman parte de los complejos lipoproteicos del plasma y de las capas de las membranas celulares (Scwhartz y Martínez, 2011). El resultado de la interacción del ozono con todos estos elementos biológicos es la producción de metabolitos secundarios, los cuales

le confieren al ozono propiedades medicinales importantes en el tratamiento de enfermedades (Menéndez, 2008).

El ozono era conocido desde la antigüedad, el griego “*ozein*” significa gas que huele, la literatura científica documenta que la primera mención del ozono fue en 1785 por el físico holandés Martinus Van Marum al percibir un olor peculiar que se generaba cerca de las máquinas electroestáticas, pero fue gracias al químico Alemán Christian Friedrich Schönbein que, en mayo de 1840, usando una pila voltaica en presencia de oxígeno, notó el surgimiento de un gas con un olor “eléctrico y picante”, por lo cual se le otorga su nombre (González, 2012).

En el año 1857 se logró por primera vez la formación de ozono de manera artificial por Werner von Siemens quien, mediante la construcción del tubo de superinducción generó un poco de ozono; años después, por sus propiedades bactericidas, se comenzó a fabricar utilizando una máquina para obtener agua potable (Bocci, 2005). Más tarde, por su poder antiséptico y amplio espectro de acción; fue utilizado principalmente en la potabilización del agua. En 1870 el médico alemán Lender realizó la primera publicación sobre los efectos biológicos en el agua, en 1915, el Dr. O. Woolf, cirujano del Ejército Alemán utiliza el ozono para tratamiento de las heridas infectadas en la Primera Guerra Mundial (González, 2012). En el año 1958 se construye el primer generador de ozono medicinal con marca registrada, el *Ozonosan PM 58*, que permitía una dosis exacta de la mezcla oxígeno-ozono (Scwhartz y Martínez, 2011).

### **¿QUÉ ES EL OZONO?**

El ozono es un gas cuya estructura molecular está compuesta por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) y se forma naturalmente en las capas altas de la atmósfera, mediante la modificación estructural del oxígeno (Bocci, 2005). Este compuesto es importante en el equilibrio ecológico de la tierra, puesto que tiene la capacidad de absorber gran parte de las radiaciones ultravioletas provenientes del sol, las tres fuentes de energía por las cuales se puede formar ozono son: la electrólisis química, las descargas eléctricas y las radiaciones de luz UV (Scwhartz y Martínez, 2011).

Menéndez, (2008) menciona que las radiaciones de elevada energía que emanan del sol descomponen las moléculas de oxígeno presentes en el aire en átomos libres, algunos de los cuales se combinan con otras moléculas de oxígeno para constituir el 90% del ozono atmosférico, ubicándose en una franja entre los 15 y 55 km arriba de la superficie de la Tierra.

### **FORMACIÓN ARTIFICIAL DEL OZONO**

La formación artificial del ozono es el resultado de un proceso de modificación molecular que sufre el oxígeno, por acción directa de una descarga eléctrica silenciosa, de alta frecuencia y voltaje sobre su estructura (Rubiano, 2015). El oxígeno se encuentra formado por dos átomos que en sus núcleos presentan protones (carga positiva) y neutrones (cargas positiva y negativa) que giran alrededor de cada núcleo; tres órbitas de electrones de cargas negativas, la primera órbita presenta dos electrones, la segunda ocho y la tercera seis electrones, de los cuales dos son compartidos con el otro átomo del oxígeno, en esta unión es donde el aparato generador de ozono produce una descarga eléctrica separándolos y transformándolos en radicales libres que se unen a moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) formando la molécula de ozono ( $O_3$ ) (González, 2012). La producción de ozono terapéutico requiere de oxígeno medicinal, ésta mezcla debe ser producida *in situ* para cada aplicación y en ella no debe haber más de un 5% de ozono. El circuito inicia con un flujo regulado desde una bala de oxígeno, y viaja hasta el equipo generador de ozono; donde recibe la descarga eléctrica generando ozono, el cual sale a través de una manguera (Hidalgo y Torres, 2013).

La molécula de ozono es sensible a los cambios medio ambientales, por ello se recomienda su administración inmediata, la concentración de este gas depende estrictamente de la temperatura a la que se encuentra expuesta, por ejemplo: a una temperatura de 20°C su concentración se reduce a la mitad en 40 minutos, a 30°C, este mismo proceso toma 25 minutos; por otra parte si se expone a bajas temperaturas su concentración no se ve tan afectada, a -50°C su concentración se disminuye a la mitad sólo después de tres meses (Bocci, 2005).

## **ACCIÓN BIOLÓGICA DEL OZONO MEDICINAL**

La reacción del ozono con diferentes moléculas y la posterior formación de metabolitos secundarios implican dos procesos fundamentales, el primero consta que parte del gas es consumido durante la oxidación del grupo sulfhidrilo (SH) de las proteínas, las glicoproteínas y los ácidos ascórbico y úrico que como resultado generan varias especies reactivas del oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) que desencadenaran diversas vías bioquímicas; los ROS incluyen varios radicales como el anión superóxido ( $O_2^-$ ), el monóxido de nitrógeno (NO), el peroxinitrito ( $O=NOO^-$ ), el radical hidroxilo y el ácido hipocloroso (HClO). El segundo proceso es tardío y se le denomina peroxidación lipídica, en este caso están implicados ácidos grasos (particularmente el ácido araquidónico presente en triglicéridos y quilomicrones del plasma); como resultado se produce otro ROS, conocido como peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y aldehídos conocidos como Productos de la Oxidación Lipídica (LOPs, por sus siglas en inglés) (Bocci, 2005).

## **EFFECTOS DEL OZONO MEDICINAL**

El ozono es altamente reactivo y todas sus propiedades están directamente relacionadas con la generación de productos secundarios que, en cantidades adecuadas, producen efectos biológicos tales como equilibrar el balance REDOX, mejorar el metabolismo del oxígeno, inmunomodulación, tienen propiedades antiinflamatorias y analgésicas, promueve la cicatrización con una acción germicida. Los LPOs del endotelio y otros órganos hace una regulación positiva de proteínas y enzimas antioxidantes y estimula la liberación de células madre (Bocci, 2005).

## **EQUILIBRIO EN EL BALANCE REDOX**

El cuerpo produce radicales libres de forma natural, éste es un mecanismo utilizado por las células del sistema inmune para destruir bacterias y virus, no obstante, existen elementos en el ambiente que pueden promover una mayor producción de radicales libres, entre los que se encuentran la polución industrial, el tabaco, la radiación, los medicamentos, los aditivos químicos en los alimentos y pesticidas; a éste proceso se le denomina oxidación (Menéndez, 2008). Cuando se rompe el

equilibrio que existe entre los radicales libres y las enzimas endógenas antioxidantes se produce un fenómeno denominado estrés oxidativo, el cual puede causar lesiones en tejidos llevando a la muerte celular (Bocci *et al.*, 2007). El uso del ozono restablece el balance REDOX intracelular, incrementando la actividad de estas enzimas endógenas (glutación peroxidasa, glutación reductasa, catalasa y superóxido dismutasa), disminuyendo el estrés oxidativo (Borrego *et al.*, 2004). También se ha buscado manejar el ozono desde un enfoque profiláctico, mediante el pre-acondicionamiento oxidativo con el objetivo de favorecer el balance antioxidante-prooxidante mediante el aumento de la respuesta de los sistemas endógenos antioxidantes, y de esta manera preservar el estado REDOX celular (Zamora *et al.*, 2005).

### **EFFECTO EN EL METABOLISMO DEL OXÍGENO**

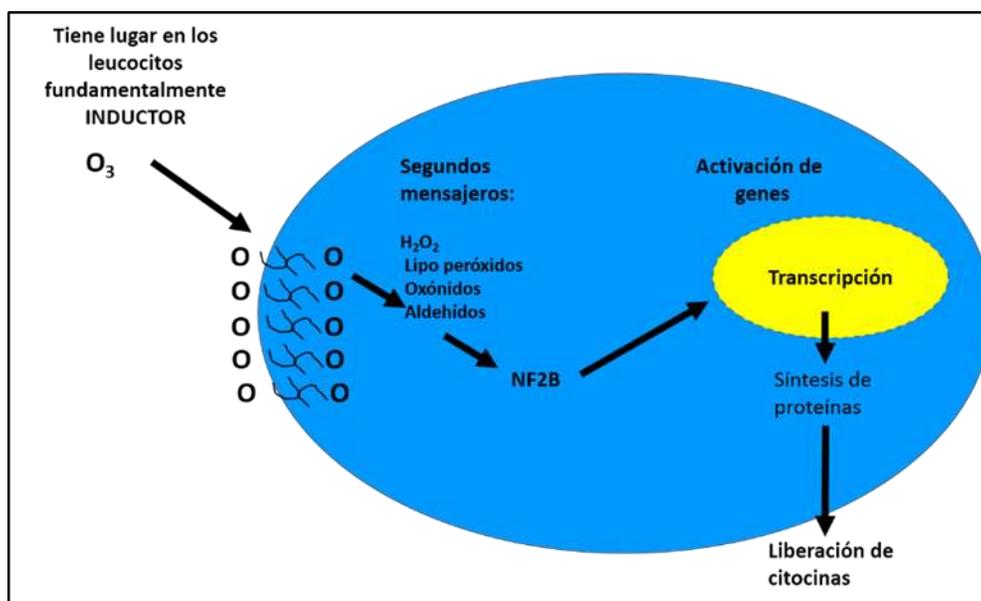
El ozono medicinal aumenta la oxigenación sanguínea actuando sobre las cadenas dobles de ácidos grasos insaturados de la capa fosfolipídica de la membrana eritrocítica lo cual conduce a la formación de peroxidasa, que tiene un importante papel en el metabolismo a través de los sistemas REDOX (reducción-oxidación), NADH/NAD (co-enzima nicotinamida adenina dinucleótido que lleva electrones de una reacción a otra) y GSH/GSSG (glutación reducido con poder antioxidante). La reacción de la peroxidasa con el glutación incrementa la producción de 2,3 DPG (difosfoglicérido) e hidrogeniones facilitando la liberación de oxígeno a partir de la oxihemoglobina, principalmente en tejidos afectados por isquemia (González, 2012).

### **EFFECTO INMUNOMODULADOR**

Los diferentes efectos que produce el ozono medicinal en un organismo dependen de la dosis y/o concentración en la que se emplean, en condiciones controladas es un agente inductor de citoquinas dado que no es tóxico, no es antigénico y produce una respuesta inmune positiva (González, 2012). En el caso de su efecto inmunomodulador, la administración de dosis bajas de ozono puede reactivar el sistema inmune deprimido como consecuencia de diversas patologías (Scwhartz y

Martínez, 2011). El efecto está dirigido a la línea leucocitaria, principalmente los monocitos y linfocitos T; una vez éste haya realizado su efecto inductor, los leucocitos liberan pequeñas cantidades de citoquinas de manera controlada (Díaz *et al.*, 2013).

En la regulación de la síntesis de citoquinas intervienen ciertos factores transcripcionales como NF- $\kappa$ B, favoreciendo los procesos de transcripción y transducción a nivel del ADN, actuando como promotor de este sitio (o serie de bases nitrogenadas) por donde ocurre la transcripción directamente de ADN a ARN, para conducir al incremento o supresión en la síntesis de alguna citoquina en particular, sea esta pro-inflamatoria o anti-inflamatoria (Figura 1) (Scwhartz y Martínez, 2012).



**Figura 1.** Mecanismo de acción del ozono como regulador de la síntesis de citoquinas (Scwhartz y Martínez, 2011).

Se ha demostrado la capacidad del ozono de regular a la interleucina (IL4) y de generar una pequeña estimulación del interferón gamma (IFN- $\gamma$ ) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) aún en dosis reducidas (Larini y Bocci, 2005).

Resultados obtenidos mediante modelos experimentales han logrado demostrar la capacidad de la mezcla oxígeno-ozono de disminuir la respuesta de

hipersensibilidad a un alérgeno, mediante la disminución de la síntesis de inmunoglobulina G (IgG), con la consecuente disminución de la respuesta inflamatoria (Zayas *et al.*, 2009).

### **EFFECTO ANALGÉSICO Y ANTIINFLAMATORIO**

Estos mecanismos de acción se han relacionado directamente con los efectos de múltiples metabolitos secundarios generados por el ozono. Scwhartz y Martínez, (2011) mencionan que los efectos moduladores pueden relacionarse a su modo de actuar sobre diversos blancos: 1) Menor producción de mediadores de la inflamación; 2) la oxidación (inactivación) de metabólicos mediadores del dolor; 3) mejora neta de la microcirculación sanguínea local, con una mayor entrega de oxígeno a los tejidos, imprescindible para la regeneración de estructuras anatómicas; y 4) la eliminación de toxinas y de manera general a la resolución del disturbio fisiológico que generó el dolor. Como es conocido las prostaglandinas son sustancias de carácter lipídico derivadas de ácidos grasos que juegan un papel en el proceso de respuesta inflamatoria, allí es donde el ozono interviene, disminuyendo su producción, por acción directa sobre el ácido araquidónico (Mondéjar y Rosas, 2016).

