.

CONTENIDO

Volumen 19 No. 2, Julio – Diciembre, 2016

Pág.

EDITORIAL

La U.D.C.A continúa con su proceso de Acreditación Institucional
Germán Anzola Montero 255

CIENCIAS DE LA SALUD

Evaluación de la adiponectina y su correlación con la íntima media carotidea en mujeres peri y post menopaúsicas. Hospital de Engativá Bogotá
William Onatra Herrera, Jacinto Sánchez Angarita, Mario Parra Pineda, Jairo Amaya Guio, Gladys Laverde . . . 257
Comorbilidad del paciente hospitalizado en el servicio de geriatría en la fundación Hospital San Carlos
Paola Jimena Contreras-Acevedo, Luz Dalila Vargas, Danny Wilson Sanjuanelo Corredor, Juan Pablo Robayo, Carmen Lucía Niño Cardozo 267
La habilidad de cuidado del cuidador familiar en diferentes regiones de Colombia
Lorena Chaparro-Díaz, Sonia Patricia Carreño, María Stella Campos-de-Aldana, Fanny Benavides, Carmen Lucía Niño-Cardozo, Ruby Mercedes Cardona, María Luisa Pinzón, Olga Marina Vega, María Lucenith Criado 275
Cuidando demonios, vampiros, hombres lobos y zombis a lo largo de la historia entre la realidad y la fantasía
Andrés Camargo-Sánchez.....

CIENCIAS AGRARIAS (Agronomía, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ingeniería Agrícola, Medicina Veterinaria, Zootecnia)

Caracterización del banco activo de semillas en cultivos de zanahoria del municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca)
Zulma Catherine Cardenal Rubio, David Fernando Torres Hernández, Mónica Yadira Dotor Robayo, Ana Cruz Morillo Coronado 297
Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Cordoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla
Miguel Espitia, Carlos Cardona, Hermes Araméndiz 307
Efecto del sombrío sobre la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano cv Hartón (*Musa* AAB Simmonds)
José Barrera V., Fernando Barraza A., Rodrigo Campo A. 317
Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. en la Sabana norte de Bogotá
Claudia Veloza Ramirez, Gladys Romero Guerrero, John Jairo Gómez Piedra 325
Actividad *in vitro* de extractos etanólicos de propóleos del Bajo Cauca antioqueño sobre dos hongos filamentosos y uno levaduriforme
Jesús Viloria-Barragán, Jesús Gil-González, Diego Durango-Restrepo, Juan Marín-Loaiza, Guillermo Correa-Londoño. 333
Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz
Leonardo Alonso-Gómez, Alejandra Cruz-Dominguez, Deicy Jiménez-Madrid, Álvaro Ocampo-Duran, Sergio Parra-González 341
Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia
María del Pilar Marín Q., Hernán J. Andrade, Angélica P. Sandoval 351
Evaluación del efecto auxin-like de ácidos húmicos en maíz mediante análisis digital de imágenes
Manuel Pantoja Guerra, Yezid Almanza Pérez, Nelson Valero Valero 361
Detección de residuos antimicrobianos en músculo, hígado y riñón de cerdo expendidos en Bogotá, Colombia
Sandra Ujueta Rodríguez, Alejandra Araque Marín 371
Infecciones zoonóticas causadas por levaduras del género *Malassezia*: una revisión
Juan C. Galvis Marin, Fernando Borda Rojas 381

Estabilidad de chicheme procedente del departamento de Córdoba Colombia
Diofanor Acevedo, Yenis Pastrana, Alba Durango 395
Producción de xilitol por *Candida guilliermondii* a partir de fermentación de residuos de palma de aceite
Katherine Manjarres-Pinzón, Mario Arias-Zabala, Yuly Andrea Molina-Ramírez, María Isabel Betancur-Nieto, Eduardo Rodríguez-Sandoval 403

CIENCIAS BIOLÓGICAS

Lineamientos para el seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada
Mary Cerliz Choperena Palencia, Néstor Javier Mancera-Rodríguez 411
Grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia)
Angela Motta Díaz, Laura Ortega Corredor, Yeina Niño Fernandez, Nelson Aranguren Riaño. 425

CIENCIAS SOCIALES APLICADAS

Costo social del free-ride en Cartagena – Colombia: un análisis para el subsector de los establecimientos de lavado de vehículos
Martha Alicia Yánez Contreras, Flavio Moncayo Flórez, Cindy Paola Otero Betancur 435
Modelo de desarrollo local para una zona de Bogotá-Colombia, relacionando la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana
Adriana Posada Arrubla, Jenny Vanessa Páez Chávez 445
Las curtiembres de El Cerrito (Valle del Cauca): una mirada en torno a su realidad socioeconómica y ambiental
Neyla Benítez-Campo, Aceneth Perafán Cabrera 457

CIENCIAS HUMANAS

Cambio en las teorías científicas desde la visión de estudiantes de educación en la universidad de los Andes, Venezuela
José Escalona Tapia1, Bernardo Fontal Rivera 467
Condiciones témporo-espaciales de niños que habitan en una copropiedad horizontal de la ciudad de Barraquilla, Colombia
Armando Aroca Araújo, Lina Álvarez Toro 479

REPORTE DE CASO

Tétano en *Cebus capucinus* en cautiverio: reporte de caso
Teresa Oviedo-Socarrás, José Cardona-Ávarez, Misael Oviedo-Pastrana 489

Fe de Erratas 491

EDITORIAL

LA U.D.C.A CONTINÚA CON SU PROCESO DE ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Germán Anzola Montero
Rector

La U.D.C.A, como miembro y partícipe de la estructura general de la Educación Colombiana y comprometida con los aspectos ambientales, ha sabido entender esta dinámica y promueve, como base de su desarrollo, la calidad en sus programas, cumpliendo los criterios básicos de la misma y, aún más, buscando ser distinguida por sus procesos formativos. Ha adoptado los criterios de Acreditación en alta calidad, como la fórmula para la formación de profesionales, que aporten a su propio desarrollo y contexto nacional o regional, de manera significativa, labor que continuará con el reconocimiento institucional, en general.

Es parte de la cultura institucional de la U.D.C.A mantener y continuar con el ejercicio reflexivo de autoevaluación, como instrumento y alternativa para el desarrollo, el mejoramiento y el crecimiento en la calidad educativa, con el fin de ofrecer a la sociedad colombiana, una alternativa de experiencia académica, desde nuestro deber ser; sin embargo, este ejercicio debe considerar las tendencias y propuestas actuales, de quienes son los administradores y gestores de la nueva política educativa en nuestro país. Consideraciones que, si bien no van en contravía de nuestro ejercicio, sí pueden generar impactos o limitaciones a las propuestas o iniciativas que se lleguen a contemplar y que son derivadas del ejercicio de autoevaluación y de autorregulación institucional.

Significa esto, que se debe desarrollar un ejercicio, que permita la sinergia entre los diferentes actores internos y externos de la Institución, con el fin de integrar los parámetros normativos y de evaluación externa de la calidad, con las capacidades institucionales, de tal forma que se pueda seguir un desarrollo, mejoramiento y crecimiento armónico, sin recaer en controversias, con los entes reguladores.

Lo mencionado expresa el deseo de la U.D.C.A por seguir trabajando en la obtención de la Acreditación de Alta Calidad, donde el punto de partida para el Concejo Nacional de Acreditación –CNA-, en un nuevo proceso, serán las recomendaciones manifiestas por dicha entidad, durante el proceso desarrollado en 2015-2016, así como otros aspectos de evolución de cada uno de los diferentes factores. Para ello, se requiere que los parámetros y las recomendaciones que se han obtenido, se enfoquen en el concepto de calidad, consolidando así, el plan de mejoramiento, para satisfacer las recomendaciones y las sugerencias que, al mismo tiempo, con hechos evidenciables, demuestren mejoras consecuentes y aportantes en lo pertinente, al Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019, el cual, se soporta con la nueva estructura organizacional y gestión por procesos.

Por lo anterior, consideramos que no solo se debe ajustar lo circunstancial, evidenciado como debilidad, sino que los aspectos distintivos de las funciones sustantivas se desarrollen, de tal forma, que puedan mostrar mayores resultados de impacto, de divulgación y de alcance, para el cumplimiento de nuestra misión.

Esta es la razón, por la cual, nuestra planta docente se viene consolidando como un cuerpo cada vez más cualificado, que cuenta con soportes para la construcción de los nuevos profesionales integrales, con mejores capacidades para el desarrollo y orientación de actividades investigativas.

Para el fortalecimiento de las actividades de investigación, en el último periodo, se ha consolidado el escalafón docente, con 11 profesores con formación doctoral e iniciaron estudios doctorales otros cuatro profesores, a quienes hemos incorporado, mediante el convenio con la Fundación Instituto de Inmunología de Colombia –FIDIC-. Asimismo, este año no hemos ahorrado esfuerzos para reforzar otras actividades conducentes a consolidar la investigación, como es lograr el ascenso de diferentes grupos de investigación a mejores categorías, incrementando las publicaciones científicas, la publicación de libros y realizando significativos esfuerzos para obtener patentes y registros, como producto de las actividades científicas.

Consecuentes con lo anterior, se han establecido las siguientes asignaciones presupuestales:

- Para incrementar el número de Investigadores altamente calificados, se están programando en los planes, en los próximos tres años, $3.000.000.000.oo.
- Para intensificar el número de docentes cualificados, la suma de $2.028.000.000.oo.
- Para financiar un mayor número de proyectos de investigación, la suma de $2.400.000.000.oo.

Todo esto ha hecho que, en los últimos años, la U.D.C.A se haya concentrado en fortalecer la oferta académica de posgrados, tanto en el ámbito de Especializaciones como de Maestrías, hasta tal punto, que se está analizando y estudiando la posibilidad de consolidar su primer Doctorado en Ciencias Agropecuarias, lo que constituye una opción para la sociedad colombiana, de contar con niveles de formación de alta calidad, en disciplinas no convencionales, favoreciendo la democratización e inclusión.

Nuestra comunidad universitaria demuestra un alto sentido de pertenencia y de bienestar, lo que conlleva que las iniciativas encaminadas para este efecto, han dado resultado y, por ello, contamos con generaciones de nuevos egresados, que saben que los profesionales de la U.D.C.A son altamente competitivos, lo que nos invita a responder a este reconocimiento, con programas y acciones muy sólidas y que aportan al desarrollo contemporáneo Colombiano.

EVALUACIÓN DE LA ADIPONECTINA Y SU CORRELACIÓN CON LA ÍNTIMA MEDIA CAROTIDEA EN MUJERES PERI Y POST MENOPÁUSICAS. HOSPITAL DE ENGATIVÁ, BOGOTÁ

EVALUATION ADIPONECTIN AND ITS CORRELATION WITH CAROTID INTIMA MEDIA IN WOMEN PERI-AND POSTMENOPAUSAL. ENGATIVA HOSPITAL, BOGOTA

William Onatra Herrera[1], Jacinto Sánchez Angarita[2], Mario Parra Pineda[3], Jairo Amaya Guio[4], Gladys Laverde[5]

[1] MD, M.Sc., Profesor Titular Ginecología y Obstetricia. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, calle 222 No. 55 – 30, Campus Norte. Universidad Nacional de Colombia, e-mail: wonatra@udca.edu.co; [2] MD, Ph.D., Profesor Titular Ginecología y Obstetricia. Universidad Nacional de Colombia. Coordinador Programa de Incontinencia Urinaria y Menopausia. Hospital de Engativá, Bogotá, carrera 30 No. 45-03, Bloque 471, e-mail: jsancheza@unal.edu.co; [3] MD, M.Sc., Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Ecografista. Hospital Engativá, carrera 30 No. 45-03, Bloque 471, e-mail: moparra@unal.edu.co; [4] MD, Ph.D., Profesor Titular Ginecología y Obstetricia. Universidad Nacional de Colombia. Coordinador Programa de Colposcopia, carrera 30 No. 45-03, Bloque 471, e-mail: jamayaguio@unal.edu.co; [5] Directora Laboratorio de Investigaciones Hormonales, Bogotá, carrera 7C No. 121-34, e-mail: gerencia@lablih.net

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 257-266, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

El riesgo cardiovascular (RCV), se incrementa en las mujeres después de la menopausia. La adiponectina, se postula como un biomarcador de riesgo cardiovascular. La presente investigación buscó conocer si los niveles de adiponectina y la evaluación de la Intima Media Carotidea (IMT) se modifican durante el climaterio. Se evaluó el riesgo cardiovascular a diez años, en la escala de Framingham (FRS). Se tomaron 80 pacientes, entre 45 y 65 años, de la consulta de Climaterio en el Hospital de Engativá, Bogotá, entre el 15 de enero y 15 de diciembre de 2015. Las pacientes, se dividieron en dos grupos: 46 perimenopáusicas y 34 posmenopáusicas, todas las participantes firmaron el consentimiento informado. En formulario precodificado, se consignaron las variables sociodemográficas, examen físico, valores química sanguínea y resultados de ecografía doppler de carótida. La edad media entre los dos grupos fue: 50,95 años y 60,59 años. Se evidenció diferencia significativa en la presión arterial media. No hubo diferencia estadística en el perímetro abdominal ni en el Índice de Masa Corporal (IMC). La adiponectina presentó diferencia significativa intra grupos. No hubo diferencia en el perfil lipídico, el riesgo cardiovascular aumentó significativamente entre las mujeres pre y postmenopáusicas. La evaluación de la Íntima Media Carotidea (IMT) evidenció diferencias significativas en la placa anterior y posterior, tanto de carótida derecha como de carótida izquierda. El índice de pulsatilidad (IP) fue significativo en la carótida derecha y no en la izquierda. Se postula que la adiponectina es un marcador de riesgo cardiovascular y la IMT útil en la evaluación de arterioesclerosis.