### **ACCIÓN GERMICIDA**

Las propiedades germicidas del ozono se conocen desde el siglo XIX, demostrando capacidad para eliminar virus, bacterias y hongos por acción de sus metabolitos secundarios, los ROS, que reaccionan oxidando irreversiblemente a dichos agentes patógenos; la capacidad oxidante actúa sobre las paredes y membranas celulares bacterianas (Menéndez, 2008). En la acción contra bacterias y levaduras, el ozono posee un gran efecto sobre la membrana plasmática, produciendo oxidación proteica y lipídica y su posterior deterioro, los metabolitos generados por los procesos oxidativos causan una alteración en la funcionalidad de los orgánulos intracelulares, produciendo una pérdida del homeostasis de los agentes patógenos con su consecuente destrucción (Bocci, 2005).

El efecto antivírico del ozono radica en la pérdida de las propiedades de la envoltura del virus y también en la inactivación de la transcriptasa inversa, por acción de sus metabolitos secundarios, de esta manera se inhibe los procesos de transcripción y síntesis proteica de los virus impidiendo su replicación (Schwartz, 2017).

Una gran cantidad de agentes infecciosos son susceptibles al efecto del ozono, entre estos las bacterias Gram negativas (*Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Campylobacter*, *Salmonella*), las Gram positivas (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium*, *Corynebacterium*), y los micetos (*Candida albicans*) (Bocci, 2005).

### **PROMOTOR DE LA CICATRIZACIÓN Y REGENERACIÓN DE TEJIDOS**

El ozono promueve la activación del factor de transcripción NF- $\kappa$ B, el cual regula la respuesta inflamatoria y el proceso de cicatrización, produciendo un aumento de los factores endógenos de crecimiento: el de fibroblastos (FGF), el derivado de plaquetas (PDGF), transformante- $\beta$  (TGF- $\beta$ ) y el del endotelio vascular (VEGF) que participan en la regulación de la epitelización, la formación de tejido de granulación y la neovascularización (Kim *et al.*, 2009).

El plasma rico en plaquetas (PRP) es un material biológico autólogo, proveniente de la filtración de la sangre del paciente, que contiene varios factores de crecimiento importantes en proliferación y diferenciación celular, angiogénesis, síntesis y deposición de matriz extracelular (Roberto, 2013). El uso del (PRP) activado con ozono ha sido objeto de estudios relacionados con la regeneración de tejidos y la cicatrización, en este caso el ozono promueve la agregación plaquetaria y la liberación de factores con propiedades mitogénicas y quimiotácticas (Schwartz y Martínez, 2011). Re *et al.*, (2010) reportaron que el ozono puede promover la agregación plaquetaria, particularmente cuando se usa la heparina como anticoagulante, y que la liberación de los factores anteriormente mencionados es dependiente de la dosis de ozono empleada en el plasma rico en plaquetas heparinizado.

## LA OZONOTERAPIA EN MEDICINA VETERINARIA

La ozonoterapia se ha presentado como una nueva alternativa terapéutica en el campo de la clínica veterinaria y se han reconocido los beneficios con el uso de este tipo de terapia no convencional en el tratamiento de diversas enfermedades que afectan a diversas especies (Vidal *et al.*, 2009). En países como España, Brasil y Cuba la ozonoterapia ha comenzado a ser utilizada en veterinaria, buscando la motivación en los profesionales para realizar trabajos científicos y para implementarla en la práctica clínica (Vigna y Menéndez, 2007).

Por su relación costo/beneficio positiva, la ozonoterapia veterinaria se ha estado incorporando en la rutina clínica diaria de hospitales, tanto en pequeños como en grandes animales, otorgándole al médico veterinario un arsenal terapéutico de fácil aplicabilidad, el cual se puede ser combinado con otras terapias convencionales dándole al cliente una alternativa más económica (Vidal *et al.*, 2009).

### VÍAS DE ADMINISTRACIÓN DEL OZONO EN PEQUEÑOS ANIMALES

Básicamente las vías de administración del ozono medicinal se dividen en dos (Figura 2), puede ser de forma local o sistémica y también pueden usarse solas o en combinación con la finalidad de ejercer un mejor efecto (Colín, 2016).



### VÍAS DE ADMINISTRACIÓN

La vía tópica está indicada en casos de dermatitis, otitis, infecciones post-quirúrgicas y en heridas, para lo cual se aplica directamente la mezcla de oxígeno/ozono en el sitio de la lesión, también se puede utilizar una bolsa la cual debe cubrir la lesión y posteriormente será llenada con la mezcla de gases (Figura 3). Se ha propuesto el uso de agua ozonizada para el tratamiento de lesiones en la piel bajo la afirmación de que la saturación de este líquido con ozono lo convierte en un buen vehículo de administración (Campoverde, 2014). El aceite de girasol y cremas ozonizadas, también son muy empleados de forma tópica por su poder germicida puesto que contiene aldehídos, ácidos carboxílicos, hidroperóxidos, ozónidos y otras especies peroxídicas (Camps *et al.*, 2009). Díaz *et al.*, (2006) mediante un modelo experimental en conejos afirmaron que este aceite de girasol tópico no es irritante para la piel, ni para las estructuras oculares y que tampoco tiene efecto sensibilizante al ponerse en contacto con la piel de los animales.



**Figura 3.** Administración de ozono por vía tópica. (A) canino, aplicación tópica de oxígeno/ozono directo en herida por guadaña. (B) felino, aplicación tópica de oxígeno/ozono en herida por traumatismo. (C) canino, aplicación óptica directa de oxígeno/ozono. (D) canino, aplicación de oxígeno/ozono con técnica de insuflación de bolsa.

**Fuente:** Figuras A, B y C: Autor, Figura D: Colín, (2016).

La vía intramuscular es indicada en casos de manejo del dolor en patologías músculo-esqueléticas como osteoartritis y hernia discal, hasta procesos degenerativos como artrosis o espondilosis deformante (Hernández, 2013). Se infiltra la mezcla de oxígeno/ozono directamente en la articulación o se utiliza la técnica paravertebral intramuscular en el caso de la hernia discal (Figura 4) (Castrini y Prignacca, 2002).



**Figura 4.** Administración de oxígeno-ozono de forma paravertebral en un canino  
**Fuente:** Colín, (2016).

El procedimiento debe ser realizado con una adecuada antisepsia de la zona y esterilidad de materiales como las jeringas y guantes, para este tipo de procedimiento no es necesario usar anestésicos, exceptuando a pacientes nerviosos o agresivos en donde se puede utilizar la anestesia local, o incluso la tranquilización (Colín, 2016). Se ha demostrado obtener respuestas positivas a esta terapia en problemas musculoesqueléticos con evidentes mejoras en la movilidad en las primeras 24 horas posteriores a la aplicación (Ballardini, 2005). Se ha administrado el plasma rico en plaquetas (PRP) y el plasma pobre en plaquetas (PPP) autólogo ozonizado por vía intra-articular en problemas discales (en casos con protrusión, con roturas radiales o completas del anillo fibroso y con hernia discal, obteniendo una regeneración de la lesión y un efecto analgésico (Kirchner, 2012).

La vía sistémica se emplea en procesos alérgicos, en dermatitis y en el control de procesos inflamatorios, la autohemoterapia menor consiste en la extracción de una cantidad de sangre venosa del paciente, 1 ml de sangre por cada 10 kg de peso

vivo del animal, la cual es ozonificada y agitada suavemente por 2 minutos finalmente se aplica nuevamente al paciente por vía intramuscular (Colín, 2016). La autohemoterapia mayor mejora el aporte de oxígeno a los órganos y tejidos, modula el sistema inmune e incrementa la capacidad antioxidante del organismo, es utilizado en infecciones sistémicas, procesos virales y en enfermedades hemoparasitarias, (Menéndez, 2008). Se realiza la extracción de sangre del paciente, el 5% del volumen total sanguíneo del paciente, puncionando la vena yugular y recolectándola en una bolsa para transfusión sanguínea con 13 mL de citrato de sodio al 3.8%, paso seguido se administra la mezcla de oxígeno/ozono a la bolsa de transfusión, luego se mueve cuidadosamente la bolsa durante 2 minutos y finalmente se vuelve a transfundir la sangre al paciente (García *et al.*, 2010).

La insuflación rectal, está indicada como coadyuvante en patologías intestinales de tipo viral, parasitario y bacteriano, además como estimulante del sistema inmunitario; se introduce una sonda plástica previamente lubricada por el ano, el diámetro de esta depende del tamaño del paciente y finalmente se procede a insuflar la mezcla oxígeno-ozono lentamente. La cantidad a administrar de la mezcla de gases varía según el tamaño del paciente, oscila entre 5 a 40 mL a una concentración de 20 a 40  $\mu\text{g/mL}$  (Fierro, 2011).

La vía intraperitoneal es el método de administración de ozono más reciente y el menos utilizado, esta vía permite un alcance directo a órganos como hígado y bazo generando una disminución del estrés oxidativo en el tejido hepático y esplénico, puede ser usado como coadyuvante en procesos de peritonitis y se está empleando para estudios de tratamiento contra neoplasias (Zamora *et al.*, 2007). Se carga una jeringa con oxígeno/ozono, se coloca la aguja de 21G, luego se realiza una punción en un punto fijo de la cavidad abdominal aproximadamente a dos centímetros caudal al ombligo y a un centímetro del lado lateral derecho de la línea media ventral, lentamente se va introduciendo la aguja hasta llegar a la cavidad peritoneal y finalmente se administra la mezcla de gases de 100 a 300 ml a una concentración de 50  $\mu\text{g/mL}$ , de ser necesario se puede realizar infiltración local con lidocaína (Colín, 2016).

## CONTRAINDICACIONES DEL USO DEL OZONO

La controversia que existe sobre el uso del ozono radica en los agresivos efectos de sus metabolitos, los ROS, estos productos derivados del oxígeno son altamente reactivos por su inestabilidad química y son capaces de dañar al ácido desoxirribonucleico (ADN), al actuar sobre las bases nitrogenadas, provocando modificaciones estructurales de las mismas (Bocci, 2005). La lipoperoxidación produce alteración de membranas y sus productos como el malondialdehído y el 4-hidroxi-2-nonenal, son considerados como citotóxicos (Cárdenas y Pedraza, 2006). No obstante, la administración del ozono en la medicina es totalmente seguro ya que se utiliza en micro dosis, cuando ingresa al organismo en aproximadamente un minuto parte de las especies reactivas del oxígeno producidas por el ozono son consumidas por el sistema antioxidante presente en los fluidos biológicos, de esta manera se puede obtener efectos biológicos positivos y de manera controlada sin afectar al organismo. La vía inhalada e intravenosa están contraindicadas, así sea en micro dosis, produce lesiones tanto al epitelio de las vías respiratorias altas como al de las bajas, además es importante evitar que el área de trabajo se llene del gas (Bocci *et al.*, 2009). En pacientes que presentan simbléfaron la terapia de ozono también está contraindicada debido a la estimulación de fibroblastos que éste produce, lo cual empeoraría la condición ocular (Vigna y Menéndez, 2007).

## ESTUDIOS SOBRE LA EFICACIA DE LA OZONOTERAPIA

Camps *et al.*, (2009) evaluaron la efectividad del aceite de girasol con ozono en 20 caninos diagnosticados con piodermatitis, causado por *Staphylococcus intermedius*, se formaron cuatro grupos experimentales (A, B, C y D), al grupo A se le administró una vez al día este aceite, al B dos veces, al C gentamicina una vez al día y al D gentamicina dos veces, la duración del tratamiento fue de siete días para todos los casos, los resultados arrojaron una respuesta positiva a la terapia con el aceite, principalmente el grupo B que tuvo un promedio de recuperación de 4.2 días, aunque existe variaciones entre la media de recuperación de los grupos A y B, en el séptimo día de tratamiento, el 100% de los animales de ambos grupos estaban recuperados, a diferencia del grupo C y D (Tabla 1), así se confirma la efectividad

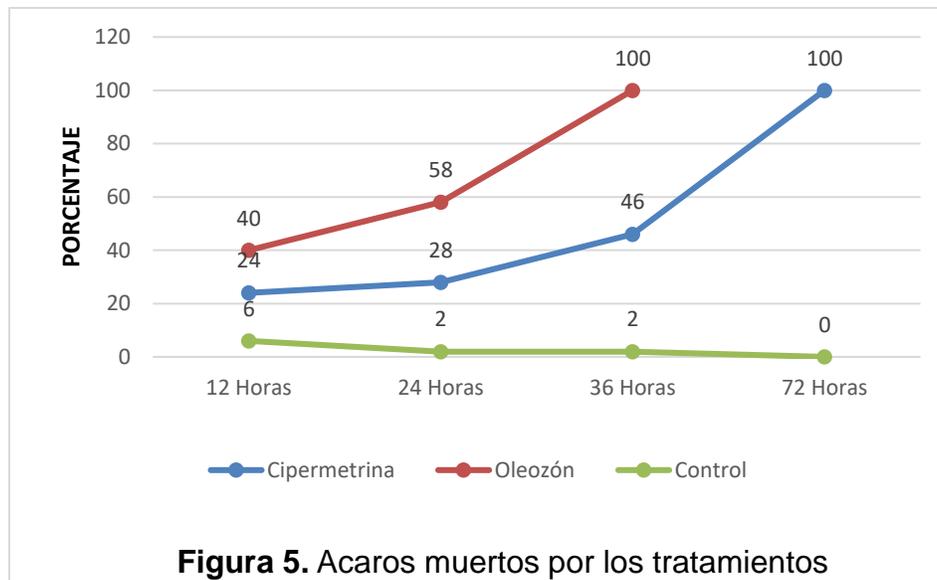
del uso tópico con aceite en procesos infecciosos como la piodermitis, comparado con la efectividad de la gentamicina.

**Tabla 1.** Recuperación en días para los tratamientos

Grupos	Total animales tratados	Días para la recuperación	Total de recuperados a los 7 días (%)
A	5	6.0	100
B	5	4.2	100
C	5	8.8	0
D	5	7.2	80

**Fuente:** Camps *et al.*, (2009).

Camps *et al.*, (2012) realizaron un estudio *in vitro* e *in vivo* para evaluar el nivel de efectividad de girasol con ozono para controlar el ectoparásito *Psoroptes cuniculi*, que afecta a los conejos, para el primero se colectaron 150 ácaros adultos, los cuales se dividieron en tres cajas de Petri con 50 parásitos en cada una, en la primera caja se aplicó aceite con ozono (oleozon), en la segunda caja cipermetrina al 30% y en la tercera caja no se realizó ningún tratamiento (grupo control). Para el estudio *in vivo* se utilizaron 30 conejos adultos diagnosticados con sarna psoróptica, que se dividieron en tres grupos de 10 animales cada uno y se le administró el mismo tratamiento que en el *in vitro* (Grupo 1 oleozon, grupo 2 cipermetrina al 30% y grupo 3 sin tratamiento). En el estudio *in vitro* se demostró una mayor efectividad del aceite con ozono, mostrando un porcentaje de mortalidad en los ectoparásitos más alto durante las horas de observación y donde el 100% habían muerto a las 36 horas, mientras que con la cipermetrina el 100% de los ácaros murieron hasta pasadas las 72 horas. En cuanto al estudio *in vivo* se observó una recuperación del 100% de los animales tratados con oleozon a los 15 días, mientras que en el grupo tratado con cipermetrina solo el 70% de los animales se recuperaron en el mismo tiempo (Figura 5), de esta forma determinó la gran eficacia del aceite ozonizado contra ectoparásitos como el *Psoroptes cuniculi*.



Zamora *et al.*, (2007) realizaron una investigación para evaluar la efectividad de la mezcla de oxígeno/ozono combinado con levofloxacina en un modelo de sepsis peritoneal en ratas; se conformaron cinco grupos de nueve ratones cada uno. La sepsis peritoneal fue inducida mediante una inyección intraperitoneal de una disolución de materia fecal extraída del ciego de una rata donante, observados hasta las 240 horas, monitoreándose la mortalidad, durante las primeras horas, los grupos tratados con levofloxacina y el de solamente ozono mostraron un comportamiento similar, a las 240 horas, se observó mayor supervivencia de los animales tratados con el antibiótico y ozono en comparación con los demás tratamientos donde se utilizó solo levofloxacina o solo ozono y el control que no recibió tratamiento. Con estos resultados se demuestra la efectividad que se puede obtener con la ozonoterapia en conjunto con la antibioticoterapia en un modelo de sepsis, demostrando también que puede ser más beneficioso el uso de terapias combinadas, que el uso del ozono como único plan terapéutico.

Vigna y Menéndez, (2007) realizaron un estudio para evaluar la efectividad del aceite de girasol ozonizado en colirio en enfermedades oftalmológicas en 59 gatos de diferente edad y origen con las siguientes enfermedades: Queratoconjuntivitis herpética, queratoconjuntivitis herpética, queratoconjuntivitis mixta por herpes virus, *Chlamidiophila felis* y *Mycoplasma*, úlcera corneal profunda por diferentes causas

(herpética y traumática) y úlcera corneal por diversas causas tratada con injerto conjuntival ozonizado. Los resultados obtenidos en los pacientes con queratoconjuntivitis herpética y tratados con este colirio, administrado mediante una posología de dos gotas en cada ojo tres veces al día, mostraron una mejoría temprana, entre 5 a 6 días.

Los gatos con conjuntivitis por *Chlamidiophila felis* fueron tratados con dicho colirio, dos gotas en el fórnix de la conjuntiva cada ocho horas; después de sólo tres días de tratamiento todos los gatos, incluyendo los refractarios a los antibióticos, mostraron una gran mejora y después de 10 días de terapia todos los gatos fueron completamente curados. Los animales con queratoconjuntivitis mixta fueron tratados con el colirio, dos gotas cada 8 horas, además de tropicamida 0.12% (una gota dos veces al día) para evitar sinequias; después de 6 días de terapia el edema desapareció (Figura 6) y después de 15 días se registró la resolución completa de los síntomas con la cicatrización de las úlceras corneales herpéticas.



**Figura 6.** Evolución de un paciente felino con queratoconjuntivitis mixta, tratado con aceite de girasol ozonizado. **Fuente:** Vigna y Menéndez, (2007).

En el caso de las úlceras corneales se trataron dos perforadas, un descemetocele y cuatro úlceras profundas, la terapia consistió en colirio de girasol ozonizado, tres gotas cada 6 horas y tropicamida 0.12% una gota cada 8 horas, se obtuvo una cicatrización completa para las úlceras profundas en 7 a 9 días, para el descemetocele en 7 días, mientras que para las úlceras perforadas después de 10

días la cicatrización de la córnea y en 30 días tenía una apariencia más natural (Figura 7).



En los animales con úlceras y con injertos conjuntivales, un gato con luxación de la lente cristalina en la cámara anterior y con consecuente pérdida de tejido corneal, fue tratado 6 veces al día con tres gotas colirio de girasol con ozono sobre el injerto y tropicamida 0.12%, una gota cada ocho horas, después de 48 horas el injerto consiguió vascularización, después el tratamiento con ozono, la córnea se volvió transparente y se conservó el ojo. En tres gatos con úlcera perforada colagenolítica muy grande (uno de ellos con luxación y eyección de lente) aplicaron el injerto pediculado tratando la zona tres veces al día con tres gotas de aceite ozonizado, después de cuatro días cortaron el pedículo, continuando la terapia con tres gotas por cuatro veces al día en el injerto libre, el cual consiguió vascularización en dos días y en 10 días se obtuvo una integridad corneal (Figura 8).

García *et al.*, (2010) realizaron un reporte de caso de un paciente canino de dos años diagnosticado con *Ehrlichia spp.*, mediante la visualización de mórulas en una muestra de sangre de la oreja del animal puesta bajo microscopio óptico. Esta paciente fue sometida a una autohemoterapia mayor ozonizada; se recolectó el 5% del volumen total de sangre, en este caso 80 ml, puesto que la paciente pesaba 20 kg (el volumen de sangre total corresponde al 8% del peso vivo), se colocó la sangre transfusional en una bolsa estéril, que contenía 13 ml de citrato de sodio a 3.8%, la mezcla oxígeno/ozono fue introducida a la bolsa en proporción 1:1

homogenizándola de manera lenta y constante, la sangre fue devuelta al animal, este proceso se realizó dos o tres veces por semana. Los resultados de los cuadros hemáticos, antes y después del tratamiento, evidencian una respuesta positiva a la terapia (Tabla 2), el volumen plaquetario también mostró un incremento considerable al poco tiempo de iniciado las autohemoterapias y no se encontraron mórulas de *Ehrlichia spp.* De esta forma se confirmó la eficacia de la autohemoterapia mayor con ozono frente a hemoparásitos, como la *Ehrlichia spp.* Cabe resaltar que debería realizarse estudios más a fondo y con un número de casos más grande, para observar los diferentes tipos de respuesta al tratamiento.



En el estudio realizado por Hernández, (2013) se utilizó el ozono y los factores de crecimiento ozonizados en lesiones osteoartísticas en caninos divididos en dos grupos (Tabla 3) y se encontró que al segundo día de la primera sesión los perros del grupo 1 mostraron una respuesta positiva, después de la segunda sesión el 45% de los perros mostraron una clara mejoría y después de la tercera sesión el dolor a la palpación desapareció en el 85% de los perros. En el grupo 2 el dolor desapareció en más de la mitad de los animales pasadas las 24 horas, finalizado los tratamientos los demás, excepto uno en donde sólo se disminuyó el dolor, se habían curado. Demostrando la efectividad de la terapia de ozono y de los factores de crecimiento ozonizados en el tratamiento de patologías musculoesqueléticas, permitiendo una mejoría y mejor calidad de vida para los pacientes.

**Tabla 2.** Resultados de las líneas celulares roja y blanca, antes y después del tratamiento de autohemoterapia mayor con ozono

Parámetro	Antes	Después	Valores normales
Eritrocitos x10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	5.0	7.51	5.5 a 8.5
Hemoglobina (g%)	12.1	15.8	12 a 18
VG (%)	38.0	49.2	37 a 55
VGM(μm <sup>3</sup> )	69.0	66.0	60 a 77
HGM(pg)	22.0	21.0	19 a 23
CAGH (%)	31.8	32.1	31 a 34
RDW (%)	14.9	13.7	14 a 17
Leucocitos totales /mm <sup>3</sup>	5900	11000	6000 a 18000
Neutrofilos jóvenes/mm <sup>3</sup>	118	770	0 a 540
Neutrofilos segmentados/mm <sup>3</sup>	3717	4730	3600 a 13860
Neutrofilos totales/mm <sup>3</sup>	3835	5500	3600 a 14400
Eosinofilos/mm <sup>3</sup>	59	2200	120 a 1800
Monocitos/mm <sup>3</sup>	177	550	180 a 1800
Linfocitos/mm <sup>3</sup>	1829	2750	720 a 5400

Fuente: García *et al.*, (2010)

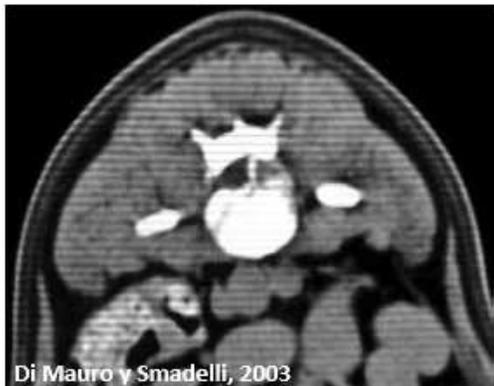
**Tabla 3.** Grupo de perros con patologías musculo esqueléticas y sus respectivos tratamientos

Grupo	Tratamientos
G1	<p><b>Primera sesión:</b> Se utilizaron 5 ml de mezcla oxígeno/ozono a una concentración de 8 μg/ml inyectado en articulaciones afectadas y puntos paravertebrales.</p> <p><b>Segunda, tercera y cuarta sesión:</b> Se aplicó plasma rico/pobre en plaquetas (PRPP) + ozono a una concentración de 50 μg/ml en proporción 1:1 con el PRPP, inyectado en la fosa trocantérica.</p> <p>Se inyectó ácido hialurónico 1 ml en la fosa trocantérica.</p> <p>Se inyectó 2-5 ml de mezcla oxígeno/ozono a concentración de 8 μg/ml en zona periarticular y paravertebral.</p> <p><b>En las 4 sesiones se realizó autohemoterapia mayor con ozono.</b></p>
G2	<p>Se inyectaron de 2-5 ml de mezcla oxígeno/ozono a una concentración de 8 μg/ml en las áreas dolorosas. Con repetición de la aplicación al tercer y al sexto día.</p>

Fuente: Adaptado de Hernández, (2013).

Castrini y Prignacca, (2002) evaluaron la efectividad de la mezcla oxígeno/ozono en el tratamiento de hernia discal en caninos, a los que se les realizaron un total de 10 sesiones, dos semanales por cinco semanas, el tratamiento fue mediante la inyección de la mezcla oxígeno/ozono a una concentración de 30 mg/mL por vía intramuscular paravertebral a la altura del espacio discal afectado. Después de la segunda sesión se observó una disminución en la sintomatología y al final del tratamiento se habían recuperado totalmente del déficit neurológico. De esta manera concluyeron que el ozono tiene una alta eficacia en el tratamiento de la hernia discal, que es una terapia muy asequible y además no invasiva.

En un reporte de caso hecho por Di Mauro y Smadelli, (2003) se utilizó la mezcla oxígeno/ozono en un perro Basset Hound macho de 5 años de edad diagnosticado con hernia discal a nivel del espacio intervertebral L4 y L5, mediante un examen mielográfico y una tomografía axial computarizada (TAC) (Figura 9), se administró 4mL de la mezcla a una concentración de 25 mg/mL directamente en la hernia mientras se realizaba monitoreo tomográfico (Figura 10). Los resultados obtenidos 48 horas después de la administración fueron una notable mejoría en cuanto a los signos clínicos y la desaparición del déficit neurológico. Se le recomendó reposo al animal y limitación en el ejercicio.



**Figura 9.** Diagnóstico de hernia discal paramedial derecha en L4-L5 mediante TAC.



**Figura 10.** Verificación de la correcta administración del oxígeno/ozono en la hernia discal.

**Fuente:** Di Mauro y Smadelli, (2003).

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

La ozonoterapia ha de ser considerada como un plan terapéutico coadyuvante contra enfermedades agudas, crónicas o que hayan sido tratadas anteriormente y que presenten recidivas, también es una excelente opción para combatir la resistencia que adquieren patógenos a los medicamentos convencionales como los antibióticos, por su efectiva acción germicida; de esta manera se asegura una mayor destrucción del agente causal de la enfermedad y se reduce la probabilidad de supervivencia que pudiera llegar a tener con solo la utilización del tratamiento alopático.