Palabras clave: Climaterio, adiponectina, perfil lipídico, ecografía carotidea, Íntima Media Carotidea (IMT).

SUMMARY

The cardiovascular risk (CVR) increases in women after menopause. Adiponectin is postulated as a biomarker of cardiovascular risk. This study sought to determine whether adiponectin levels and assessment of Carotid Intima Media (IMT) are modified during the climacteric. cardiovascular risk ten years in the Framingham (FRS) was evaluated. 80 patients between 45 and 65 years of consulting Climaterio at the Hospital of Engativá, Bogota, between January 15 and December 15, 2015. The patients were divided into two groups, 46 perimenopausal and 34 postmenopausal, all participants signed informed consent. In pre-encoded form sociodemographic variables, physical examination, blood chemistry values and results of carotid doppler ultrasound were recorded. The average age between the two groups was: 50.95 years and 60.59 years. Significant difference was evidenced in mean arterial pressure. There was no statistical difference in waist circumference or the Body Mass Index (BMI). Adiponectin showed a significant difference intra groups. There was no difference in lipid profile, cardiovascular

risk increased significantly between pre- and postmenopausal women. Evaluation of Carotid Intima Media showed significant differences in the anterior and posterior plates both right and left carotid carotid. The pulsatility index (PI) was significant in the right carotid artery and not in the left. We hypothesize that adiponectin is a marker of cardiovascular risk and IMT useful in assessing atherosclerosis.

Key words: Menopause, adiponectin, lipid profile, carotid ultra-sonography, Carotid Intima Media (IMT).

INTRODUCCIÓN

El tejido adiposo no es solo un depósito de almacenamiento de energía sino que tiene una serie de funciones complejas, en todos los órganos del cuerpo humano. Su comunicación con otros sistemas biológicos está acoplada a la expresión de varios mediadores, llamados adipoquinas o adipocitoquinas. Existen una veintena de adipocitoquinas y factores inflamatorios, dentro de las cuales, se pueden destacar: la adiponectina**,** leptina, resistina, interleuquina 6 (IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF-@) y el inhibidor del activador de plasminogeno-1 (PAI-1) (Antoniades *et al*. 2009). La adiponectina es una proteína parecida a la del colágeno, producida por el adipocito durante su diferenciación Diferentes estudios posteriores demostraron el papel benéfico sobre los vasos arteriales, considerándose como una molécula antiaterogénica y regulador en la homeostasis de los hidratos de carbono (Yamauchi *et al*. 2002).

Los diferentes eventos metabólicos están mediados por la adhesión de la adiponectina unida a dos tipos de receptores: receptor uno ADIPOR1, se encuentra en el músculo esquelético, cuya activación aumenta la captación de la glucosa y la beta oxidación de los ácidos grasos; el receptor ADIPOR2, presente en el hígado, donde disminuye la gluconeogénesis. El gen de la adiponectina está localizado en el cromosoma 3q27, correspondiente a un locus de susceptibilidad de enfermedades metabólicas, demostrándose la asociación de polimorfismos genéticos con la obesidad, diabetes mellitus tipo II y eventos cardiovasculares (Harvest, 2009).

La adiponectina presenta, experimental y clínicamente, una serie de funciones, que incluyen: la modificación en la expresión de moléculas de adhesión endotelial y la inhibición en la proliferación de músculo liso en los vasos arteriales; regula la homeostasis de los hidratos de carbono, vía resistencia a la insulina (Yamauchi *et al*. 2002); disminución de lipoproteínas, con efectos sobre la enfermedad cardiovascular (ECV), demostrándose un efecto protector. Por otra parte, en los casos de hipoadiponectinemia, se encontró una relación asociada a la dislipidemia, síndrome metabólico (Yang & Chuang, 2006), hipertensión, enfermedad coronaria y vascular periférica (Kampoli *et al*. 2009).

La enfermedad cardiovascular (ECV) es la primera causa de morbimortalidad después de la menopausia. Esta observación fue confirmada en el estudio de Framingham, en los cuales, las mujeres posmenopáusicas tenían dos a seis veces más ECV que las mujeres premenopáusicas, con aumento de los eventos coronarios, después de los 70 años, superando a los hombres. Se ha postulado una serie de factores que contribuyen a esta patología, destacándose, en primer lugar, el efecto protector de los estrógenos, a nivel endotelial, que disminuyen al llegar la menopausia (Collins *et al*. 2007).

El término arteriosclerosis, se describe como un aumento del grosor de las arterias, a medida que aumenta la edad. Este fenómeno es debido a la aparición de placas de ateroma que produce una vasoconstricción arterial, que lleva a hipertensión arterial y, por otro lado, disminuye el flujo sanguíneo, favoreciendo la trombosis. Se han postulado tres factores principales en la formación de placa: Externos: estilo de vida, nutrición, estrés, alcohol, medioambiente, cigarrillo, drogadicción. Genéticos: enzima convertidora de angiotesina (ECA), apoliproteina E, E-selectina, matriz de metaloproteinasa 3 (MPP-3), matriz gla proteína, receptor a de estrógenos, ectonucleotido pirofosfatasa–fosfodiesterasa, epoxido hidroxilasa y osteoprotegerina. Endocrino-metabólicos: estrógeno, hormona paratiroidea, adiponectina, vitamina D, colesterol total (CT), lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos (TG), homocisteina y radicales libres (Weber & Noels, 2011).

Otro de los factores atribuibles en la ECV es el impacto que tienen los esteroides sexuales sobre las lipoproteínas de CT, con una disminución de las lipoproteínas HDL, aumento de las LDL y TG (Gupta & Smith, 2014). Estos cambios favorecen la formación de placa ateromatosa, a nivel endotelial.

La evaluación de riesgo cardiovascular ha tenido diferentes parámetros en su evaluación, que incluye: escala clásica y por categorías de Framingham, sociedades europeas, británicas, Nueva Zelanda y Sheffield. La variables tenidas en cuenta para riesgo coronario en la forma clásica del Framingham, comprende: edad, sexo, presión arterial sistólica y diastólica, CT, HDL, tabaquismo y diabetes; con estos parámetros, se puede calcular el riesgo coronario a 5 y 10 años, que abarca, angina inestable, infarto de miocardio (IAM) y muerte coronaria (Coema, 2011).

La deficiencia de estrógenos, se encuentra asociada a un aumento de peso, del tejido adiposo visceral (Gambacciani *et al*. 1999), niveles de homocisteina, aumento de la resistencia a la insulina y tensión arterial (Reckelhotff, 2004).

El ultrasonido de carótida ha sido de gran ayuda en la evaluación de la arterioesclerosis sistémica. El aumento en el grosor de la Íntima Media Carotidea (IMT) es un buen pre-

dictor de un futuro infarto miocárdico (Iglesia del Sol *et al*. 2002). La baja ecogenicidad y la superficie irregular, se encuentran asociadas a un evento futuro cardiovascular. Esta técnica presenta una sensibilidad 71% y una especificidad 63,6%, para detección de estenosis coronaria, en pacientes diabéticos (Fujihara *et al*. 2013). Ha sido interés de los autores conocer la influencia de la adiponectina sobre el riesgo cardiovascular y IMT en mujeres pre y postmenopáusicas, en una población de bajos ingreso, en el Hospital de Engativá, Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de corte transversal y para el cálculo de la muestra, se tuvo en cuenta la proyección del número de mujeres entre 45 y 65 años, en el área de Bogotá, ajustada al área de influencia del Hospital de Engativá.

Sujetos participantes: Se seleccionaron 80 mujeres, quienes asistieron a consulta externa de ginecología, con edades entre 45 y 65 años, en el hospital de Engativá, entre el 15 de enero y 15 de diciembre del 2015. Criterios de inclusión: Mujeres entre 45 y 65 años, diagnóstico de premenopausia y postmenopausia, índice de masa corporal (IMC) entre 19 y 39. Criterios de exclusión: dislipidemia familiar, diabetes mellitus I o II, diabetes MODYS, alcoholismo, drogadicción**,** cardiopatías congénitas**,** insuficiencia cardiaca congestiva**,** enfermedad coronaria**,** vascular periférica y cerebrovascular. Análisis clínico: edad, procedencia, grupo étnico, antecedentes de tabaquismo, dislipidemia, médico, quirúrgico, IMC. Para el cálculo de riesgo cardiovascular a diez años, se utilizó la escala de Framingham (Framingham Scale, 2010). Análisis paraclínico: CT, HDL, LDL, TG, Glicemia (G), adiponectina sérica, proteína C reactiva ultrasensible (PCRu) (Yang & Chuang, 2006). Como muestras, se tomaron 5mL de sangre venosa, entre las siete y nueve de la mañana, ayuno mínimo de cuatro horas y no haber realizado ejercicio 24 horas antes de la prueba. Para las mediciones del perfil lipídico y la glicemia, se utilizaron kits comerciales Cobas C11 Roche, Indianápolis IN, USA. Valores de normalidad: Glicemia 110mg/dL o 3,9nmol/L), Colesterol Total <200mg/dL o 5,17nmol/L, HDL>65mg/dL o >1,55nmol/L, LDL <150mg/dL o 2,59nmol/L y Triglicéridos <150mg/dL o 0,45nmol/L. Para la Adiponectina, 5-30ug/mL y PCR ultrasensible, 1,0mg/dL, se utilizó un test de ELISA comercial (Linco Research,Missouri (USA), en un lector de placas de ELISA, Synergy 2 (Bioteck,Vermont VT,USA) (Yamauchi *et al*. 2002).

Valores de la adiponectina: Mujeres entre 50 y 59 años, de 2-23μg/mL, mayores de 60 años, entre 11,2-24,1μg/mL. Análisis ecográfico de la carótida común: se utilizó un ecógrafo Siemens Sonoline G-50, con un transductor lineal 5-10 MHz y se evaluaron en las arterias carótidas comunes, en vecindad a su bifurcación: los diámetros externo e interno, el grosor combinado de la íntima y la media (complejo I-M) de las paredes anterior y posterior y la resistencia al flujo, a través de la determinación del Índice de Pulsatilidad (IP). El grosor del complejo I-M, se consideró anormal un valor mayor de 0,8mm, asociado a un mayor riesgo de un proceso arterosclerótico (Mac Ananey *et al*. 2014).

Análisis estadístico: Se realizó de acuerdo al software SPSS versión 17. Los datos iniciales fueron sometidos al test de normalidad de Shapiro-Wilk. Las variables categóricas se representaron en medias y desviación estándar. La diferencia entre las dos poblaciones premenopausia vs postmenopausia, se calculó con la T-Student, para muestras independientes con sus respectivos intervalos de confianza, al 95%. El nivel de significancia, se definió como $p<0.05$ (Ruiz & Morillo, 2004).