Es importante resaltar el vacío que aún existe en estudios e investigaciones de la ozonoterapia en Medicina Veterinaria, principalmente en los animales de compañía. Es muy reducida la literatura científica que se puede encontrar en internet y en bases de datos oficiales. Temas como la dosis/efecto en las diferentes especies no han sido tocados, es de importancia debido a la respuesta individual que pueden presentar y actualmente se extrapola las dosificaciones empleadas en la medicina humana. También se le suma el hecho de que no se han realizado estudios, o no han sido documentados, de la eficacia del ozono contra muchas otras enfermedades de tipo viral, bacteriano y parasitario que afectan a caninos y felinos.

## **CONCLUSIONES**

El ozono es conocido por su acción germicida desde el siglo XIX donde era utilizado para la potabilización del agua para consumo humano y más adelante empleado en el tratamiento de enfermedades de origen bacteriano.

Los tratamientos con ozono han adquirido una mayor aceptación por la comunidad científica en los últimos años ya que se ha demostrado sus efectos cicatrizantes, inmunomoduladores, bactericidas, antimicóticos, analgésicos y antiinflamatorios.

La acción biológica del ozono en el organismo es causada por los metabolitos secundarios, las especies reactivas del oxígeno (ROS) y los productos de la

oxidación lipídica (LOPs), que son el producto de la interacción del gas con sustancias biológicas presentes en el organismo.

Se ha logrado demostrar, mediante reportes de casos, los efectos positivos que genera la utilización del ozono como terapia para combatir algunas enfermedades que afectan a los animales de compañía.

La ozonoterapia presenta un amplio margen de seguridad en la terapéutica en pequeños animales, aunque las dosis empleadas sean las mismas que se utilizan en la medicina humana no se reportan efectos secundarios en los estudios. Es una opción asequible, en su relación costo/beneficio, tanto para el propietario como para el Médico Veterinario, quien tiene una opción más que sumarle a su arsenal terapéutico, aunque la ozonoterapia en veterinaria aún tiene un largo camino que recorrer en materia de estudios e investigaciones para poder brindarle una base más sólida que pueda apoyar los beneficios que le ofrece a los pequeños animales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ballardini, E. Oxygen-ozone therapy for spinal muscle disorders in the horse. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 4 (1):70-73. 2005.
2. Bocci, V. *Ozone a new medical drug*. Ed. Springer, Norwell, U.S.A. 50 p. 2005.
3. Bocci, V., Aldinucci, C., Mosci, F., Valacchi, G. Ozonation of human blood induces a remarkable upregulation of heme oxygenase-1 and heat stress protein-70. *Mediators of Inflammation*, Art. 26785: 6 p. 2007. Disponible En: <http://downloads.hindawi.com/journals/mi/2007/026785.pdf>
4. Bocci, V., Zanardi, I., Michaeli, D., Travagli, V. Mechanisms of action and chemical-biological interactions between ozone and body compartments: A critical appraisal of the different administration routes. *Current Drug Therapy*. 4 (3): 159-173. 2009.
5. Borrego, A., Zamora, Z., González, R., Romay, C., Menéndez, S., Hernández, F., Montero, T., Rojas, E. Protection by ozone preconditioning is mediated by the antioxidant system in cisplatin-induced nephrotoxicity in rats. *Mediators of Inflammation*. 13 (1): 13-19. 2004.
6. Camps, A., Janine, D., Rosales, A., Rosete, M., Rodríguez, Y. Aplicación tópica de Oleozón® en la sarna psoróptica del conejo. *Revista Veterinaria Argentina*, 29 (293): 17 p. 2012. Disponible En: <https://www.veterinariargentina.com/revista/2012/09/aplicacion-topica-del-oleozon-en-la-sarna-psoroptica-del-conejo/>
7. Camps, A., Téllez, A., Valero, E. Efectos terapéuticos del oleozón en la piodermatitis canina, considerando algunos procedimientos microbiológicos y

- micológicos. REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria, 10 (12): 9 p. 2009. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617155005.pdf>
8. Cárdenas, N., Pedraza, J. Especies reactivas de oxígeno y sistemas antioxidantes: aspectos básicos. Educación Química, 17 (2): 164-173. 2006.
  9. Castrini, A. Prignacca, E. Protocollo di trattamento dell'ernia discale con ossigeno-ozonoterapia nel cane. 2002. Disponible En: <https://www.fisioterapiaveterinariapisa.it/articoli/ernia-discale-del-cane-protocollo/>
  10. Colín, A. Manual de uso de la ozonoterapia en perros. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 92 p. 2016.
  11. Di Mauro, C. Smadelli, E. Infiltrazione intraerniaria di ossigeno-ozono con guida TC in un cane bassotto. Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia, 2 (2): 179-182. 2003.
  12. Díaz, M., García, G., García, K., Sánchez, Y., Tillan, J. Evaluación de la irritabilidad dérmica, oftálmica y el efecto sensibilizante del OLEOZÓN® tópico. REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria, 7 (11): 6 p. 2006. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612653013.pdf>
  13. Fierro, A. Ozonoterapia en la medicina veterinaria. Vademécum Veterinario 10<sup>a</sup> Ed. Grupo Ediform, Ecuador, 3 p. 2011. Disponible En: [https://quickvet.edifarm.com.ec//pdfs/articulos\\_tecnicos/OZONOTERAPIA.pdf](https://quickvet.edifarm.com.ec//pdfs/articulos_tecnicos/OZONOTERAPIA.pdf).
  14. García, C., Prado, R., Moya, G., de Oliveira, N., Ferreira, L., Acciardi, I. The use of ozonated major autohemotherapy in canine ehrlichiosis treatment: case report. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 41: 7 p. 2010. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220509031.pdf>
  15. González, E. Ozonoterapia en flebología. Flebología y Linfología – Lecturas Vasculares, 7 (17): 1029-1033. 2012.
  16. Hernández, M. Use of ozone and ozonated growth factors in musculoskeletal disorders of the canine species. Revista Española de Ozonoterapia, 3 (1): 95-98. 2013.
  17. Hidalgo, F., Torres, L. Ozonoterapia en medicina del dolor. Revisión. Revista de la Sociedad Española del Dolor, 20 (6): 291-300. 2013.
  18. Kim, H., Noh, S., Han, Y., Kim, K., Kang, H., Kim, H. Park, Y. Therapeutic effects of topical application of ozone on acute cutaneous wound healing. Journal of Korean Medical Science, 24 (3): 368-374. 2009.
  19. Kirchner, F. Tratamiento de las patologías discales y degenerativas de la columna vertebral con Plasma Rico en Factores de Crecimiento Plaquetario Ozonizados. Revista Española de Ozonoterapia, 2 (1): 91-106. 2012.
  20. Larini, A., Bocci, V. Effects of ozone on isolated peripheral blood mononuclear cells. Toxicology in Vitro, 19 (1): 55-61. 2005.
  21. Mauro, L. Manejo de la traqueobronquitis infecciosa canina (TIC) "Tos de las Perreras". REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria, 7 (2): 9 p. 2006. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612643015.pdf>
  22. Menéndez S. Mecanismos de acción biológica y efectos terapéuticos del ozono. En: Menéndez, S., González, R., Ladea, O. E., Hernández, F., León, O. S., Díaz, M. (Eds.) Ozono: Aspectos Básicos y Aplicaciones Clínicas. La Habana: Ed. CENIC; p 4-107. 2008.

23. Mondéjar, M., Rosas, L. Aplicación de ozonoterapia en pacientes con artritis reumatoide. In *Crescendo. Institucional*, 7 (1): 11-20. 2016.
24. Re, L., Martínez, G., Perez, G., Sirito, M. Role of ozone/oxygen in fibroblast growth factor activation. *Discovering the facts. International Journal of Ozone Therapy*, 9: 55-58. 2010.
25. Roberto, A. Plasma rico en plaquetas activado mediante el ozono como tratamiento en ligamentos colaterales de la articulación falangiana distal. Tesis Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 29 p. 2013.
26. Rubiano, A. Utilidad clínica de la ozonización de la sangre y sus componentes en equinos. Tesis de Médico Veterinario Especialista. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 76 p. 2015.
27. Salazar, M. Determinación del tiempo de cicatrización de heridas quirúrgicas en perros (*Canis lupus familiaris*) aplicando agua ozonificada en el Cantón San Miguel de Bolívar. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador. 87 p. 2014.
28. Schwartz, A. Ozonoterapia en la infección por virus del papiloma humano (HPV). *Revista Española de Ozonoterapia*, 7 (1): 5-16. 2017.
29. Schwartz, A., Martínez, G., Re, L. Factores de crecimiento derivados de plaquetas y sus aplicaciones en medicina regenerativa. Potencialidades del uso del ozono como activador. *Биорадикалы и антиоксиданты*, 3 (2): 27-44. 2016.
30. Vidal, L., Urruchi, W., Zamora, Z. Utilidad potencial de la ozonoterapia en la medicina veterinaria. *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 10 (10): 13 p. 2009. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617128017.pdf>
31. Vigna, I., Menéndez, S. Ozone therapy application in different ophthalmologic diseases: study of 59 cases. *RECVET, Revista Electrónica de Clínica Veterinaria*, 2 (11): 9 p. 2007. Disponible En: <https://www.austinozone.com/wp-content/uploads/Ozone-therapy-application-in-different-ophthalmologic-diseases.pdf>
32. Zamora, Z., Borrego, A., López, O., Delgado, R., González, R., Menéndez, S., Hernández, F., Schulz, S. Effects of ozone oxidative preconditioning on TNF- $\alpha$  release and antioxidant-prooxidant intracellular balance in mice during endotoxic shock. *Mediators of Inflammation*, 2005 (1): 16-22. 2005.
33. Zamora, Z., Menéndez, S., González C., Schulz, S. Efecto de la mezcla ozono/oxígeno combinado con levofloxacina en un modelo de sepsis peritoneal en rata. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 8 (9): 7 p. 2007. Disponible En: [https://www.researchgate.net/publication/26475862 Efecto de la mezcla ozono/oxígeno combinado con levofloxacina en un modelo de sepsis peritoneal en rata Efect of ozoneoxygen mixture combined with levofloxacin in a model of peritoneal sepsis induced i](https://www.researchgate.net/publication/26475862_Efecto_de_lamezclaozonooxigeno combinado con levofloxacina en un modelo de sepsis peritoneal en rata Efect of ozoneoxygen mixture combined with levofloxacin in a model of peritoneal sepsis induced i)
34. Zayas, K., Zamora, Z., Colunga, J., González, V. Efectividad de la ozonoterapia en un modelo experimental de hipersensibilidad bronquial en cobayo. *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 10 (12): 15 p. 2009. Disponible En: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617155006.pdf>

**Ética ambiental y bienestar animal: estrategia de desarrollo rural en paz –  
“educación para la paz”**

**Environmental ethics and animal welfare: rural development strategy in  
peace - "education for peace"**

**Ética ambiental e bem-estar animal: estratégia de desenvolvimento rural em  
paz - “educação para a paz”**

García Martínez Gina Lorena<sup>1</sup>, Zambrano Lugo Daniel<sup>2</sup> y  
Pedraza Castillo Luz Natalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista, MSc., Docente Universidad de los Llanos y

<sup>2</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Esp., Docente Universidad de los Llanos

[npedraza@unillanos.edu.co](mailto:npedraza@unillanos.edu.co)

Recibido 12 de Diciembre 2018, Aceptado 24 de Abril 2019

## **RESUMEN**

El programa de educación para la paz es una de las herramientas utilizadas por el Gobierno Nacional que, en cabeza del Ministerio de Educación, realiza el convenio interadministrativo N° 0833 de 2018 con la Universidad de los Llanos para la implementación de estrategias que permitan a la comunidad de municipios afectados por la guerra, la utilización adecuada de recursos naturales de manera sostenible. Este programa articula habilidades propias del individuo y su manifestación sobre la conservación de la riqueza natural de los ecosistemas de la región. Para la implementación y ejecución del programa de *Educación para la paz para el desarrollo rural sostenible* se vinculan trescientas personas entre niños, jóvenes, campesinos, mujeres, afrodescendientes y víctimas, de los municipios de El Dorado y Granada en el departamento del Meta. El objetivo general de este trabajo es promover la ética ambiental y el bienestar animal como estrategia de desarrollo rural en paz, para lo que se implementa una metodología de acción directa, a través de talleres guiados teórico prácticos de desarrollo personal, liderazgo, escucha activa, expresión, comunicación y Gestión del cambio propio, sensibilización folclórico cultural y derechos humanos y de familia, motivando y

promoviendo comportamientos grupales e individuales basados en actitudes pacíficas, productivas y de cooperación que permitan el desarrollo de nuevas y mejores alternativas como parte del proceso de la construcción de una paz estable y duradera. Sensibilizar y brindar estas herramientas, permite a las comunidades conocerse y liderarse a sí mismas para asumir los retos de una visión y proyección de convivencia participativa que permita estabilizar nuevos conceptos y acciones integrales tanto personales como comunitarias, donde se evidencie y se acepte positivamente el acompañamiento del estado. Otra de las actividades desarrolladas en este programa es la visualización y apropiación de la necesidad de una participación directa y activa en el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas naturales, para ello se aplica una metodología práctica a través del avistamiento de aves, con lo que además de generar conocimiento, se construye una herramienta fundamental y visionaria hacia la ocupación laboral a través del desarrollo de turismo ecológico. Este proyecto se enmarca en los principios del reconocimiento cultural y la identidad propia de la región, teniendo en cuenta que el enraizamiento y visualización de los valores autóctonos facilita y refuerza el sentido de pertenencia y de empoderamiento frente al desarrollo de una convivencia libre y en paz.