Componente ético: Se tuvo en cuenta la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, artículo 15, correspondiente al consentimiento informado y sus componentes, el cual, fue firmado por todas las pacientes participantes en el estudio. De acuerdo a la misma resolución, este estudio se puede catalogar como de riesgo mínimo, dado que solo se realizaron procedimientos no invasivos, salvo la extracción de sangre, para la toma de adiponectina y PCR ultrasensible y los parámetros bioquímicos. Este estudio fue presentado y autorizado por los comités de investigaciones de ética de la U.D.C.A y del Hospital de Engativá. El estudio, se rige por los principios de la declaración de Helsinki 1994 y del código de Núremberg para investigación médica, garantizando un trato respetuoso a los pacientes y evitando cualquier situación, que pueda comprometer su integridad física o mental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mujer, después de la menopausia, presenta una serie de eventos, como: oleadas de calor, insomnio, irritabilidad, artralgias, aumento de peso, hipertensión, colesterol total, lipoproteínas de baja densidad (LDL) o aterogénicas y triglicéridos, disminución de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) o protectoras, calcificación de las arterias, disminución del flujo endotelial, que generan aumento del riesgo cardiovascular. La adiponectina es una adipocitoquina secretada por los adipocitos en el tejido adiposo, con efecto en la regulación de la sensibilidad de la insulina, homeostasis de la glucosa, perfil lipídico, hipertensión, nivel vascular endotelial. Los bajos niveles, se encuentran asociados a la progresión de la diabetes y aumento del riesgo cardiovascular (Zhang *et al*. 2012).

El climaterio, entendido como un periodo de transición entre el final de la vida reproductiva, 45-55 años y la vejez, mayores de 65 años, ha tenido diferentes clasificaciones,

como premenopausia, menores de 50 años; menopausia, promedio 50 más o menos 5 años; postmenopausia, mayores de 50 años y perimenopausia, entre los 45 y 55 años (Soules *et al.* 2001). En el 2001, en un Consenso aceptado por la Asociación Norteamericana de Menopausia (NAMS), de acuerdo al último periodo menstrual, consideró: menos de uno a dos años, transición menopaúsica y más de uno a dos años, postmenopausia (Soules *et al.* 2001). La edad de la menopausia, en un estudio multicéntrico latinoamericano, en 17.150 mujeres, entre 40 y 59 años, evidenció que la edad promedio fue de 49,4+/-5,5 años siendo la más baja en Asunción (Paraguay), con 43,8 años y la más alta, en Cartagena (Colombia), de 53 años (Castelo-Branco *et al*. 2006). Para efecto del presente estudio, las pacientes se consideraron perimenopaúsicas, entre los 45 y 54 años y postmenopáusicas, entre los 55 y 65 años. La edad promedio de la menopausia en el primer grupo fue de 50,95+/-10,2 años y el segundo, de 60,59+/-12,5 años, que está de acuerdo con un estudio japonés (Kotani *et al.* 2011), en un grupo similar de 252 pacientes climatéricas y describe que el promedio de edad de las mujeres premenopaúsicas era de 44,7+/-4,9 años y de las postmenopáusicas, de 64,6+/-4,4 años, con diferencia significativa (p<0,001).

La hipertensión es un problema de salud pública extendido en el mundo o asociado a riesgo cardiovascular. El aumento de la tensión arterial, se presenta después de la menopausia, atribuido a la disminución de los estrógenos, aumento de lípidos, placa arteriosclerótica y a un incremento en el Índice de Masa Corporal y tejido adiposo. La adiponectina es una adipocitoquina, con propiedades antiinflamatorias, antiateromatosas asociadas a alteraciones cardiometabólicas, incluyendo la hipertensión (Yiannikouris *et al.* 2010). La tensión arterial media fue para el grupo de las premenopaúsicas, de 89,17+/-9,24 y en las postmenopáusicas, de 94,86+/-11,57 con diferencia significativa; coincide, con el estudio de Kotani *et al.* (2011), quienes también encontraron diferencias significativas entre las mujeres pre y postmenopáusicas, de 87,6+/-11,0mm.Hg y 100,7+13,7mm.Hg, con una p<0,001 (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las diferentes variables del estudio.

Variables	**Perimenopáusicas 45-54 años n=46**	**Postmenopáusicas 55-65 años n=34**	**P<0001**
Edad años	50,95	60,59	
T.A. Media mmHg	**89,17+/-9,24**	**94,86+/-11,57**	**0,017***
IMC	27,47+/-4,45	26,60+/-4,81	0,452
P. Abdominal cm	91,96+/-11,22	90,50+/-12,59	0,587
P. Cadera. cm	101,46+/-8,25	99,09+7,94	0,201
Cintura/Cadera	0,91+0,08	0,91+/-0,09	0,764
ADIPONECTINA, PCR Y PERFIL LIPÍDICO			
Adiponectina ug/mL	**11,09+/-6,01**	**13,49+/-5,56**	**0,074***
PCR	5,33+/-5,52	3,44+/-5,26	0,118
Glicemia	93,89+/-11,51	101,97+/-34,17	0,140
Colesterol T	219,35+/-46,42	228,44+/-43,87	0,378
HDL	57,69+/-19,43	54,47+/-14,85	0,422
LDL	134,39+/-43,08	136,64+/-37,04	0,807
Triglicéridos	144,39+/-50,72	172,91+/-100,63	0,101
CT/HDL	4,06+/-1,18	4,46+/-1,35	0,156
E.Framingham %	**3,07+/-1,57**	**5,56+/-3,35**	**0,001**
ECOGRAFÍA Y DOPPLER CARÓTIDA			
CD-Placa Anterior mm	**0,51+/-0,22**	**0,74+/-0,25**	**0,001***
CD-Placa Posterior mm	**0,68+/-0,19**	**0,86+/-0,26**	**0,001**
CI-Placa Anterior mm	**0,55+/-0,22**	**0,78+/-0,41**	**0,002***
CD-Placa posterior	**0,68+/-0,19**	**0,97+/-0,39**	**0,001**
CD-IP	**1,37+/-0,24**	**1,51+/-0,28**	**0,022***
CI-IP	1,42+/-0,30	1,50+/-0,23	0,187

* Diferencia significativa

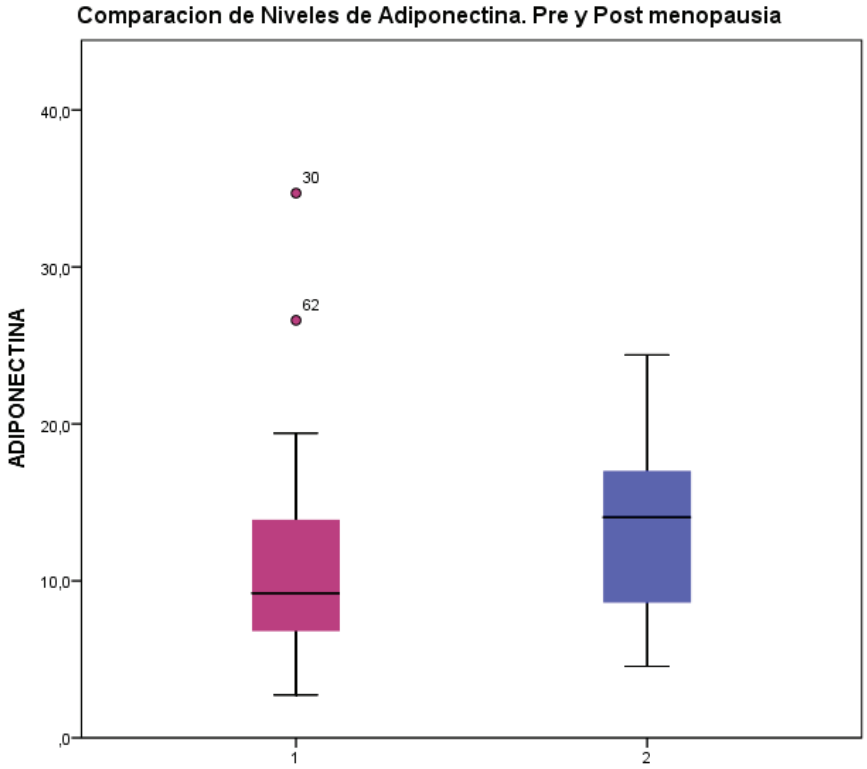
El aumento de peso, se asocia al Síndrome Metabólico (SM), hipertensión, arteriosclerosis y enfermedad cardiovascular. El tejido adiposo, fuera de ser un depósito de energía, produce una serie de adipocitoquinas, mencionadas al inicio de este estudio, que se encuentran comprometidas en la patogénesis de las enfermedades del tejido adiposo, resistencia a la insulina, inflamación crónica, disfunción cardiovascular (Ouchi *et al*. 2011). El presente estudio evidencia que no hay diferencia estadística en el IMC, entre las mujeres perimenopausicas, 27,47+/-4,45 y postmenopausicas, 26,60+/-4,81 (p<0,452), corroborado por el estudio de Kotani *et al*. (2011), que halla 23,4+/-4,3 y 24,0+/-3,5 (p<0,207), en paciente pre y posmenopáusicas, respectivamente (Tabla 1).

En la medición del perímetro abdominal, como medida indirecta y proporcional al perfil lípido y al tejido adiposo abdominal, no hay diferencia entre las pacientes perimenopausicas y postmenopáusicas (91,96+/-11,22cm y 90,50+/-12,59cm, p<0,587, respectivamente); estas medidas, se encuentran por encima del corte establecido para la mujer latinoamericana, que es de 80 cm (Blümel *et al*. 2012). Tampoco, se evidenciaron diferencias en el perímetro de cadera y en la relación cintura/cadera (Tabla 1). Estos datos coinciden con el estudio latinoamericano, donde Colombia presenta una de las tasas más altas de Síndrome Metabólico, con un 45,6% (Royer *et al*. 2007), cuando la media es 35,1%.

Los estudios experimentales y clínicos evidencian que la adiponectina es una hormona multifuncional con efectos en diferentes órganos de la economía, siendo los más estudiados la disminución de peso y tejido graso a nivel cerebral, glucosa hepática, ácidos grasos y triglicéridos por supresión de genes gluconeogenéticos. A nivel cardiaco, ejerce un efecto cardioprotector sobre las fibras del miocardio, con aumento de la angiogénesis, en casos de infarto. En el área reproductiva, se han hallado receptores de adiponectina, en la hipófisis hipotálamo, útero y ovario. Es conocido el efecto sobre patologías ginecológicas, como miomatosis uterina, endometriosis y cáncer endometrial. Disminuye la producción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), con efectos sobre la hormona luteinizante (LH) y la hormona estimulante de los folículos (FSH). Clínicamente, no afecta el ciclo menstrual, pero interviene en la proliferación, esteroideogénesis y maduración del oocito.

El presente estudio confirmó que los niveles de adiponectina se elevan durante la posμmenopausia, con diferencia significativa 11,09+/-6,01μg/mL y 13,49+/-5,56µg/mL, respectivamente (p<0.074) (Tabla 1) (Gráfica 1), confirmando lo expuesto por Angelidis *et al*. (2013).

Datos también reportados por Kotani *et al*. (2011), quienes describen los niveles de adiponectina en la premenopausia,



Gráfica 1. Niveles de adiponectina, por grupo de edad, 1 pre, 2 post-menopáusica.

de 8,8+/-5,6μg/mL y en la postmenopausia, 9,9+/-6,5μg/mL, con diferencia significativa (p<0,015). Wu *et al*. (2015), en 119 mujeres durante la premenopausia, registraron niveles de 8+/-6μg/L y en 62 postmenopáusicas, niveles de 13+/-5μg/L, con diferencia significativa (p<0,05). En estas condiciones, la adiponectina se perfila como un biomarcador durante el climaterio, con modificaciones en los casos de hipertensión, sobrepeso, obesidad y arteriosclerosis.

El síndrome metabólico es una entidad caracterizada por aumento de tensión arterial, glicemia, triglicéridos (TG) y disminución de las HDL, entidades que, en conjunto, proporciona la formación de placa arteriosclerótica y riesgo cardiovascular. Al desaparecer, los valores de estrógenos y la progesterona, después de la menopausia se modifican, suscitando el daño cardiometabólico (Onatra *et al*. 2006).

El presente estudio evaluó la glicemia, el perfil lipídico y el índice CT/HDL, evidenciando que el Colesterol total se encuentra por encima de los valores de referencia, 200mg/dl o 5,17nmol/L; una tendencia al aumento, que también se presenta con las LDL y los triglicéridos (0,5-2nmol/L). Las HDL, por el contrario, tienden a disminuir, sin ser significativas, en los casos de mujeres postmenopáusicas (Tabla1). Estos datos coinciden con el estudio de Kotani *et al*. (2011), donde no hallaron diferencias estadísticas entre las mujeres premenopáusicas y postmenopáusicas, en el colesterol total, 5,08+/-0,4nmol/L vs 5,06+/-0,57nmol/L, (p<0,534), ni en las HDL, 1,67+/-0,29nmol/L vs 1,61+0,40nmol/L, (p<0,163). En cambio, evidenciaron diferencias significativas en la glicemia, 4,92+/-0,42nmol/L vs 5,10+0,46nmol/L, (p<0,001) y los triglicéridos, 0,84+0,62nmol/L vs 1,03+0,8nmol/L, (p< 0,001). Es de anotar que adiponectina, se aprecia elevada en este grupo etario en las mujeres postmenopáusicas, que explicaría, parcialmente, las escasas modificaciones en el perfil lipídico, que coincide con lo reportado por Funahashi & Matsuzawa (2014).

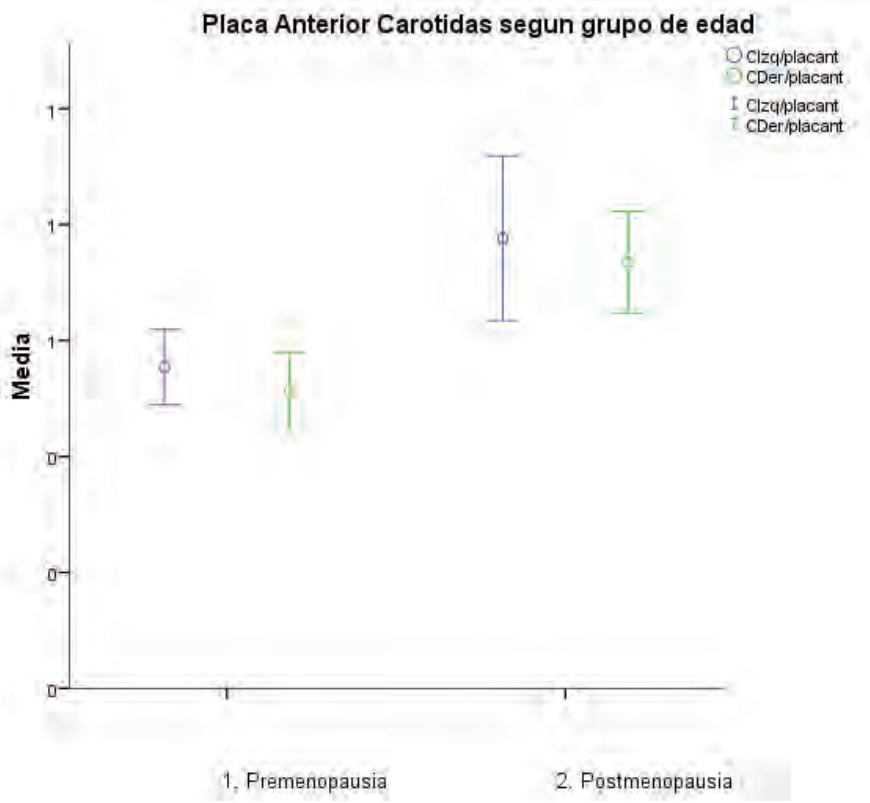
La evaluación del riesgo cardiovascular en la Escala de Framingham ha sido parámetro universal aceptado en la evaluación del riesgo cardiovascular, a pesar de existir otras escalas aplicadas en otros países, como la europea, británica y Nueva Zelandia. El factor de riesgo para enfermedad coronaria a 10 años, se clasifica en bajo riesgo <10%, riesgo medio 10-20% y alto riesgo > 20%. El presente estudio evidenció que el riesgo cardiovascular se elevó significantemente entre las mujeres pre y postmenopáusicas, 3,07+/-1,57 vs 5,56+/-3,35, (p<0,001) y que éstas se encontraban en riesgo bajo, 5% y 4%, respectivamente, de acuerdo con los hallazgos de otras investigaciones (Cagnacci *et al*. 2015) (Tabla 1).

Diferentes estudios experimentales y clínicos evidencian que la adiponectina tiene acciones antiaterogénicas, por inhibición de la placa ateromatosa. Estos efectos "*in vivo*" demuestran que la adiponectina inhibe: la adhesión de monocitos, inducida por el factores de necrosis tumoral alfa (TNFa); la transformación de macrófagos, en células espumosas; la migración y la proliferación de células en músculo liso y activa la síntesis de óxido nítrico, a nivel endotelial. Clínicamente, se ha evidenciado que la adiponectina es un marcador para identificar etapas tempranas de arteriosclerosis; sus niveles están disminuidos en pacientes con hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo II, enfermedad arterial coronaria, fumadoras, existiendo controversia en pacientes con sobrepeso y obesidad. La enfermedad cardiovascular, se incrementa después de la menopausia por diferentes factores: Internos: neuroendocrinos, ante la disminución de los esteroides gonadales; disfunción del perfil lipídico con modificaciones, a nivel endotelial y formación de placa ateromatosa; Externos: como los nutricionales, estilos de vida y el sedentarismo, contribuyen a la aceleración de esta placa, a medida que aumenta la edad.

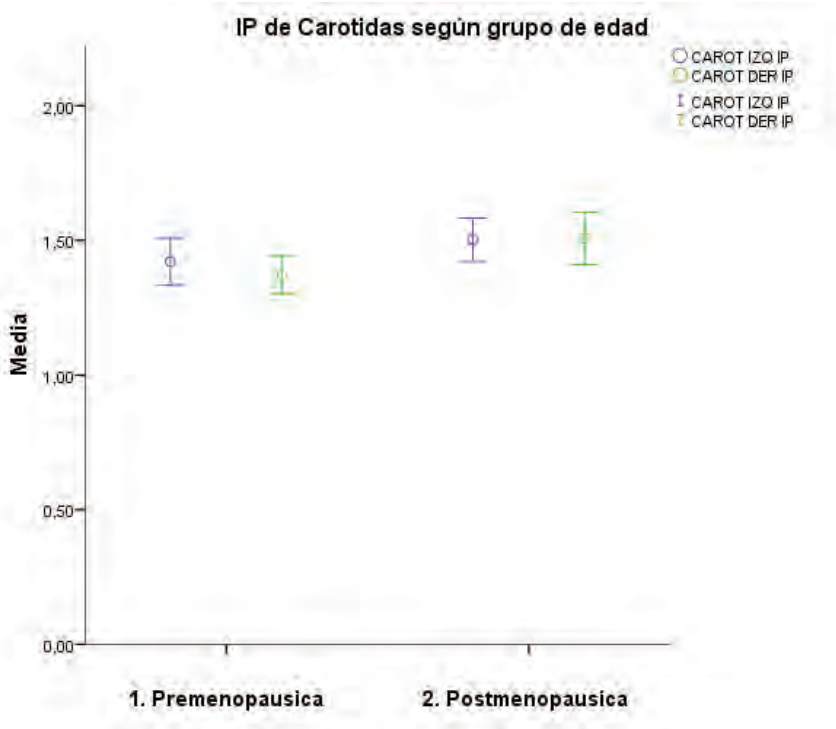
En la evaluación de placa arterioesclerótica, se han utilizado diferentes métodos, como la evaluación de la Íntima Media Carotidea (IMT) por ultrasonido, Tomografía Axial computarizada (TAC) y Emisión de positrones (PET) en arterias coronarias. En el presente estudio, se utilizó la IMT, para la evaluación de placa en ambas carótidas, de mujeres pre- menopáusicas y postmenopáusicas, evidenciándose que existen diferencias significativas entre las placas anterior, 0,51+/-0,22mm vs 0,74+/-0,25mm, (p <0,001), posterior de la carótida derecha, 68+/-0,19mm.vs 0,86+/-0,26mm, (p<0,001) y en las placas anterior, 0,55+/-0,22mm vs 0,78+/-0,41mm, (p <0,002) y posterior, 0,68+/-0,19mm vs 0,97+0,39,mm, (p<0,001), de carótida izquierda. El índice de pulsatilidad (IP) fue significativo en la carótida derecha 1,37+/-0,24 vs 1,51+/-0,28, (p <0,022), no en la carótida izquierda (p<0,187), posiblemente, porque anatómicamente existe un mayor flujo en la carótida izquierda con menor posibilidad de formación de placa (Tabla 1) (Gráficas 2 y 3) (Foto 1).

El estudio realizado por Johnson *et al*. (2010), en 72 mujeres peri menopáusicas y 131 postmenopáusicas, utilizando el IMT, demuestran el aumento progresivo de placa, a nivel carotideo. Estos hallazgos permiten confirmar, en nuestro medio, que la mujer, durante su periodo postmenopáusico, aumenta la placa arterioesclerótica, que llevará a mediano y largo plazo, desarrollar enfermedad cardiovascular y es conocida como la primera causa de morbimortalidad en mujeres mayores, por ello, se hace necesario recomendar medidas preventivas, como estilos de vida saludable, dieta baja en azúcares y grasas, ejercicio y el uso de medicamentos, para evitar la progresión de placa arteriorioesclerótica.

De la presente investigación, se concluye que la adiponectina se perfila como una proteína marcadora útil en la evalua-



Gráfica 2: Formación de placa en carótida anterior, por grupo de edad.



Gráfica 3: Índice de pulsatilidad en Carótidas Izquierda y Derecha, por grupo de edad.

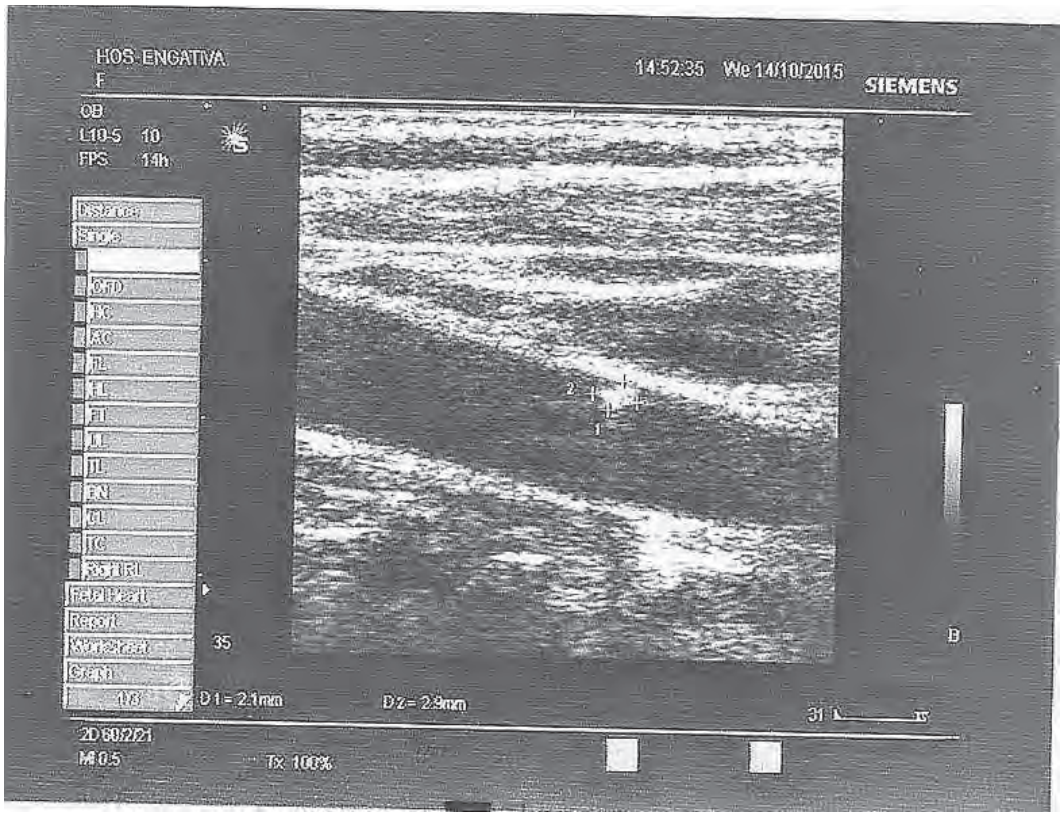


Foto 1: Ultrasonido de carótida con formación de placa.

ción de la mujer, durante el climaterio, donde presenta elevación de sus niveles, evidenciando el inicio de un deterioro progresivo metabólico endotelial; por otra parte, podría ser útil como marcador de respuesta terapéutica. La escala de Framingham, para riesgo cardiovascular, sigue siendo útil y el estudio mostró que después de la menopausia el riesgo es bajo, pero aumenta con la edad. La evaluación de la Íntima Media Carotidea, por ecografía doppler, es un procedimiento que permite evaluar indirectamente el estado coronario y el estudio permitió detectar la formación de placa, en forma significativa, en Carótida Derecha, con disminución del índice de pulsatilidad, confirmando el inicio de la arterioesclerosis e hipertensión arterial. Será de interés ampliar esta muestra por edad y por estratos, con el fin de tomar medidas preventivas, para evitar la formación de placa.