**Palabras clave:** Educación, posconflicto, paz.

### **ABSTRACT**

The education for peace program is one of the tools used by the National Government who, under the Ministry of Education, makes the inter-administrative agreement No. 0833 of 2018 with the Universidad de los Llanos for the implementation of strategies that allow the community of municipalities affected by the war, the adequate use of natural resources in a sustainable manner. Said program articulates the individual's own abilities and their manifestation on the conservation of the natural wealth characteristic of the ecosystems of the region. For the implementation and execution of the Education for Peace program for sustainable rural development, fifty people are linked among children, youth, peasants, women, Afro-descendants and victims, from the municipalities of El Dorado and Granada in the department of Meta. The general objective of this work

is to promote environmental ethics and animal welfare as a strategy for rural development in peace and for this the methodology is implemented through guided practical theoretical workshops on personal development, leadership, active listening, expression, communication and management. of own change, folkloric cultural sensitization and Human and Family Rights, behaviors are implemented as part of the process of building a stable and lasting peace. Sensitizing and providing tools allows communities to know and lead themselves to take on new challenges. Another of the activities developed is based on maintaining the equilibrium of natural ecosystems through the sighting of birds that, in addition to generating knowledge, is an instrument for implementing work through the development of ecological tourism. This project is part of the principles of cultural recognition and the region's own identity.

**Keywords:** Education, post-conflict, peace.

## RESUMO

O programa de educação para a paz é uma das ferramentas utilizadas pelo governo nacional que dirigiu pelo Ministério da Educação realiza acordo administrativo nº 0833 de 2018 com a Universidade dos Llanos para implementar estratégias que permitam à comunidade dos municípios afetados pela guerra, o uso adequado dos recursos naturais de maneira sustentável. O referido programa articula as habilidades do próprio indivíduo e sua manifestação sobre a conservação da riqueza natural característica dos ecossistemas da região. Para a implementação e execução do programa de educação para a paz para o desenvolvimento rural sustentável cinquenta pessoas, incluindo crianças, jovens, camponeses, mulheres, afro-descendentes e as vítimas dos municípios de El Dorado e Granada, no departamento de Meta estão ligados. O objetivo geral deste trabalho é promover a ética ambiental e bem-estar animal e estratégia de desenvolvimento rural em paz e, por essa metodologia é implementada através de oficinas guiadas, desenvolvimento teórico prático pessoal, liderança, escuta ativa, expressão, comunicação e gestão da própria mudança, sensibilização cultural folclórica e Direitos Humanos e da Família, os comportamentos são implementados como parte do processo de

construção de uma paz estável e duradoura. Sensibilizar e fornecer ferramentas permite que as comunidades conheçam e se levem a assumir novos desafios. Outra das actividades é baseado em manter o equilíbrio dos ecossistemas naturais através de observação de aves, além de gerar conhecimento, é um instrumento para a implementação de trabalho através do desenvolvimento de eco-turismo. Este projeto faz parte dos princípios de reconhecimento cultural e da própria identidade da região.

**Palavras-chave:** Educação, pós-conflito, paz.

## INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra ante el desafío de construir una paz estable y duradera, luego de un largo periodo de conflicto armado que causó mucho sufrimiento y se constituye en una de las raíces del atraso de la agenda social y de derechos humanos. En un periodo de post-acuerdo, este desafío convoca las voluntades y decisiones políticas y éticas de diversos actores y sectores de la sociedad colombiana. La escuela es precisamente uno de los actores fundamentales en este tiempo de post-acuerdo y de cara al desafío de la construcción de la paz (FEP, 2017). Así entonces, la Universidad de los Llanos, ubicada en el departamento del Meta, zona priorizada a partir del 2003 por el Estado Colombiano, haciendo un extenso reconocimiento de la historia del conflicto armado comienza un proceso que tiene como objetivo promover e implementar un programa de Educación para la paz de las comunidades de los municipios de El Dorado y Granada.

El Meta es uno de los 32 departamentos de Colombia, nacido jurídicamente como tal el primero de julio de 1960. Tiene 29 municipios, con 789.276 habitantes, principalmente mestizos, indígenas de comunidades distribuidas en 26 resguardos y población afrocolombiana. Según el Censo del DANE - 2005, el 1,26% de la población es de indígenas, el 2,51% de afrocolombianos, el 0,01% de raizales y el 94,68% no pertenece a un grupo étnico determinado. De ellos, 579.195 personas viven en los cascos urbanos (73,3%) y 210.081 (26,6%) en zonas rurales. Villavicencio es la capital y el principal centro urbano de la región, donde habita el

48,5% (382.799) del total de la población del departamento, y está ubicada a tan solo 89,9 kilómetros al sur de Bogotá, la capital de Colombia. Sus altos niveles de violencia, marginalidad y pobreza; la presencia de grupos armados fuera de la ley; el narcotráfico y los cultivos de uso ilícito no explican el origen del conflicto, pero son su combustible y han abonado la complejidad de los escenarios departamental y nacional y los múltiples conflictos políticos, sociales y económicos, históricamente no resueltos (ASDI Y PENUD, 2010).

A través de la educación, las sociedades construyen lo que son e imaginan lo que quieren ser. En medio de sus dinámicas mutuas se reproducen hábitos y valores, se vislumbran otras posibilidades y se crean nuevas realidades y oportunidades de vida para individuos y comunidades (Arboleda *et al.*, 2017).

A pesar de que la paz sea una de las grandes directrices del Sistema Educativo Colombiano y a su vez el Estado lo contempla en la Constitución de 1991, aún se adolece de profundas metodologías pedagógicas desde la psicología jurídica, que promueva la responsabilidad del cumplimiento de la norma en países como Colombia. Es por eso que este proyecto, permite transmitir la responsabilidad social por la paz generando reflexiones constantes de cómo transformar acciones a nivel personal, local y global para contribuir a un proceso humanizador, dinámico y permanente (Monroy y Urrea, 2018).

A partir de la pregunta *¿Cómo plantear la ética ambiental y el bienestar animal como estrategia para la construcción de una cultura de desarrollo rural en paz, a comunidades afectadas por el conflicto armado en las zonas rurales?* se ha determinado que generar cultura en torno al respeto y cuidado de sí mismo, del otro y del entorno, se convierte en el vehículo de transformación que afianza la empatía, la reconciliación, la solidaridad, la multiculturalidad, el respeto y la tolerancia que a su vez contribuyen para el fortalecimiento de la paz.

La alianza estratégica entre la Universidad de los Llanos, el Ministerio de Educación Nacional, la alcaldía, el SENA y las instituciones educativas de los municipios de El Dorado y Granada hacen posible la implementación de estrategias para la ejecución

del desarrollo rural en paz. Para ambos municipios, la Universidad de los Llanos realizó una convocatoria abierta a comunidades víctimas, mujeres, campesinos y afrodescendientes quienes participaron activamente convirtiéndose en replicadores de la información y a través de las guías de educadores generadas como soporte de aprendizaje se conforman estrategias que permitirán dar continuidad al proyecto dando cumplimiento a los objetivos desarrollados a partir de procesos educativos impartidos a lo largo de este propósito.

La educación para la paz que fomentan las instituciones educativas colombianas, que han tratado de profundizar cada vez más en la posibilidad de dotar al alumno de herramientas para la resolución no violenta de los conflictos. Por tal razón la concepción de la paz debe superar aquellas visiones y posturas que la entienden como un estado de ausencia total de guerra o conflictos y propender por una perspectiva alternativa encaminada a la intervención eficaz basada en el aprendizaje y el análisis de las situaciones conflictivas, orientada al descubrimiento de su complejidad y multidimensionalidad, cuyo objetivo será favorecer el encuentro de salidas no violentas y consolidar escenarios educativos de construcción de cultura de paz (Areiza, 2014).

La educación centrada en la condición humana, es una herramienta fundamental en la constitución de una cultura de paz. Plantear una educación para la constitución de una cultura de paz en términos de Tuvilla, (2004) requiere el desarrollo de la afectividad, de un sentido ético de la vida, de la responsabilidad cívica y la convivencia, para lo cual, se requiere de una educación cognitivo-afectiva, así como de una educación socio-política y ecológica.

*“Ya es hora de entender que este desastre cultural no se remedia ni con plomo ni con plata, sino con una Educación para la Paz [...]. Una educación inconforme y reflexiva que nos incite a descubrir quiénes somos, en una sociedad que se parezca más a la que merecemos.” Gabriel García Márquez.*

## ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Este trabajo se desarrolló en los municipios de El Dorado ubicado en la cuenca alta del Río Ariari, en el sector noroccidental del departamento del Meta. Forma parte del parque nacional de Sumapaz, con 1.143,7 hectáreas de este sistema geográfico y Granada cuya área municipal es de 350 km<sup>2</sup> y el número de habitantes de 98.500. El municipio se encuentra entre los 3 ° 26 "de latitud norte y 73 ° 43" de longitud oeste, y desde 372 a 410 metros sobre el nivel del mar. La temperatura diaria promedio del aire varía entre 25 ° C y 30 ° C. La precipitación anual es de entre 2 400 y 2 800 mm.

Participaron 300 personas en el programa de educación para la paz, cifra que corresponde a un 40% de las personas beneficiadas con el proyecto de "Ética ambiental y Bienestar animal: estrategia de desarrollo rural en paz. El trabajo fue establecido en cuatro talleres teórico prácticos:

1. **Mejorándome a mí mismo como líder**, cuyo objetivo es sensibilizar y brindar herramientas a personas de cualquier edad, que permitan conocerse y liderarse a sí mismos, para asumir nuevos retos y entender el sentido de su vida, reflexión fundamental como estrategia de educación para la paz.

Teniendo como referencia el principio de "*Cultivar la paz interior construyendo respeto cultural, reconciliación y solidaridad*", tomado de Toh, (2006) se impartieron una serie de conferencias de liderazgo, desarrollo personal, escucha activa, expresión y comunicación, gestión del cambio propio y la biodanza, actividades que buscan afianzar la autoconfianza, la autoestima, el empoderamiento y reconocimiento del entorno interno y externo; proyectados hacia caminos de libre expresión y búsqueda constante de nuevas y mejores oportunidades para todos, estrategia claramente definida como positiva en la educación para la paz en comunidades de municipios priorizados en el postconflicto en Colombia (Figura 1).

2. **Conociendo el entorno y preservando ecosistemas**, En este objetivo se buscó concientizar y promover herramientas a personas de cualquier edad, que le permitan conocer la importancia del entorno ambiental y la

preservación de los ecosistemas, a través de la observación de aves como turismo ecológico sostenible, además la apropiación del concepto de riqueza natural, en un territorio que inspira sentido de pertenencia por el que vale la pena crear nuevas opciones, abrir caminos, superar barreras y construir sentido de adaptación, herramienta fundamental en la educación para la paz.



**Figura 1.** Conferencia de liderazgo, desarrollo personal, escucha activa expresión y comunicación y Taller mejorándome a mismo como líder, capacitador

Teniendo como referencia el principio de “*Cultivar la paz hacia el entorno para vivir en armonía con la Tierra*”, expresado por Toh, (2006) se establecieron conferencias como aporte significativo a la consolidación social de una convivencia armónica entre las comunidades humanas y de éstas con su entorno natural, observando y analizando la naturaleza en este caso las aves, lo cual va en pro del desarrollo rural sostenible y la paz (Figura 2).



**Figura 2.** Ruta rio Ariari Granada, Meta y el grupo de observación de aves

3. **Conociendo mi región, mi cultura**, objetivo que enfatizó en la comprensión y aprehensión en jóvenes y adultos de los municipios de Granada y El Dorado, Meta, sobre la importancia, y el valor de la cultura y la identidad frente a su territorio y a todas las características que lo hacen único, diverso y abierto a multitud de opciones de desarrollo y progreso; para este objetivo se dictaron conferencias participativas didácticas que les permitieron abrirse a posibilidades de nuevas opciones de emprendimiento.

Teniendo como referencia el principio de “Cultivar la paz interior construyendo respeto cultural, reconciliación y solidaridad”, tomado de Toh, (2006) se socializaron conferencias sobre arraigo folclórico cultural dirigido a los niños, niñas y jóvenes de los municipios de El Dorado y Granada, tomando como fundamento los beneficios personales y grupales que el folclor aporta a las comunidades, armonizando el sentimiento de unión y arraigo con la tierra, con las costumbres, con los valores a través de una acción propia que replica históricamente el sentir de una región con gran riqueza cultural y abundante en diversidad, por lo que la cultura y el folclor se incorporan como estrategia de educación para la paz (Figura 3).