Agradecimientos: Los autores agradecen a las directivas y a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, directivas y Comité de Investigaciones del Hospital de Engativá, por el apoyo logístico y financiero, para llevar a cabo esta investigación. Al laboratorio de investigaciones hormonales, al personal de enfermería y laboratorio clínico del Hospital de Engativá. Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGELIDIS, G.; DAFOPOULOS, K.; MESSINI, C.I.; VALOTASSIOU, V.; TSIKOURAS, P.; VRACHMIS, N.; PSIMADAS, D.; GEORGOULIAS, P.; MESSINIS, I.E. 2013. The emerging roles of adiponectin in female reproductive system-associated disorders and pregnancy. Reproductive Sciences. 20(8):872-881.

2. ANTONIADES, C.; ANTONOPOULOS, A.S.; TOUSOULIS, D.; STEFANADIS, C. 2009. Adiponectin: from obesity to cardiovascular disease. Obes. Rev. 10(3):269-279.

3. BLÜMEL, J.E.; LEGORRETA, D.; CHEDRAUI, P.; AYALA, F.; BENCOSME, A.; DANCKERS, L.; LANGE, D.; ESPINOZA, M.T.; GOMEZ, G.; GRANDIA, E.; IZAGUIRRE, H.; MANRIQUEZ, V.; MARTINO, M.; NAVARRO, D.; OJEDA, E.; ONATRA, W.; POZZO, E.; PRADA, M.; ROYER, M.; SAAVEDRA, J.M.; SA-

YEGH, F.; TSEROTAS, K.; VALLEJO, M.S.; ZUÑIGA, C.; COLLABORATIVE GROUP FOR RESEARCH OF THE CLIMACTERIC IN LATIN AMERICA (REDLINC). 2012. Optimal waist circumference cutoff value for defining the metabolic syndrome in postmenopausal Latin American women. Menopause.19 (4):433-437.

4. CAGNACCI, A.; PALMA, F.; ROMANI, C.; XHOLLI, A.; BELLAFRONTE, M.; DI CARLO, C. 2015. Are climacteric complaints associated with factors of cardiovascular disease in peri-menopausal women? Gynecol. Endocrinol. 31(5):359-362.

5. CASTELO-BRANCO, C.; BLÜMEL, J.E.; CHEDRAUI, P.; CALLE, A.; BOCANERA, R.; DEPIANO, E.; FIGUEROA-CASAS, P.; GONZALEZ, C.; MARTINO, M.; ROYER, M.; ZUÑIGA, C.; DULON, A.; ESPINOZA, M.T.; FUTCHNER, C.; MOSTAJO, D.; SOTO, E.; ALBERNAZ, M.A.; ARAVENA, H.; BUSQUETS, M.; CAMPODONICO, I.; GERMAIN, A.; ALBA, A.; BARON, G.; GOMEZ, G.; MONTERROSA, A.; ONATRA, W.; BROUTIN, G.; MANZANO, B.; GABRIELA, A.; HIDALGO, L.; LEON, P.; ORBEA, M.; SANCHEZ, H.; VALLEJO, S.; VALLECILLO, G.; HERNANDEZ-BUENO, J.; MOTTA, E.; ANDRADE, R.; TSEROTAS, K.; GONZALEZ, M.C.; BENITEZ, Z.; CALLE, E.; DANCKERS, L.; DEL CASTILLO, A.; IZAGUIRRE, H.; OJEDA, E.; ROJAS, J.; BENCOSME, A.; LIMA, S.; MOTTA, E. 2006. Age at menopause in Latin America. Menopause. 13(4):706-712.

6. COEMA, A.A. 2011. Las tablas de riesgo cardiovascular: una revisión crítica. MEDIFAM. 11(2):122-139.

7. COLLINS, P.; ROSANO, G.; CASEY, C.; DALY, C.; GAMBACCIANI, M.; HADJI, P.; KAAJA, R.; MIKKOLA, T.; PALACIOS, S.; PRESTON, R.; SIMON, T.; STEVENSON, J.; STRAMBA-BADIALE, M. 2007. Management of cardiovascular risk in the peri-menopausal woman: a consensus statement of European cardiologists and gynecologists. Eur. Heart J. 28(11):2028-2040.

8. FRAMINGHAM SCALE. 2010. Disponible desde Internet en: http://www.mdcalc.com/framingham-coronary-heart-disease-risk-score/ (con acceso 22/02/2016).

9. FUJIHARA, K.; SUZUKI, H.; SATO, A.; KODAMA, S.; HEIANZA, Y.; SAITO, K.; IWASAKI, H.; KOBAYASHI, K.; YATOH, S.; TAKAHASHI, A.; YAMADA, N.; SONE, H.; SHIMANO, H. 2013. Carotid artery plaque and LDL to HDL colesterol ratio predict arteriosclerotic status in coronary arteries in asyntomatic patients with type 2 diabetes Mellitus. J. Atheroscler. Thromb. 20(5):452-464.

10. FUNAHASHI, T.; MATSUZAWA, Y. 2014. Adiponectin and the cardiometabolic syndrome: An epidemiological perspective. Best Pract & Res. Clin. Endocrinol. & Metab. 28(1):93-106.

11. GAMBACCIANI, M.; CIAPONI, M.; GAPPAGLI, B.; BENUSSI, C.; DE SIMONE, L.; GENAZZANI, A. 1999. Climateric modifications in body weight and fat tissue distribution. Climateric. 2(1):37-44.

12. GUPTA, A.; SMITH, D.A. 2014. The 2013 American college of cardiology american hearth association. Guidelines on treating blood cholesterol and assessing cardiovascular risk. Endocrin. Metab. Clin. N. Am. 43(4):869-892.

13. HARVEST, G. 2009. Biomarkers of adiponectina: Plasma protein variation and genomic DNA polymorphisms. Biomark Insights. 4(1):23-33.

14. IGLESIA DEL SOL, A.; BOTS, M.L.; GROBBEE, D.E.; HOFMAN, A.; WITTERMAN, J.C. 2002. Carotid intima-media thickness at different sites: relation to incident myocardial infarction; The Rotterdam Study. Eur Heart J. 23(6):934-940.

15. JOHNSON, B.D.; DWYER, K.M.; STANCZYK, F.Z.; BITTNER, V.; BERGA, S.L.; BRAUNSTEIN, G.D.; AZZIZ, R.; YANG, Y.C.; HALE, G.E.; BAIREY, C.N.M. 2010. The Relationship of menopausal status and rapid menopausal transition with carotid intima-media thickness progression in women: A report from the Los Angeles atherosclerosis study. J. Clin. Endocrinol. & Metab. 95(9):4432-4440.

16. KAMPOLI, A.M.; TOUSOULIS, D.; ANTONIADES, C.; SIASOS, G.; STEFANADIS, C. 2009. Biomarkers of premature atherosclerosis. Trends Mol. Med. 15(7):323-322.

17. KOTANI, K.; CHEN, J.T.; TANIGUCHI, N. 2011.The relationship between adiponectin and blood pressure in premenopausal and postmenopausal women. Clin. Invest. Med. 34(3):E125-E130.

18. MAC ANANEY, O.; MELLOTTE, G.; MAHER, V. 2014. Comparison of semi-automated and manual measurements of carotid intima-media thickening. Biomed. Res. Int. 531389 .doi: 10.1155/2014/531389.

19. ONATRA, W.; GARCÍA, C.; GAMBOA, C.; SÁNCHEZ, J.; CASTRO, J. 2006. Prevalencia del Síndrome Metabólico en mujeres posmenopáusicas en dos centros clínicos de Bogotá. Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient. 9(1):43-53.

20. OUCHI, N.; PARKER, J.L.; LUGUS, J.J.; WALSH, K. 2011. Adipokines in inflammation and metabolic disease. Nat. Rev. Immunol. 11(2):85-97.

21. RECKELHOTFF, J.F. 2004. Basic research into the mechanism responsible for postmenopausal hypertension. Int. J. Clin. Suppl. 139(1):13-19.

22. ROYER, M.; CASTELO-BRANCO, C.; BLÜMEL, J.E.; CHEDRAUI, P.A.; DANCKERS, L.; BENCOSME, A.; NAVARRO, D.; VALLEJO, S.; ESPINOZA, M.T.; GÓMEZ, G.; IZAGUIRRE, H.; AYALA, F.; MARTINO, M.; OJEDA, E.; ONATRA, W.; SAAVEDRA, J.; TSEROTAS, K.; POZZO, E.; MANRIQUEZ, V.; PRADA, M.; GRANDIA, E.; ZUNIGA, C.; LANGE, D.; SAYEGH, F.; COLLABORATIVE GROUP FOR RESEARCH OF THE CLIMACTERIC IN LATIN AMERICA. 2007. The US National Cholesterol Education Programme Adult Treatment Panel III (NCEP ATP III): prevalence of the metabolic syndrome in postmenopausal Latin American women. Climateric 10(2):164-170.

23. RUIZ, A.; MORILLO, L.E. 2004. Epidemiologia Clínica: Investigación clínica aplicada. Editorial Panamericana. BogotÁ. p.509.

24. SOULES, M.R.; SHERMAN, S.; PARROTT, E.; REBAR, R.; SANTORO, N.; UTIAN, W.; WOODS, N. 2001. Executive summary: Stages of Reproductive Aging Workshop (STRAW). Fertil. Steril. 76(5):874-878.

25. WEBER, C.; NOELS, H. 2011 Atherosclerosis: current pathogenesis and therapeutic options. Nature Medicine. 17(11):1410-1422.

26. WU, Y.; ZHENG, C.; CHEN, D.; XIE, M. 2015.Investigation of the change of adiponectin level with menopause status in middle aged women and its relationship with androgen. Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi. 50(5):356-360.

27. YANG, W.S.; CHUANG, L.M. 2006. Human genetics of adiponectin in the metabolic syndrome. J. Mol. Med. 84(2):112-121.

28. YAMAUCHI, T.; KAMON, J.; MINOKOSHI, Y.; ITO, Y.; WAKI, H.; UCHIDA, S.; YAMASHITA, S.; NODA, M.; KITA, S.; UEKI, K.; ETO, K.; AKANUMA, Y.; FROGUEL, P.; FOUFELLE, F.; FERRE, P.; CARLING, D.; KIMURA, S.; NAGAI, R.; KAHN, B.B.; KADOWAKI, T. 2002. Adiponectin stimulates glucose utilization and fatty-acid oxidation by activating AMP-activated protein kinase. Nat Med. 8(11):1288-1295.

29. YIANNIKOURIS, F.; GUPTE, M.; PUTNAM, K.; CASSIS, L. 2010. Adipokines and blood pressure control. Curr. Opin. Nephrol. Hypertens. 19(2):195-200.

30. ZHANG, B.C.; LIU, W.J.; CHE, W.L.; XU, Y. 2012. Serum total adiponectin level and risk of cardiovascular disease in Han Chinese populations: a meta-analysis of 17 case–control studies. Clin. Endocrinol. 77(3):370-378.

Recibido: Abril 3 de 2016
Aceptado: Octubre 28 de 2016

Cómo citar:

Onatra Herrera, W.; Sánchez Angarita, J.; Parra Pineda, M.; Amaya Guio, J.; Laverde, G. 2016. Evaluación de la adiponectina y su correlación con la ìntima media carotidea en mujeres peri y post menopaùsicas. Hospital de Engativá Bogotá. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 257-266.

COMORBILIDAD DEL PACIENTE HOSPITALIZADO EN EL SERVICIO DE GERIATRÍA EN LA FUNDACIÓN HOSPITAL SAN CARLOS

COMORBIDITY OF THE PATIENT HOSPITALIZED IN GERIATRIC´S SERVICE AT SAN CARLOS HOSPITAL FOUNDATION

Paola Jimena Contreras-Acevedo[1], Luz Dalila Vargas[2], Danny Wilson Sanjuanelo Corredor[3], Juan Pablo Robayo[4], Carmen Lucía Niño Cardozo[5]

[1] Estudiante de Enfermería. Universidad Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, e-mail: pcontreras@udca.edu.co; [2] Enfermera M.Sc en Enfermería, Profesora Programa de Enfermería. Universidad Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, e-mail: luvargas@udca.edu.co; [3] Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias. Universidad Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, e-mail: dsanjuanelo@udca.edu.co; [4] Médico, Magíster en Calidad y Gestión Integral, Director de Calidad y Seguridad del Paciente. Fundación Hospital San Carlos, e-mail: juanprobayop@gmail.com; [5] Enfermera M.Sc en Bioética, Profesora Programa de Enfermería. Universidad Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, e-mail: cnino@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 267-273, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La comorbilidad es la existencia de una entidad clínica adicional a una enfermedad bajo estudio, que ocurre durante la hospitalización de un paciente. Genera prolongación en la estancia hospitalaria, impactando sobre la terapéutica, el pronóstico de la enfermedad a mediano y largo plazo y la demanda del servicio en salud. Se realizó un estudio cuantitativo de tipo analítico, retrospectivo. Se revisaron 93 historias clínicas y se aplicó un análisis de varianza, utilizando el lenguaje de programación R, para determinar la prevalencia de diagnósticos de comorbilidad en la población evaluada. Se identificaron 151 diagnósticos de egresos. Las más representativas fueron: Hipertensión Arterial: 10,4%; Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica: 6,1%; Diabetes Mellitus Tipo II: 4,1%; Infección de Vías Urinarias: 3,6%. El análisis de la prevalencia mostró la presencia de 32 diagnósticos que prolongaron la estancia hospitalaria, principalmente: Enfermedad Renal Crónica, Neumonía Asociada al Cuidado de la Salud, Fístula Recto Vaginal, Hipoalbuminemia y Obstrucción Urinaria. La comorbilidad encontrada en pacientes geriátricos hospitalizados en la Fundación Hospital San Carlos corresponde a enfermedades agudas y crónicas de aparición repentina durante la estancia hospitalaria. Su vínculo con los estados de salud iniciales se debe aún establecer.

Palabras clave: Anciano, comorbilidad, enfermedad crónica, hospitalización.

SUMMARY

Comorbidity is the existence of a clinical entity in addition to a disease under study. It occurs during a patient hospitalization and generates longer hospitalization time, impacts therapeutic, medium- and long-term disease prognosis as well as the health service demand. A quantitative study of analytical, retrospective was carried out. Ninety-three medical records were reviewed and a variance analysis, using the programming language R, to determine the prevalence of comorbid diagnoses in the study population was performed. 151 discharge diagnoses were determined, being the most representative: Hypertension 10.4%, Chronic Obstructive Pulmonary Disease 6.1%, Type II Diabetes Mellitus 4.1%, and Urinary Tract Infection 3.6%. The prevalence analysis showed the presence of 32 diagnoses that led to the prolongation of hospital stay. Most importantly: Chronic Kidney Disease, Pneumonia Associated with Health Care, Recto Vaginal Fistula, Hypoalbuminemia, and Urinary obstruction. The data found indicated that comorbidity found in geriatric patients hospitalized in the Hospital San Carlos Foundation, correspond to sudden onset of chronic and acute illness during the hospital staying. Whether they are linked to the initial health status, is to be determined.

Key words: Aged, comorbidity, chronic disease, day care, medical.

INTRODUCCIÓN

El término comorbilidad fue introducido a la medicina por Alvan Feinstein, en 1970, como la existencia de una entidad clínica adicional distinta, que ocurre durante el curso hospitalario de un paciente con una enfermedad bajo estudio (Rosas *et al*. 2011). Karlamangla *et al*. (2007), la definen como el impacto total de la disfunción biológica e, incluyen, no sólo las enfermedades evidentes, sino también procesos subclínicos, que no llegan al diagnóstico de enfermedad por los criterios actuales. Martínez & Gaminide (2011) destacan, además de definir en estos términos la comorbilidad, la importancia de la apropiada cuantificación de la ocurrencia en el paciente anciano.

Para efectos de otros estudios, se define como la presencia de diferentes enfermedades que acompañan, a modo de satélite, a una enfermedad protagonista crónica (Bernabeu *et al*. 2014); sin embargo, el término ha evolucionado y, en la actualidad, se evidencian dos tipos de comorbilidad: la clásica, definida por Feinstein (1970) y la moderna o multimorbilidad, introducida a la literatura científica en los años noventa, como cualquier combinación de una enfermedad crónica con al menos otra enfermedad aguda o crónica, o con un factor psicosocial asociado o no o con un factor somático (Fernández & Bustos, 2016).

Posteriormente, surgen modelos conceptuales de comorbilidad moderna o multimorbilidad, propuestos por Valderas *et al*. (2009) entre otros. Estos modelos tienen la particularidad de ser multicausales e incorporan diversas interrelaciones entre los factores etiológicos, incluidos los determinantes sociales de los padecimientos involucrados en la multimorbilidad. Esta definición, permite tener un punto de referencia conceptual muy distinto, de particular importancia en los adultos mayores (Fernández & Bustos, 2016).

La presencia de más de una afección de salud es muy frecuente en la población anciana, entre el 55 y 98% en personas de más de 60 años, según las series (Laporte, 2012); se incrementa con la edad y ocurre más en las mujeres y en personas con bajos ingresos. Se pueden producir infinidad de combinaciones y se ha intentado realizar una aproximación sobre modelos etiológicos de comorbilidad, analizando la sincronía de las mismas y la interacción etiológica (Laporte, 2012).

En el ámbito asistencial, hace años se ha definido a un grupo de pacientes con alta multimorbilidad, denominándolos pacientes pluripatológicos, en el entorno español o afectos de múltiples condiciones crónicas, en el entorno anglosajón, definiendo, incluso, unos criterios diagnósticos (Boult & Wieland, 2010). La pluripatología hace referencia a aquellos pacientes que presentan dos o más enfermedades y también una especial susceptibilidad y fragilidad clínica. Serviría para identificar a pacientes que, como consecuencia de su enfermedad, presentan un riesgo elevado de caer en la cascada de la dependencia y la discapacidad y aquellos que, aun sin dependencia franca, presentan diferentes enfermedades crónicas, con síntomas continuos y agudizaciones frecuentes (Alonso *et al*. 2013).

Las Enfermedades Crónicas no Trasmisibles (ECNT), se definen como enfermedades con un proceso de evolución prolongada, que no se resuelven espontáneamente y rara vez alcanzan una cura completa. Tiene una etiología múltiple y un desarrollo poco predecible y presentan múltiples factores de riesgo (Robledo & Escobar, 2010). Las ECNT, se pueden presentar a lo largo de la vida, con mayor incidencia en las personas mayores de 65 años, quienes son el grupo etario de mayor crecimiento en los últimos años y, actualmente, representan el 1,3% de la población mundial; en el 2050, se prevé que serán el 4,4%, más de 370 millones de personas (Gómez *et al*. 2014).

La población mundial está envejeciendo a pasos acelerados. Según la OMS, entre 2000 y 2050, la proporción de los habitantes del planeta mayores de 60 años se duplicará, pasando del 11 al 22%. En América, se estima que para el 2020 habrá 200 millones de personas de más de 60 años y esta cifra subirá a 310 millones, en 2050 (OMS, 2016).

El proceso de envejecimiento está constituido por diferentes cambios que son complejos. En el plano biológico, el envejecimiento está asociado con la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares (OMS, 2015); a su vez, sobreviniendo importantes cambios morfológicos y funcionales en los sistemas cardiovascular, renal, nervioso central, muscular y metabolismo de la glucosa, asociados a la edad, aumenta el riesgo de enfermedades crónicas (Salech *et al*. 2012) y sus consecuencias. Por tanto, se reconoce que existen otras características que definen a la morbilidad geriátrica, como la comorbilidad (2 o más enfermedades concomitantes) (Arango *et al*. 2012), que hace imperativa la identificación de ésta en la población, por parte del personal sanitario, permitiendo garantizar la optimización y la calidad de la atención en salud.

Cada año, 30 millones de personas en el mundo mueren por causa de las ECNT. Para el 2012, causaron 38 millones (68%), de los 56 millones de defunciones registradas en el año. Más del 40% de ellas (16 millones) fueron muertes prematuras, ocurridas antes de los 70 años de edad.

Las ECNT son comparadas con una epidemia mundial, dada la morbimortalidad que revela un impacto creciente y desproporcionado, que incide en el desarrollo de los pueblos y genera una mayor demanda de servicios de salud de alta

complejidad y de calidad, para la atención de la población. Es así, como más del 80% de las muertes son causadas por enfermedades cardiovasculares y diabetes y alrededor del 90%, por enfermedades pulmonares obstructivas (OMS, 2014); en Colombia, más de 110 mil personas fallecen por enfermedades crónicas (PAHO, 2015). Según datos estadísticos, las 5 primeras causas de morbilidad en la población mayor de 65 años y más son: enfermedades isquémicas del corazón (21,1%), enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (9,3%), enfermedades cerebrovasculares (8,2%), enfermedad hipertensiva (4,5%) y diabetes mellitus (5,2%) (MinSalud y Protección Social, 2012).

Durante el 2011, en Colombia, se registraron 80.048.565 atenciones; el 93,6% (74.925.456) fueron consultas; el 4,5% (3.602.185), urgencias y el 1,2% (960.582), hospitalizaciones. Asimismo, en la región de Bogotá-Cundinamarca, se atendieron un total de 19.212.629 personas, donde el 84,7% (16.273.096) fueron consultas; el 10,1% (1.940.475), urgencias y el 4,8% (9.22.206), hospitalizaciones; además, produjo el 22% de la mortalidad del país durante el 2010. La principal causa de muerte estuvo relacionada con las enfermedades del sistema circulatorio, que correspondieron el 23,4% (11.940 muertes) de las defunciones de la región (MinSalud y Protección Social *et al.* 2013).

El envejecimiento de la población, la relación de la comorbilidad con la edad y de ambas con la mortalidad, hacen prever que las dimensiones de este problema irán en aumento. Todo ello, conlleva a un incremento en la incidencia y la prevalencia de enfermedades de carácter crónico, un mayor uso de la asistencia sanitaria y una mayor frecuencia de hospitalización (Villarejo & Pancorbo, 2011). Esto representa un desafío para los sistemas de salud, donde las acciones son dirigidas a la reducción de la morbilidad y del alto costo que estas acarrean, convirtiéndose en una prioridad absoluta y una condición necesaria para el desarrollo sostenible de las Naciones.

La Fundación Hospital San Carlos es la primera institución de carácter privado en el país, cumpliendo 68 años de labor; actualmente, se especializa en la atención de nivel I, II, III y IV y cuenta con los servicios de consulta externa, urgencias, hospitalización, cirugía, cuidados intensivos en diferentes especialidades, entre otros. El Hospital dispone de 333 camas, 204 dedicadas al servicio de Medicina Interna, de las cuales, 12 son de aislamiento y 33 para el servicio de Geriatría, manejadas exclusivamente por geriatras (FHSC, 2016), para atender a una población de más de 5.429.827 adultos residentes en la cuidad de Bogotá (Secretaría Distrital, 2015). La FHSC cumple con variadas y complejas misiones, especialmente asistenciales, investigativas y docentes; tiene la visión de ser reconocidos, en el 2018, como el principal Centro de Alta Complejidad del Suroriente de Bogotá y un referente Nacional e Internacional en atención integral del adulto (FHSC, 2016).

Ante este panorama surge la pregunta de esta investigación: ¿Cuál es la comorbilidad asociada en el paciente geriátrico hospitalizado en la Fundación Hospital San Carlos? Los objetivos propuestos fueron: Analizar la comorbilidad en el paciente geriátrico de la FHSC hospitalizado en el 2014 y primer semestre del 2015. Determinar las principales comorbilidades de los pacientes que egresaron del servicio de geriatría e identificar las comorbilidades que generan mayor estancia hospitalaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Es un estudio cuantitativo de tipo analítico, retrospectivo. El método analítico es un camino para llegar a un resultado, mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos (Lopera *et al.* 2010) y según la cronología de los hechos, se utilizó un diseño retrospectivo, donde el investigador observa la manifestación de algún fenómeno (v. dependiente) e intenta identificar, retrospectivamente, sus antecedentes o causas (v. independiente) (Cabrero *et al.* 2015). Se revisaron 2.599 historias clínicas de pacientes, con edades entre 65 y 100 años, quienes egresaron del servicio de geriatría en la Fundación Hospital San Carlos, en el 2014 y primer semestre de 2015.