**Figura 3.** Conferencias y capacitaciones conociendo a mi región

4. **Conociendo mis derechos**, este objetivo busca socializar a los jóvenes y adultos del Municipio de Granada y El Dorado, Meta, la importancia de la valoración y aplicación de los Derechos Humanos y los derechos de familia, como enfoque para contribuir a la construcción de una sociedad inclusiva, justa y pacífica, que acepte y conviva armoniosamente con las diferencias

innatas entre seres humanos y que trabaje continuamente en la superación de paradigmas acuñados por la violencia generada por la guerra. La reflexión planteada a partir del conocimiento elemental de los Derechos Humanos, hace posible aspirar a introducir en una comunidad nuevos criterios que se reproduzcan en acciones solidarias, equilibradas y sobre todo que nazca un nuevo concepto de participación y de inclusión, construyendo por ende un nuevo país, una nueva y justa forma de vida para todos.

Teniendo como referencia el principio de “Educar para promover los Derechos Humanos y las responsabilidades”, que es uno de los principio de Toh, (2006) se impartieron conferencias en Derechos Humanos y derechos de familia, dirigidas a las comunidades de los municipios de El Dorado y Granada, enfatizando en la necesidad de crear una nueva visión frente a la comunidad donde la diferencia de ideas, de creencias, de género, de razas, no son impedimento para una convivencia pacífica, sino que por el contrario son motivo de enriquecimiento personal y grupal ya que brindan la posibilidad de conocer y comprender otras formas de pensamiento y que el respeto permite abrir puertas hacia la justicia, la prosperidad y la igualdad, principios básicos para acceder a una paz afianzada y duradera

## **RESULTADOS**

El proyecto de “Ética ambiental y Bienestar Animal: estrategia de desarrollo rural en paz” se compuso de cuatro objetivos, en el presente artículo se describe lo correspondiente al objetivo uno “*Educación para la paz*”, el cual tuvo como ejes fundamentales: 1. Cultivar la paz interior construyendo respeto cultural, reconciliación y solidaridad y 2. Cultivar la paz hacia el entorno para vivir en armonía con la tierra.

Todos los participantes manifestaron un impacto positivo en sus vidas para sí mismos y para su entorno. En el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo actividades de integración en donde se permitió a los asistentes exteriorizar sus apreciaciones sobre la metodología. Se realizaron dos actividades de socialización

de resultados preliminares, uno en cada municipio y se entregaron certificados a los asistentes de cada uno de los talleres.

El desplazamiento forzado sigue siendo masivo, con entre 3.9 y 5.5 millones de desplazados internos incluidos 259.146 casos adicionales en el año 2011 - 55.692 casos según registros oficiales. Se registra además un aumento de los desplazamientos masivos en el 2011. Más del 80% de las personas desplazadas son mujeres, niñas y niños Y la Corte Constitucional ha reconocido que los “grupos étnicos constituyen el sector poblacional colombiano más afectado por el desplazamiento forzado” (CNMH), 2015. Con este proyecto se busca dejar una herramienta que permita Sensibilizar y brindar herramientas a personas de cualquier edad, para conocerse, **liderarse a sí mismos, para asumir nuevos retos** y entender el sentido de su vida y conocer la importancia del entorno ambiental y la preservación de los ecosistemas, a través de la **observación de aves** como atractivo turístico sostenible, de esta manera, contribuir a la disminución de las secuelas dejadas por la guerra y el impacto negativo del desplazamiento forzoso (Figura 4).

La actividad fue diseñada con el fin de conseguir una coevaluación entre los participantes y los capacitadores de cada taller, de esta manera la interacción fue permanente permitiendo generar espacios de discusión que no solo hicieron posible mejorar los resultados, sino que además contribuyeron al fortalecimiento de conceptos y la posibilidad de crear nuevas estructuras sociales apoyadas en el crecimiento individual, la reflexión y la participación.

El desplazamiento de los campesinos a las grandes ciudades desencadenó en el país un aumento en la violencia y muertes debido al aumento de desempleo ya que los campesinos dejaban no solo sus hogares sino sus tierras las cuales eran su principal fuente de ingreso y sumándole a esto la falta de oportunidad laboral por el nivel de escolaridad que manejaban. La vulnerabilidad a la cual quedaron expuestos los niños de estas familias generó que estos ingresaran a las filas de los grupos armados dándole día a día más fuerza (Palmett, 2009).

Este programa por lo tanto ha sido una semilla de esperanza, de renovación de acercamiento que, promovido por el Gobierno Nacional, ha permitido a todos los participantes comprender que es posible soñar con un nuevo país.



**Figura 4.** Gina Lorena García- Directora del proyecto, Ligia Hernández Ballesteros- Rectora Institución Educativa El Dorado en el evento Socialización de resultados preliminares. Mesa de dialogo en el evento de la socialización de resultados preliminares del municipio de Granada (Meta) y Entrega de Certificados conferencia de Liderazgo - Municipio de El Dorado (Meta).

Tras la dejación de las armas por parte de las FARC, se abre una nueva posibilidad para el desarrollo de proyectos productivos en regiones apartadas y para consolidar una nueva oferta empresarial. Uno de los aspectos fundamentales está asociado a la generación de ingresos, con el desarrollo de proyectos productivos para la implementación de los acuerdos en el posconflicto. Más allá de los recursos que se requieren para incentivar la innovación y el emprendimiento, es clave visualizar nuevas oportunidades que van desde empresas nacientes con potencial de crecimiento y escalamiento, hasta desarrollos de emprendimientos corporativos de

empresas que operan o buscan entrar en regiones que se reconocieron por tener problemas de alteración del orden público (Revista Dinero, 2017).

## CONCLUSIONES

Es importante mencionar que, aunque las edades de los participantes variaron considerablemente se logró establecer, con reconocimiento general, la necesidad de superar las barreras que impone día a día la intolerancia, convirtiéndose en un foco de violencia y de injusticia, con un impacto muy negativo sobre la convivencia en general. Igualmente, la urgencia de que sea la educación la que permita reinventar una sociedad cansada de la guerra, con inmensas brechas económicas y sociales que ya no soporta más víctimas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arboleda, Z., Herrera, M., Prada P. ¿Qué es educar y formar para la paz y cómo hacerlo? Educación y pedagogía para la paz. Oficina del Alto Comisionado para la Paz, Bogotá, Colombia: ARKO Consult S.A.S 79 p. 2017. Disponible En: <http://www.altocomisionadoparalapaz.gov.co/Documents/que-es-educar-y-formar-para-la-paz-y-como-hacerlo.pdf>
2. Área de Paz, Desarrollo y Reconciliación (ASDI), PNUD. Meta: Análisis de la conflictividad. Bogotá, Colombia: Impresol. 78 p. 2010. Disponible En: [https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/COL/00058220\\_Analisis%20conflictividad%20Meta%20PDF.pdf](https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/COL/00058220_Analisis%20conflictividad%20Meta%20PDF.pdf).
3. Areiza, G. La educación para la paz en Colombia: Estrategias de transformación y resolución negociada de los conflictos. Revista Ra Ximhai, 10 (2): 313-336. 2014. Disponible En: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46131266013.pdf>
4. Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH). Una nación desplazada Informe nacional del desplazamiento forzado en Colombia. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. 608 p. 2015. Disponible En: <http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/informes2015/nacion-desplazada/una-nacion-desplazada.pdf>
5. González, L. La paz como aprendizaje vital. Guía en clave en cátedra de paz. Secretaría de Educación de la Gobernación del Caquetá. Fundación Escuelas de Paz (FEP), Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Bogotá, Colombia. 51 p. 2017. Disponible En: <https://www.compartirpalabramaestra.org/documentos/otros/la-paz-como-apendizaje-vital-guia-en-clave-de-catedra-de-paz.pdf>.
6. Monroy, G., Urrea, J. Referentes curriculares para la educación en convivencia y paz, en la educación básica, en el marco del posconflicto. Tesis Maestría en Educación Línea Políticas y Gestión de Sistemas Educativos. Facultad de Educación, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 237 p. 2018.

7. Palmett, E. El impacto del posconflicto en el sector agrario colombiano, un análisis desde la gestión pública. Universidad Militar Nueva Granada. 2009. Disponible En: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12728/EL%20IMPACTO%20DEL%20POSCONFLICTO%20EN%20EL%20SECTOR%20AGRARIO%20COLOMBIANO,%20UN%20ANALISIS%20DESDE%20LA%20GESTION%20P%20DABLICA..pdf;jsessionid=4D4C09A1B8EAC6D72E94C1EF78DFA3D1?sequence=1>
8. Revista Dinero. Posconflicto, siete emprendedores que le aportan a la paz y se la juegan toda en el posconflicto. 2017. Recuperado 13 de diciembre de 2018. Disponible En: <https://www.dinero.com/emprendimiento/articulo/como-se-beneficia-el-emprendimiento-con-el-posconflicto/247411>
9. Toh, S. H. Education for sustainable development & the weaving of a culture of peace: Complementarities and synergies. Paper presented at the UNESCO Expert Meeting on Education for Sustainable Development (ESD): Reorienting Education to Address Sustainability, 1-3 May, 2006, Kanchanaburi, Thailand. 2006. Disponible En: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.493.1182&rep=rep1&type=pdf>
10. Tuvilla, J. Cultura de paz: Fundamentos y claves educativas. Bilbao, España: Ed. Desclée de Brouwer. 342 p. 2004.

**Fortalecimiento productivo a los criadores de cuy (*Cavia porcellus*) del trópico húmedo colombiano**

**Productive strengthening of guinea pig breeders (*Cavia porcellus*) of the Colombian humid tropic**

**Fortalecimiento produtivo de criadores de cobaias (*Cavia porcellus*) nos trópicos úmidos colombianos**

Ramírez Villa Luis Carlos<sup>1</sup>, Gómez Bilbao Pedro<sup>2</sup> y Murcia Roza Jazmín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Licenciado en Producción Agropecuaria, (c)MSc., Docente Universidad de los Llanos, Grupo Agroforestería <sup>2</sup>Economista, PhD., MSc., Docente Universidad de los Llanos, Grupo CEGER y <sup>3</sup>Estudiante de MVZ, Grupo de Estudio Agroecología y Desarrollo Rural (ECODER)

[lr Ramirez@unillanos.edu.co](mailto:lr Ramirez@unillanos.edu.co)

Recibido 12 de Diciembre 2018, Aceptado 30 de Mayo 2019

**RESUMEN**

El proyecto se realizó en la región tropical húmeda, paisaje de la Orinoquia Colombiana, en Villavicencio, con el objetivo de generar un fortalecimiento productivo a los criadores de cuy (*Cavia porcellus*) a partir del diseño de un plan de acción para el mejoramiento y la asociatividad de los productores, se realizaron tres acciones puntuales para ello, la primera un estudio socioeconómico de las familias que manifestaron su interés en la cría comercial de los animales lo que desencadenó en la segunda acción, puesto que con estos resultados se invitó a 10 familias para desarrollar un plan de capacitación sobre las buenas prácticas de producción del cuy en condiciones de la Orinoquia, capacitación que se ofreció por parte de la Universidad de los Llanos a través del grupo de estudio ECODER, utilizando el método constructivista de aprender haciendo, en el cual se desarrollaron estrategias de demostración de método, actividades de producción y el plan de negocio, para que las personas implementarán en sus fincas como unidades productivas, estas capacitaciones son el preámbulo para el desarrollo de la organización de los productores, ya que se sensibilizó a la comunidad participante

para la creación de una asociación de productores de cuy en la Orinoquia, la cual será pionera en la producción de esta especie, debido a que en la región no existe. Los productores se han comprometido a través de la firma de una carta de intención para adelantar las gestiones correspondientes para el registro de la Asociación de Productores de Cuyes ante la Cámara de Comercio y poner en regla la reglamentación para operar desde un punto de vista económico y político la organización, el principal resultado que se ha logrado dentro del proyecto es la divulgación de la producción de la carne de cuy, un aumento de la producción de cuy y la organización de los productores para emprender procesos colectivos que garantice la seguridad alimentaria y el flujo de caja familiar.

**Palabras clave:** Cobayo, productividad, organización comunitaria, desarrollo rural.

### ABSTRACT

The project was carried out in the humid tropical region, landscape of the Colombian Orinoquia, in Villavicencio, with the aim of generating a productive strengthening of guinea pig breeders (*Cavia porcellus*) from the design of an action plan for the improvement and associativity of producers, three main actions were carried out for this, the first a socioeconomic study of the families that expressed their interest in the commercial rearing of the animals which triggered in the second action, because with these results, 10 families were invited to develop a training plan on the good production practices of the guinea pig under Orinoquia conditions, training offered by the University of Los Llanos through the ECODER study group, using the constructivist method of learning by doing, in which method demonstration strategies, production activities and the business plan were developed, So that people will implement in their farms as productive units, these trainings are the preamble for the development of the organization of the producers, since the participating community was sensitized for the creation of an association of guinea pig producers in the Orinoquia, the which will be a pioneer in the production of this species, because it does not exist in the region. The producers have committed themselves by signing a letter of intent to advance the corresponding steps for the registration of the Association of Guinea Pig Producers before the Chamber of

Commerce and to regulate the regulations to operate from an economic point of view and political organization, The main result that has been achieved within the project is the dissemination of guinea pig production, an increase in guinea pig production and the organization of producers to undertake collective processes that guarantee food security and family cash flow.