La metodología para determinar la muestra: Se realizó a partir de muestreo aleatorio simple y la fórmula:

$$n=\frac{k^2\times N\times p\times\left(1-p\right)}{e^2\times\left(N-1\right)+k^2\times p\times\left(1-p\right)}=$$

$$=\frac{1,96^2\times 2599\times 0,5\times\left(1-0,5\right)}{0,1^2\times\left(2599-1\right)+1,96^2\times 0,5\times\left(1-0,5\right)}\approx 93$$

Dónde: k corresponde a la constante asociada a la confiabilidad del 95%; N total de la población; p probabilidad de éxito de encontrar comorbilidad; $1\text{-}p$ probabilidad de fracaso de encontrar comorbilidad; e error de estimación considerado para este caso fue de 10%. Se obtuvieron, de acuerdo a la fórmula, 93 historias clínicas, a partir de una muestra aleatorizada y que cumplían con los siguientes criterios de inclusión para el estudio: Historias clínicas de pacientes mayores de 65 años de edad, que fueron hospitalizados en el 2014 o 2015-I, servicio de egreso Geriatría y la unidad de análisis fueron las historias clínicas de los pacientes hospitalizados durante el 2014-2015-I.

La recolección de la información, se realizó a través de la revisión de las historias clínicas documentadas en el sistema

del hospital HOSVITAL; para acceder a esta información, se obtuvo el aval del Comité de Ética Institucional. Se tuvieron en cuenta los datos de población durante el periodo requerido para, posteriormente, determinar la muestra, objeto de estudio y un registro de pacientes.

La información se consolidó en una plantilla en Excel. El instrumento de captura de las historias clínicas consta de cuatro componentes: datos de identificación del paciente, ingreso a la institución, servicios durante la hospitalización y egreso. La información se organizó en una base de datos, para su posterior análisis.

Para el análisis de la información, se utilizó la técnica de análisis de varianza y se determinó el número de veces del diagnóstico, durante la estancia hospitalaria y el grupo de diagnósticos que reportaban mayor prevalencia durante la estancia del paciente y se realizó a través del lenguaje de programación R Versión R-3.3.1.tar.gz (R Core Team, 2015).

Finalmente, la prevalencia de la información obtenida permitió generar una lista final de diagnósticos de comorbilidad en las historias revisadas.

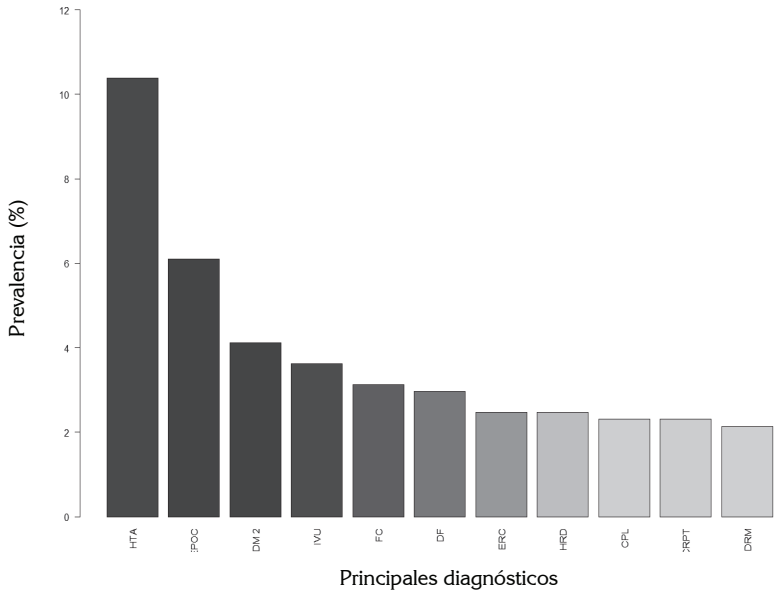
Implicaciones éticas: Se tuvieron en cuenta todas las consideraciones éticas generales subrayados en la Declaración de Helsinki de 1960, acordados por la Asociación Médica Mundial, revisados en octubre del 2000 y promulgados en Colombia, mediante la Resolución Nº 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, por la cual, se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Estudio sin riesgo, se revisaron las historias clínicas y se asignaron códigos, para guardar la confidencialidad de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las historias clínicas revisadas, 51,6% correspondieron a población femenina y un 48,4%, masculina; se encontraron en un rango de edad de 65 a 100 años, con un promedio de 80 años ± 2 años.

De acuerdo a la revisión de las historias clínicas, se analizó la estancia hospitalaria y se determinó el número de veces que los diagnósticos se presentaron durante la misma; se encontraron 151 diagnósticos. La gráfica 1 presenta los once primeros diagnósticos, que corresponden a aquellos que cumplieron con una prevalencia mínima del 2%.

Los principales diagnósticos que presentaron los sujetos de estudio, durante la estancia hospitalaria, corroboran la presencia de tres de los cuatro grupos de enfermedades crónicas no trasmisibles. Estas fueron: los problemas cardiovasculares (HTA, FC y CRPT); enfermedades respiratorias (EPOC) y Diabetes Mellitus (tipo II) y, las demás, generan una prevalencia total mayor a un 40% del total de los diagnósticos de egreso. Diferentes enfermedades correlacionadas por las características de los pacientes de edad avanzada.



HTA: Hipertensión Arterial; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. DM 2: Diabetes Mellitus Tipo II; IVU: Infección de Vías Urinarias; FC: Falla Cardiaca; DF: Dependencia Funcional; ERC Enfermedad Renal Crónica; HRD: Hipotiroidismo; CPL: Cor Pulmonar; CRPT: Cardiopatía; DRM: Delirum.

Gráfica 1. Diagnósticos de mayor prevalencia.

Estos resultados concuerdan con los presentados por Rojas, en un estudio realizado en Perú, con adultos mayores, con rangos de edad similares y patologías infecciosas, neoplásicas y crónicas no transmisibles (Rojas, 2010).

Igual que en el estudio realizado en un Hospital General en Galicia, España, en el que la totalidad de ingresos hospitalarios de los servicios de adultos, entre 2000 y 2009, se identificaron las 25 patologías crónicas más frecuentes: Cardiopatía Isquémica, Insuficiencia Cardíaca, Demencia, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y Cáncer de cualquier localización y determinando las diferentes combinaciones de multimorbilidad (Matesanz *et al.* 2012).

El promedio de la estancia hospitalaria de los pacientes que egresaron del servicio de geriatría de la FHSC fue de 11 ± 2 días. ± Promedio estándar de error. Coincide con lo encontrado en un estudio realizado en un Hospital de Lima, en el que se reportó una estancia hospitalaria de 13,6 días, en el grupo de personas mayores de 60 años (Tello *et al.* 2011), así como en un estudio efectuado en tres hospitales de Venezuela, con promedio de 10 días (Vargas & Hernández, 2007).

Para el presente estudio, se determinó la prevalencia, a través del análisis de varianza, teniendo en cuenta los diagnósticos, cuyo promedio en días significó más del 40% de la estancia hospitalaria, con un resultado de 32 diagnósticos, que provocaron la prolongación de la misma.

Se reportaron, en número de días, los siguientes: Neumonía Asociada al Cuidado de la Salud, Enfermedad Renal Crónica, 22; Fístula Recto Vaginal, Hipoalbuminemia, Obstrucción Urinaria, 21; Discopatía, Distonía Aguda, 16; Hematoma, 15,2; Edema Pulmonar, 15; Lesión Renal Aguda, 14,3; Insuficiencia Cardiaca Congestiva, 14; Gota, Trauma, 13,5; Hidronefrosis, Temblor Esencial, 13; Bacteriemia, 12,5; Hernia, Síndrome Hemolítico, 12; Celulitis, 11,1; Cistotomía, Disfunción Multiorgánica, Neuralgia del Trigémino, 11; Infarto Agudo de Miocardio, 10,7; Secuelas de Accidente Cerebro Vascular, 10,6; Hemorragia de Vías Digestivas, Trombosis Venosa Profunda, 10,3; Aneurisma, Craneotomía, Enfermedad Arterial, Pancreatitis, Parkinson, Paraparesia Espástica, 10.

Las Neumonías Asociadas al Cuidado de la Salud presentaron una prevalencia en la prolongación de la estancia hospitalaria, de 22 días, lo que puede generar el aumento de los costos de hospitalización y de tratamiento que, en general, deberían durar de 7 a 10 días (Munive *et al.* 2013).

Como segundo diagnóstico importante, se evidenció la Enfermedad Renal Crónica ERC. Aunque los diferentes fenómenos que se relacionan con la aparición de daño renal, no son motivo de estudio en esta investigación y no se puede determinar la correlación; se evidencia que hay presencia diagnóstica de estos fenómenos en los datos obtenidos.

El Registro Renal Permanente Kaiser (Sistema Integral de Seguro Médico en California, EE.UU.) reporta que los pacientes con filtrado glomerular más reducido, mostraron una mayor tasa de hospitalización, mayores complicaciones cardiovasculares (cardiopatía coronaria, insuficiencia cardíaca, ictus isquémico y arteriopatía periférica) y mayor mortalidad (Górriz & Otero, 2008).

Según la Sociedad Española de Nefrología, la ERC es una enfermedad predominante en la actualidad y afecta a un porcentaje importante de la población. Se relaciona con fenómenos o enfermedades de alta prevalencia, como el envejecimiento, la hipertensión arterial, la diabetes o la enfermedad cardiovascular. La ERC forma parte, frecuentemente, del contexto de comorbilidad que padecen enfermos seguidos por múltiples especialidades médicas, particularmente, por Atención Primaria, Medicina Interna, Cardiología, Geriatría, Endocrinología y cualquier otra especialidad médica o quirúrgica, que trate pacientes en riesgo de desarrollar ERC, sobre todo aquellos de edad avanzada (Gorostidi *et al.* 2014).

Los datos encontrados en el presente estudio indican que la comorbilidad encontrada en pacientes geriátricos hospitalizados en la Fundación Hospital San Carlos corresponde a aquellas enfermedades agudas y crónicas, de aparición repentina durante la estancia hospitalaria y que no necesariamente se vinculan con los estados de salud iniciales. La comorbilidad observada en la hospitalización de esta población y la identificación de los diagnósticos que prolongan la estancia hospitalaria, generan diferentes retos en la atención en salud.

Los pacientes que son atendidos en la FHSC tienen un alto grado de vulnerabilidad, por el grupo de edad al que representan y son los que más demandan atención en salud, como consecuencia de la comorbilidad y los cambios físicos, psicológicos y de funcionalidad inherentes al proceso de envejecimiento (Villareal & Month, 2012).

De la presente investigación, se concluye que los principales diagnósticos asociados a la comorbilidad de los pacientes que egresaron del servicio de geriatría fueron 151 diagnósticos, de los cuales, prevalecen once, con más del 40%.

Se identificó la presencia de 32 entidades como comorbilidades, que generan mayor estancia hospitalaria. Los diagnósticos de mayor prevalencia fueron enfermedades crónicas, con la ERC y agudas, como la NACS.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes de-

claramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALONSO, P.; BERNABEU, M.; CASARIEGO, E.; RICO, M.; ROTAECHE, R.; SÁNCEZ, S. 2013. Desarrollo de guías de práctica clínica en pacientes con comorbilidad y pluripatología. Sociedades Científicas de España. 1-34. Disponible desde Internet en: http://www.semfyc.es/pfw_files/cma/biblioteca/_DesarrolloGuiasPluripatologia.pdf (con acceso 10/02/2016).

2. ARANGO, V.; PÉREZ, M.; GUTIÉRREZ, L. 2012. Enfermedades crónicas y síndromes geriátricos: impacto en la capacidad funcional. Foro envejecimiento y salud. 1-4. Disponible desde Internet en: http://www.geriatria.salud.gob.mx/descargas/foro/FS_ENFERMEDADES_CRONICAS.pdf (con acceso 08/03/2016).

3. BERNABEU, M.; ALONSO, P.; RICO-BLÁZQUEZ, M.; ROTAECHE, R.; SÁNCHEZ, S.; CASARIEGO, E. 2014. Desarrollo de guías de práctica clínica en pacientes con comorbilidad y pluripatología. Atención Primaria (España). 46(7):1-8.

4. BOULT, C.; WIELAND, G. 2010. Comprenhensive primary care for older patients with multiple chronic conditions. JAMA. 304(17):1936-1943.

5. CABRERO, J.; MARTÍNEZ, M.; MARTÍNEZ, N. 2015. Diseño de la investigación. Disponible desde Internet en: http://www.aniorte-nic.net/apunt_metod_investigac4_4.htm (con acceso el 01/03/2016).