**Keywords:** Guinea pig, productivity, community organization, rural development.

## RESUMO

O projeto foi realizado na região tropical úmida, paisagem da Orinoquia colombiana, em Villavicencio, com o objetivo de gerar um fortalecimento produtivo dos criadores de cobaias (*Cavia porcellus*) a partir da elaboração de um plano de ação para a melhoria e a associatividade dos produtores, foram realizadas três ações principais para isso, a primeira um estudo socioeconômico das famílias que manifestaram interesse na criação comercial dos animais, desencadeada na segunda ação, sendo que com esses resultados, 10 famílias foram convidadas a desenvolver um plano de treinamento sobre as boas práticas de produção do porquinho-da-índia nas condições de Orinoquia, treinamento oferecido pela Universidade de Los Llanos por meio do grupo de estudo ECODER, usando o método construtivista de aprender fazendo, no qual estratégias de demonstração de método, atividades de produção e plano de negócios foram desenvolvidos, Para que as pessoas implementem em suas fazendas como unidades produtivas, esses treinamentos são um preâmbulo para o desenvolvimento da organização de produtores, uma vez que a comunidade participante foi sensibilizada pela criação de uma associação de produtores de porquinhos-da-índia no Orinoquia, o que será pioneira na produção dessa espécie, porque ela não existe na região. Os produtores se comprometeram assinando uma carta de intenções para avançar as etapas correspondentes para o registro da Associação de Produtores de Cobaias na Câmara de Comércio e regulamentar os regulamentos para operar do ponto de vista econômico e organização política, principal resultado alcançado no projeto é a disseminação da produção de cobaias, o aumento da produção de cobaias e a organização dos produtores para realizar

processos coletivos que garantam a segurança alimentar e o fluxo de caixa da família.

**Palavras-chave:** Porquinho da índia, produtividade, organização comunitária, desenvolvimento rural.

## INTRODUCCIÓN

En la Orinoquia Colombia se encuentran las condiciones ecofisiográficas básicas para que la producción de *Cavia porcellus* sea un éxito desde el punto de vista biológico y su rendimiento productivo se pueda expresar claramente, sin embargo, la comercialización de la carne en pie y en canal es un problema a la hora de pensar en un sistema de producción intensivo de cuyes, ello debido a la cultura de los consumidores y poca publicidad que tiene el consumo de carne de cuy en los Llanos.

Esta limitante es preocupante debido a que es una especie de fácil manejo y buen comportamiento biológico para la reproducción y que se puede adaptar a las condiciones de la Orinoquia lo que representa un rezago regional en cuanto a que no se han estandarizado los procesos de producción y comercialización, sin embargo, se busca demostrar que la cría del cuy en un proceso bien administrado puede generar un buen flujo de caja para las familias rurales y reforzar la seguridad alimentaria produciendo una fuente proteína para completar adecuadamente los requerimientos nutricionales de la familia (Xicohtencatl, 2013).

Como ya ha sido señalado, el mercado de la carne de cuy en la Orinoquia no se ha explorado seriamente, debido a la falta de oferta, sin embargo, la demanda existe porque algunos productores, desconociendo la realidad deciden de manera individual comerciar los animales en pie, muchas veces no teniendo en cuenta las posibilidades técnicas y financieras que pueden hacer posible tratos justos en la comercialización de la carne en pie o en canal, por tal motivo la pregunta a abordar en el presente proyecto es: ¿Qué acciones se pueden proponer para el mejoramiento del sistema de producción y comercialización de cuy a pequeños productores, como alternativa de la agricultura familiar en la Orinoquia?

Para atender la problemática se planteó un trabajo mancomunado con los productores agropecuarios de la región, el cual consistió en determinar las potencialidades a través de un diagnóstico socioeconómico y productivo, después de esto se diseñó un plan de acción para el mejoramiento de la calidad de vida de las familias dedicadas a la actividad cuyicula en la Orinoquía, en el cual se establecieron las acciones de capacitación, por último se identificaron las estrategias para su organización, buscando una alternativa para el desarrollo rural, aplicando el principio de acción participativa de Balcázar, (2003).

Este estudio se llevó a cabo en el piedemonte llanero el cual se encuentra ubicado en el departamento del Meta entre los 700 y 500 msnm, con temperaturas medias de 23 a 30 °C y un régimen de lluvias bi-estacional con 3000 a 4000 mm de precipitación anual. El piedemonte llanero cuenta con aproximadamente 200.000 hectáreas destinadas para agricultura comercial y ganadería intensiva y 453.775 hectáreas destinadas a ganadería extensiva, reforestación o conservación de la vegetación natural (Botero, 1999).

La producción de cuyes ha aumentado en la región de la Orinoquia, ello se debe en gran parte a que desde el año 2013 se constituyó la unidad de producción de cuyes de la Universidad de los Llanos, donde actualmente existen 10 núcleos en diferentes comunidades en las que se ha impulsado el aprovechamiento de esta especie para generar una proteína de origen animal económica y fácil de manejar, en el proceso se pueden utilizar recursos locales en cuanto a su establecimiento y nutrición, a partir de forrajes propios de la región, lo que enriquece su valor para la seguridad alimentaria en comunidades rurales en condición de vulnerabilidad. La inversión inicial para un proyecto de producción comercial con esta especie no es alta, todo lo contrario, la principal problemática identificada por el grupo de estudio en ECODER de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos es la comercialización.

Es así que se requiere una cadena de comercialización segura para poder recuperar, con tranquilidad, la inversión de los productores y garantizar un flujo de caja constante que genere una buena relación costo beneficio, lo que redundaría en

mejorar la calidad de vida para la familia productora, sin embargo el proceso de comercialización requiere varios eslabones de una cadena, el primero de ellos el productor, que debe garantizar volúmenes de producción para poder asumir una verdadera participación en el mercado, de igual manera se requiere establecer estrategias para la implementación, el manejo, el faenado y la venta, por lo cual es necesario el fortalecimiento organizativo de los productores de cuyes en la Orinoquia Colombiana.

## **METODOLOGÍA**

El proceso se realizó a partir de un diseño metodológico no experimental, descriptivo y transversal (Hernández *et al.*, 2010), para lo cual se recurrió a fuentes de información primaria utilizando variables independientes útiles para contextualizar la zona de estudio. Para ello se realizó una encuesta a los propietarios de unidades productivas que implicó visitas a las diferentes fincas para obtener información de los sistemas encontrados por medio de cuestionarios que se elaboraron para ser tabulados en una estadística descriptiva no paramétrica, una vez obtenida esta información se realizó un plan de capacitación con 10 familias seleccionadas, para estas capacitaciones se elaboró una serie de módulos didácticos con la metodología aprender haciendo desde un enfoque constructivista.

El estudio se realizó en diferentes veredas rurales del departamento del Meta las cuales abarcaron los municipios de Villavicencio, Puerto López, Cumaral y San Martín. Dentro del municipio de Villavicencio se encuestaron un total de 24 fincas productivas que comprendieron el corregimiento 1 con las veredas La cumbre y San Luis de Ocoa; corregimiento 2 con las veredas de Buenavista, Servitá, Samaria, Contadero; corregimiento 3 con las veredas Palmichal y la Argentina; corregimiento 4 con la vereda Alto Pompeya y Caños negros, finalmente el corregimiento 6 con las veredas de Lourdes, San José Bajo y Santa Helena Alta.

Se realizó un muestreo discrecional o por juicio debido a que el estudio socioeconómico es susceptible a todos los sistemas de producción a todos los productores del piedemonte llanero, sin embargo, se tuvo en cuenta solamente los

que se encuentran registrados en la base de datos de la UMATA de Villavicencio y que manifestaron su interés por la producción de cuyes.

Las fuentes de información primaria a las que se recurrió son las unidades de análisis, es decir las familias de las fincas cuya actividad principal sea agropecuaria. A estas familias previamente seleccionadas por la base de datos de la UMATA de Villavicencio se les realizó una visita con el fin de aplicarles la encuesta y tomar algunos datos de observación directa.

En el municipio de Puerto López se encuestó una finca ubicada en la vereda Alto Menegua; en las veredas Cruce de Guacavía, San Nicolás y Caney medio se encuestaron con tres fincas del municipio de Cumaral. El municipio de San Martín vereda el Merey y El calvario vereda San Francisco se encuestó una finca en cada uno de los municipios para un total de 30 productores que aparecen en la Tabla 1, de los cuales unos hacen parte de la base de datos de la UMATA y otros no, pero que mostraron interés en la producción de *Cavia porcellus*.

Con ayuda de la base de datos de la UMATA se realizaron llamadas telefónicas con la finalidad de invitar a los pequeños productores interesados en iniciar capacitaciones para poder establecer el sistema productivo de *Cavia porcellus*. En este primer encuentro se les dio a conocer a los productores los objetivos del proyecto y se estableció un cronograma de las capacitaciones a realizar en el marco de un curso taller sobre las Buenas Prácticas de Producción de Cuy (*Cavia porcellus*).

Como fuente de información secundaria se tomó la cartografía del IGAC, (2015), la cual fue crucial para ubicar geográficamente las fincas productivas, además de ser una fuente importante de información social y geográfica de las zonas, además de se comparó el uso del suelo con el plan de ordenamiento territorial (POT) aprobado para Villavicencio.

En los métodos de recolección de la información se consideraron variables técnicas, económicas y sociales pertinentes para caracterizar y describir los sistemas productivos bajo el estudio y se realizó el análisis socioeconómico. Para ello se hizo

uso de entrevistas, encuestas, conversaciones informales, observación en campo y consultas personales (Forero *et al*, 2015). Para el análisis socioeconómico de los sistemas productivos en el estudio se utilizó estadística descriptiva recurriendo a las medidas de tendencia central (Hernández *et al.*, 2010).

En cuanto al análisis social se abordó desde la demanda de jornales, la generación de empleo y la seguridad alimentaria. Para complementar se realizó un análisis cuantitativo comparativo de los sistemas con la finalidad de evaluarlos. Para la ejecución de la metodología se elaboró un cuestionario donde se tuvieron en cuenta variables independientes útiles para contextualizar la zona de estudio. Este cuestionario se aplicó a cada uno de los propietarios de las fincas que mostraron interés en recibir capacitación para emprender la producción de cuyes.

## RESULTADOS

Se realizaron 30 encuestas en las que se referenció la Unidad Agrícola Familiar a cada uno de los productores (Tabla 1), este instrumento contó con elementos fundamentales para un diagnóstico socioeconómico, tal como grado de escolaridad, número de miembros del hogar, el trabajo desempeñado por cada uno de ellos, acceso a condiciones básicas de salud y educación, por otro lado, se realizaron preguntas sobre seguridad alimentaria, la frecuencia en el consumo de proteína de origen animal y la disponibilidad de la crianza de animales alternativos a la dieta cultural que se tiene para la región.

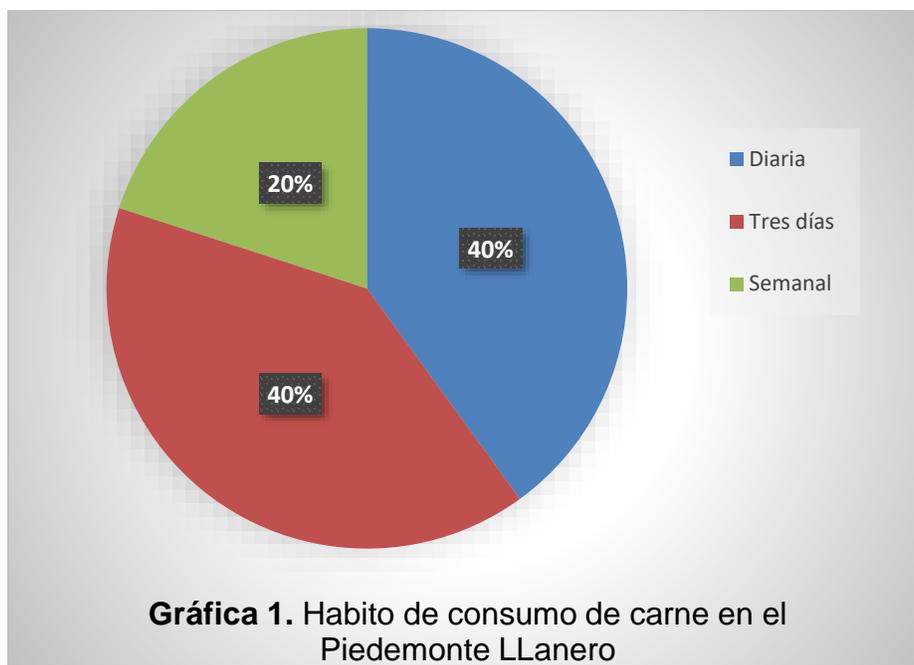
Se puede mencionar que el 80% de las fincas que participaron en este estudio socioeconómico están ubicadas en Villavicencio, seguido de un 10% en Cumaral y finalmente un 3.3 % que corresponde de manera individual a los municipios del Calvario, Puerto López y San Martín. Del total de productores junto con su núcleo familiar abarcan 115 personas, y 95 de estas cuentan con SISBEN y 20 no lo tienen, lo que equivale a un 82.60% y 17.39% de la población respectivamente. Del 82.60% que tienen SISBEN, el 95.78% que corresponde a 91 personas cuentan con un nivel 01 en SISBEN y tan solo un 4.21 % tienen un nivel 02. Referente al sistema de salud de la población rural sometida a estudio el 84.34% cuentan con un régimen de salud

subsidiado, un 10.34 % tienen un régimen de salud contributivo y tan solo un 5.21%, su sistema de salud es especializado.

**Tabla 1.** Unidades agrícolas familiares encuestadas y su ubicación

<b>Nº</b>	<b>Nombre Finca</b>	<b>Vereda</b>	<b>Municipio</b>
1	Las Arenas		
2	Villa Zulay		
3	Villa Laura	Caños Negros	
4	Villa Luz		
5	Los mandarinos		
6	Quinta El Paraíso	La Argentina	
7	las Esperanza	San Luis de Ocoa	
8	Agua Bonita	Palmichal	
9	La Humana	La Floresta	
10	Los naranjos	Santa Helena	
11	San Miguel Arcángel	Lourdes	
12	Los Corrales		Villavicencio
13	El refugio		
14	Santa Teresa	Samaria	
15	Fantasía de la Montaña		
16	La Florida		
17	El Vergel	San José Bajo	
18	La Fortuna	Contadero	
19	La Palmita		
20	El Cascal	Servitá	
21	San Matías		
22	Villa Berraca	La Cumbre	
23	Miraflores	Santa Helena	
24	El Zafiro	Bajo Pompeya	
25	San Antonio	Cruce De Guacavia	
26	La Floresta	Inspección San Nicolás	Cumaral
27	san Juanito	Caney Medio	
28	El porvenir	San Francisco	El calvario
29	la fortuna	El Meray	San Martin
30	el mirador	Alto Menegua	Puerto López

Con relación a la alimentación familiar, el 100% de la población consume carne, se obtuvo que 12 familias la consumen diariamente, 12 familias cada tercer día y 6 familias la consumen semanalmente, lo que corresponde a un 40%, 40% y 20%, respectivamente. Lo que indica que un 40% de la población rural del Pie de Monte estaría en un riesgo de seguridad alimentaria, mientras un 20% ya se encuentra en peligro de desnutrición, y que solo un 40% no presentaría riesgo (Gráfica 1). Con respecto a cómo adquieren la carne para su consumo sea diario, cada tercer día o semanalmente se encontró que de las 30 familias en su mayoría la adquieren del supermercado abarcando un 66.66 % seguido de un 40% que la adquieren en su propia finca lo cual corresponde a un total de 12 familias, un 10% compran la carne para su consumo en la central de abastos, 3 familias optan por comprarla en la fama o en la vereda con un 6.66% y 3.33% respectivamente.



Frente a la frecuencia de los productos consumidos, que aportan proteína de origen animal, se puede deducir que el consumo de huevo es alto, en promedio 29 unidades semanales, analizando los diversos productos que utilizan las familias campesinas del piedemonte llanero, que son en promedio de cuatro integrantes, le sigue el consumo de huevo y leche, mientras que el consumo de productos no

convencionales culturalmente como lo es el kumis con menos de una unidad de medida (Tabla 2).

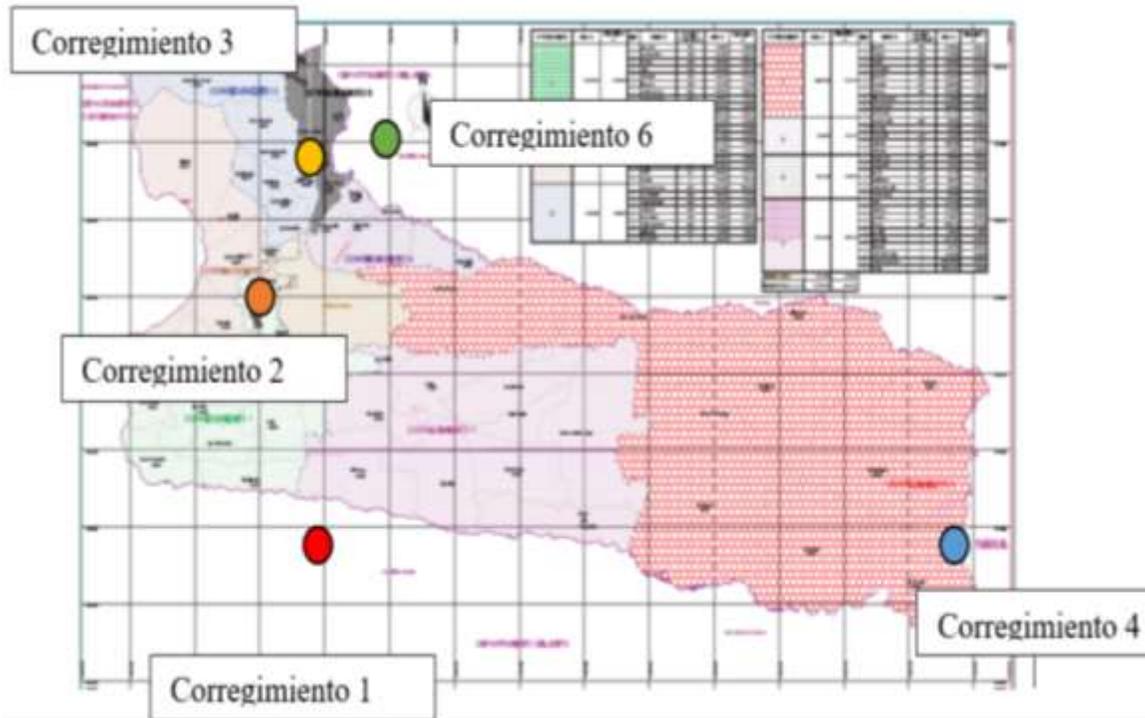
**Tabla 2.** Consumo promedio de proteína de origen animal por familias rurales de cuatro integrantes en el pie de monte llanero

Producto	Consumo Semanal (lb)	Producto	Consumo Semanal
Bovino	3.23	Leche (L)	4.21
Ovino	0.03	Huevos (unidad)	28.33
Porcino	1.9	Queso (lb)	1.6
Caprino	0	Mantequilla (lb)	0.26
Pez	1.9	Yogurt (L)	0.55
Pollo	4.46	Kumis (L)	0.05

En cuando al consumo de especies silvestres se encontró que, si se hace pero con muy baja frecuencia; dentro de estas la especie que más se consume es la lapa con un promedio de 12.8 libras seguido del gürrre con 1.8% de consumo. En menor proporción, los productores también comen como fuente de proteína: babilla, cerdo de monte, chigüiro, conejo y cuy en promedio de 4, 4, 3, 1.5 y 1.5 libras respectivamente.

Al momento de realizar las encuestas a los productores estos manifestaron el interés para la producción de *Cavia porcellus* debido a que esta especie requiere de poco espacio, es de fácil manejo, a su vez de que en sus fincas cuentan con gran variedad de especies forrajeras aptas para la alimentación de los cuyes, la finalidad de un gran porcentaje de estos productores es para consumo propio y comercialización de la especie.

Dado el gran porcentaje de familias rurales que tienen interés de iniciar la producción de *Cavia porcellus* en Villavicencio, se hizo uso de la cartografía del IGAC, (2015) para ubicar geográficamente las veredas donde se encuentran las fincas de los productores que mostraron el interés en asistir a las capacitaciones (Gráfica 2).



**Gráfica 2.** Veredas de Villavicencio donde los productores están interesados en la producción de cuyes

La segunda fase del proceso se desarrolló a partir de las capacitaciones, las cuales se realizaron teniendo en cuenta la metodología aprender haciendo desde un enfoque constructivista, siendo los facilitadores estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia y algunos docentes del área técnica de la producción de gestión empresarial rural, para ello se utilizaron los postulados del aprendizaje colectivo, en las cuales se centra el aprendizaje en la generación de interés (Maldonado, 2008).

Se diseñó un curso de buenas prácticas de producción de cuy en el contexto de la Orinoquia Colombiana, en el cual se abordaron temáticas definidas como aspectos generales de la producción de cuy, instalaciones y equipos, manejo del sistema productivo, nutrición, sanidad, transformación de canales, comercialización y organización comunitaria, para un total de 48 horas, 24 presenciales y 24 de tiempo independiente; para el aprendizaje del manejo técnico del cuy se tomó como referencia el manual de Vivas y Carballo, (2013) (Figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Los docentes de la Universidad explicaron la practicas para el manejo de los cuyes a los productores. **Fuente:** Autores.

La participación activa en la capacitación por parte de los productores genera las condiciones adecuadas en la región sobre el de conocimiento del manejo de la especie para que se implemente la producción de *Cavia porcellus* de forma comercial, además que se espera que el dialogo entre productores desencadene una forma de asociatividad que comprenda desde la adquisición de líneas genéticas, la generación de dietas con forraje de la zona y la nuevas formas de mercadotecnia para la comercialización del producto final.

### **ANÁLISIS**

El presente proyecto ha desarrollado tres impactos fundamentales en el trabajo comunitario, el primero desde el componente social, el segundo desde el componente económico y el tercero desde el componente técnico, estos sin mencionar el carácter pedagógico.



**Figura 2.** Las instalaciones son un factor importante para la producción del cuy.  
**Fuente:** Autores.

El impacto social ha sido prioritario para el desarrollo del proyecto, este tiene dos dimensiones, la primera la capacidad de ocupación de mano de obra familiar, para lo cual, con la caracterización de la comunidad y el desarrollo de las capacitaciones, se buscó que se diera una integración adecuada de las familias involucradas en el proyecto, el número de familias involucradas en el proceso fue 30, de esta se seleccionaron 10, a las cuales se les ha realizado un seguimiento estableciendo una metodología de trabajo, esto con el fin de involucrar en la crianza del cuy a toda la familia.

El desarrollo de la actividad económica es el proceso central del presente proyecto, el cuy es una posibilidad económica para los pequeños productores de la región, se aumenta la producción en términos de cada familia porque se iniciará con un pie de cría definido en la demostración de método desarrollada por la Universidad, esta estrategia se establece para 10 núcleos productivos a las familias rurales.

Al generar la asociación de productores de cuyes en la Orinoquia aumentan los niveles de participación y la visibilidad de estos en cuanto a las políticas de producción, el mercado y la economía en general.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La producción de cuy (*Cavia porcellus*) es una alternativa para la seguridad alimentaria, proporcionaría una solución rápida y de fácil manejo para la población rural que le proveería proteína de origen animal, lo que enriquecerá su dieta.

En cuanto a su comercialización la producción de *Cavia porcellus* puede ser una alternativa para generar flujo de caja en las familias rurales que desarrollen la cría del cuy de forma comercial.

Desde el punto de vista social, la comunicación personal con cada productor es esencial ya que cada uno va argumentando su proyecto, algunos desean la producción para comercialización, otros como seguridad alimentaria o simplemente por gusto. Es importante visitar cada finca con el fin de ver que con que instalaciones se cuenta para a si mismo dar ideas de un diseño artesanal que sea económicamente viable para iniciar la producción y así mismo la asesoría para la nutrición, esto con el fin de aprovechar la biodisponibilidad de forrajes se cuenta en la zona.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Balcázar, F. Investigación acción participativa (IAP): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos en humanidades*, 4 (7-8): 59-77. 2003.
2. Botero, P. (Ed). Paisajes fisiográficos de Orinoquia- Amazonia (ORAM) Colombia. Análisis geográficos N. 27-28, Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 361 p. 1999.
3. Xicohtencatl, P., Barrera, S., Orozco, T., Torres, S., Monsivais, R. Parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) del nacimiento al sacrificio en Nayarit, México. *Abanico Veterinario*, 3 (1): 36-43. 2013.
4. Forero, J., Yunda, C., De Vargas, M., Rodríguez, C., León, A. La viabilidad de la agricultura familiar en la altillanura colombiana. Análisis de su eficiencia económica - productiva y su dinámica ecosistémica en comunidades de Puerto López. Bogotá, Colombia: Espacio Creativo Impresores SAS. 63 p. 2015.

5. Heredia, A., Vargas, J. Alimentación con morera (*Morus spp.*), maralfalfa morado (*Pennisetum spp.*) y mezcla forrajera en cuyes (*Cavia porcellus*) de 15 días hasta los 3 meses de edad en el criadero del CEYPSA. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador 97 p. 2010.
6. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Plano de sistema de soporte ambiental suelo rural. 2015. Disponible En: [http://antigua.villavicencio.gov.co/index.php?option=com\\_docman&task=&gid=1638&Itemid=136](http://antigua.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_docman&task=&gid=1638&Itemid=136).
7. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Informe de gestión 2008. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. 162 p. 2008. Disponible En: [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/UserFiles/File/GESTION\\_INSTITUCION\\_AL\\_2009/Informe\\_Gestion\\_2008\\_IGAC.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/GESTION_INSTITUCION_AL_2009/Informe_Gestion_2008_IGAC.pdf).
8. Maldonado, M. Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. LAURUS Revista de Educación, 14 (28): 158-180. 2008.
9. Meza, G., Cabrera, R., Morán, J., Meza, F, Cabrera, C., Meza, C., Meza, J., Cabanilla, M., López, F., Pincay, J., Bohórquez, T., Ortiz, J. Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Revista IDESIA, 32 (3): 75-80.
10. Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. 2010. Metodología de la investigación. 5ª Ed. México: Ed McGraw-Hill. 613 p. 2014.
11. Salcedo, S. Guzmán, L. (Eds.). Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de política. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 497 p. 2014. Disponible En: <http://www.fao.org/3/i3788S/i3788S.pdf>.
12. Vivas, J., Carballo, D. Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*). 1ª Ed. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. 81 p. 2013. Disponible En: <http://cenida.una.edu.ni/textos/nl01v856e.pdf>