6. FEINSTEIN, A.R. 1970.The pre-therapeutic classification of co-morbidity in chronic diseases. J. Chronic Diseases. 23:455-469.

7. FERNÁNDEZ, J.; BUSTOS-VÁZQUEZ, E. 2016. Multimorbilidad: bases conceptuales, modelos epidemiológicos y retos de medición. Biomédica. 33(4):1-52.

8. FUNDACIÓN HOSPITAL SAN CARLOS –FHSC-. 2016. Fundación Hospital San Carlos. Disponible desde Internet en: http://fhsc.org.co/ (con acceso el 12/02/2016).

9. GÓMEZ, R.; MARTÍNEZ, M.; FORMIGA, F.; ALEMÁN, J.; CAMAFORT, M.; GALVE, E.; LOBOS, J. 2014. Tratamiento de los factores de riesgo vascular en el paciente mayor de 80 años. Medicina Clínica (España). 143(3):133-145.

10. GOROSTIDI, M.; SANTAMARÍA, R.; ALCÁZAR, R.; FERNÁNDEZ-FRESNEDO, G.; GALCERÁN, J.; GOICOECHEA, M.; RUILOPE, L. 2014. Documento de la sociedad española de nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. Nefrología (España). 34(3):302-316.

11. GÓRRIZ, J.; OTERO, A. 2008. Impacto socio sanitario de la enfermedad renal crónica avanzada. Nefrología (España). 28(3):7-15.

12. KARLAMANGLA, A.; TINETTI, M.; GURALNIK, J.; STUDENSKI, S.; WETLE, T.; REUBEN, D. 2007. Comorbidity in older adults: Nosology of impairment, diseases, and conditions. J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 62ª:296-300.

13. LAPORTE, A. 2012. La valoración de la multimorbilidad en personas de edad avanzada. Un área importante de la valoración geriátrica integral. Rev. Española Geriatría y Gerontología. 47(2):47-48.

14. LOPERA, J.; RAMÍREZ, C.; ZULUAGA, M.; ORTIZ, J. 2010. El método analítico cómo método natural. Nómadas. Rev. Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas (Colombia). 25(1):327-353.

15. MARTÍNEZ, N.; GAMINDE, I. 2011. Índices de comorbilidad y multimorbilidad en el paciente anciano. Medicina Clínica. 136(10):441-446.

16. MATESANZ, M.; ÍÑIGUEZ, I.; RUBAL, D.; PÉRTEGA, S.; CONDE, J.; CASARIEGO, E. 2012. Multimorbilidad en los servicios médicos hospitalarios : un problema clínico y de gestión. Medicina Interna (España). 73:15-19.

17. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCION SOCIAL –MINSALUD-; DEMOGRAFÍA, DIRECCIÓN DE EPIDEMIOLOGÍA; ASIS, GRUPO. 2013. Análisis de situación de salud según regiones Colombia. 1-160. Disponible desde Internet en: https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/An%C3%A1lisis%20de%20situaci%C3%B3n%20de%20salud%20por%20regiones.pdf [con acceso el 29/02/2016].

18. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN –MINSALUD-. 2012. Indicadores básicos 2012. Situación de salud en Colombia. Ministerio de salud, (32), 65. Disponible desde Internet en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/Indicadores-basicos-en-salud-2012.pdf (con acceso el 15/02/2016).

19. MUNIVE, A.; ORTIZ, G.; DUEÑAS, C. 2013. Consenso colombiano de neumonía nosocomial. Infectio (España). 17(1):6-18.

20. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2014. Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles, 1-18. Disponible desde Internet en: http://doi.org/ISBN: 978 92 4 156422 9 (con acceso el 19/02/2016).

21. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2015. Informe Mundial sobre el Envejecimiento y la Salud. 2015. Disponible desde Internet en: http://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/ (con acceso el 16/02/2016).

22. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2016. Envejecimiento y ciclo de vida. Disponible desde Internet en: http://www.who.int/features/factfiles/ageing/ageing_facts/es/ (con acceso el 08/02/2016).

23. PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION –PAHO-. 2015. Las enfermedades no transmisibles nuestro reto. Disponible desde Internet en: http://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1756:las-enfermedades-no-transmisibles-ent-nuestro-reto&Itemid=487 (con acceso el 09/03/2016).

24. R CORE TEAM. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponible desde Internet en: https://www.r-project.org/ (con acceso el 11/02/2016).

25. ROBLEDO, R.; ESCOBAR, F. 2010. Las enfermedades crónicas no transmisibles en Colombia. Bol. Observ. Salud (Colombia). 3(4):1-9.

26. ROJAS, D. 2010. Morbilidad y mortalidad del adulto mayor en un servicio de medicina de un hospital general del Perú. Rev. Peruana de Epidemiología. 14(2):99-107.

27. ROSAS, O.; GONZÁLEZ, E.; BRITO, A.; VÁZQUEZ, O.; PESCHARD, E.; GUTIÉRREZ, L. M.; GARCÍA, E. 2011. Evaluación de la comorbilidad en el adulto mayor. Rev. Med. Inst Mex Seguro Soc (México). 49(2):153-162. Disponible desde Internet en: http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2011/im112j.pdf (con acceso el 02/03/2016).

28. SALECH, F.; JARA, R.; MICHEA, L. 2012. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. Rev. Méd. Clínica (Colombia). 23(1):19-29.

29. SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 2015. Aspectos Demográficos. Disponible desde Internet en: http://www.sdp.gov.co/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/ProyeccionPoblacion (con acceso el 05/03/2016).

30. TELLO, T.; VARELA, L.; ORTIZ, J.; CHAVEZ, H. 2011. Estancia hospitalaria y mortalidad en adultos mayores hospitalizados en un hospital general de Lima Metropolitana, 1997-2008. Rev. Med. Hered (Perú). 22(1):23-28.

31. VALDERAS, M.; STARFIELD, B.; SIBBALD, B.; SALISBURY, C.; ROLAND, M. 2009. Defining comorbidity: Implications for understanding health and health services. Ann. Fam. Med. 7:357-363.

32. VARGAS, V.; HERNÁNDEZ, E. 2007. Indicadores de gestión hospitalaria. Rev. Inst. Nal. Enf. Resp. Mex. (México). 13(3):444-454.

33. VILLAREAL, G.; MONTH, A. 2012. Condición socio familiar, asistencial y de funcionalidad del adulto mayor de 65 años en dos comunas de Sincelejo (Colombia). Salud Uninorte (Colombia). 28(1):75-87.

34. VILLAREJO, L.; PANCORBO, P. 2011. Diagnósticos de enfermería, resultados e intervenciones identificadas en pacientes ancianos pluripatológicos tras el alta hospitalaria. Gerokomos (España). 22(4):152-161.

Recibido: Abril 16 de 2016
Aceptado: Agosto 17 de 2016

Cómo citar

Contreras-Acevedo, P.J.; Vargas, L.D.; Sanjuanelo Corredor, D.W.; Robayo, J.P.; Niño Cardozo, C.L. 2016. Comorbilidad del paciente hospitalizado en el servicio de geriatría en la fundación hospital San Carlos. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 267-273.

LA HABILIDAD DE CUIDADO DEL CUIDADOR FAMILIAR EN DIFERENTES REGIONES DE COLOMBIA

CARING ABILITY OF FAMILY CAREGIVER IN DIFFERENT COLOMBIAN REGIONS

Lorena Chaparro-Díaz[1]*, Sonia Patricia Carreño[2], María Stella Campos-de-Aldana[3], Fanny Benavides[4], Carmen Lucía Niño-Cardozo[5], Ruby Mercedes Cardona[6], María Luisa Pinzón[7], Olga Marina Vega[8], María Lucenith Criado[9]

[1] Enfermera, Doctora en Enfermería, Profesora Asociada Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá – Facultad de Enfermería- Grupo de Investigación Cuidado de Enfermería al paciente crónico – Carrera 30 No.45 – 03, Edif. 228, Bogotá, Código Postal: 111321 – Colombia. e-mail: olchaparrod@unal.edu.co; [2] Enfermera, Magister y Doctora en Enfermería, Profesora Auxiliar Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá – Facultad de Enfermería- Grupo de Investigación Cuidado de Enfermería al paciente crónico – Colombia. e-mail spcarrenom@unal.edu.co; [3] Enfermera, especialista en Gerencia Social, especialista en Salud Ocupacional. Magister en Enfermería en Salud Familiar. Docente Titular Programa de Enfermería Universidad de Santander (UDES), e-mail: scamposaldana@hotmail.com; cuidadoenfermeria@udes.edu.co; [4] Enfermera, Especialista en educación. Profesora Titular, Universidad Mariana. e-mail: fannypatriciaba@gmail.com; [5] Enfermera. Magister en Bioética. Especialista en Atención de Enfermería al Paciente Crítico. Docente Programa de Enfermería de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. e-mail: cnino@udca.edu.co; [6] Enfermera. Maestrante de ciencias de la educación. Especialista en medico quirúrgica con énfasis en UCI. Directora de programa de enfermería Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba". e-mail: rubyc_12@hotmail.com; [7] Enfermera. Magister en Enfermería con énfasis en Cuidado Crónico, Magister en Desarrollo educativo y social. Decana Facultad Ciencias de la Salud, Universidad de los Llanos. e-mail: Marialuisa.pinzon@unillanos.edu.co; [8] Enfermera. Magister en Enfermería Cuidado al Paciente Crónico. Docente titular, Programa de Enfermería, Universidad Francisco de Paula Santander. e-mail: olgavega@ufps.edu.co; [9] Enfermera. Magister en Enfermería con énfasis en Salud Familiar. Coordinadora de Investigación Faculta de Ciencias de la Educación y de la Salud de la Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL. mcriado@unisangil.edu.co; *Autora para correspondencia

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 275-284, Julio-Diciembre 2016

RESUMEN

La habilidad de cuidado es un fenómeno de interés en salud, que es susceptible de abordar, como indicador de la atención. Existen algunas similitudes y diferencias reportadas en Colombia y en América Latina, que indican una heterogeneidad; sin embargo, no existe un diagnóstico nacional contundente. El objetivo fue describir el nivel de habilidad de cuidado del cuidador familiar de personas con enfermedad crónica no transmisible (ECNT), en todas las regiones geográficas de Colombia y la relación con las características de los cuidadores. Es un estudio cuantitativo, descriptivo y correlacional. La muestra fue de 2.551 cuidadores familiares. Se utilizó la encuesta de caracterización de la diada y el inventario de habilidad de cuidado de Nkongho. Se encontró mediana y baja habilidad de cuidado en los cuidadores familiares; las dimensiones mejor valoradas fueron conocimiento y valor, mientras que la paciencia fue la más baja. Las regiones geográficas de Colombia presentaron niveles de habilidad similares, excepto la Amazonía, que reveló altos niveles de habilidad en todas las dimensiones. Se encontró una relación lineal negativa entre la habilidad de cuidado con la edad y el estrato y relación lineal positiva entre el tiempo y la habilidad. Se requieren intervenciones educativas para fortalecer la habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica en todas sus dimensiones, especialmente, en la paciencia.

Palabras clave: Enfermedad crónica, familia, aptitud.

SUMMARY

The caring ability is a relevant phenomenon in health field, which can be addressed as healthcare indicator. In Colombia and Latin America, some similarities and differences that indicate heterogeneity do exist, nevertheless, a forceful diagnosis at the national scale is absent. The objective was to describe the caring ability level of the family caregiver of patients with Non communicable Diseases (NCDs) in all Colombian regions in relation to characteristics of caregivers; a quantitative, descriptive, correlational study was carried out. The sample comprised 2551 family

caregivers. The characterization of the dyad survey, and the caring ability inventory, developed by Nkongho, were used. Medium and low caring ability level was found. The slightly affected dimensions were knowledge and value, whereas the patience dimension was the lowest. Geographic regions of Colombia showed similar patterns, except for the Colombian Amazonia, which showed high levels in all the dimensions. A negative linear relationship between caring ability with age and socioeconomic level, and a positive linear relationship between time and ability was found. Educational interventions are needed to strengthen caring ability of the family caregiver of people with chronic disease in all the dimensions, particularly in patience.

Key words: Chronic illness, family, aptitude.

INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Crónicas no Transmisibles (ECNT) han venido en crecimiento y son uno de los temas de interés en salud mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013; 2014) en el mundo, el 63% de la mortalidad general es atribuible a este tipo de enfermedades, 36 millones de personas mueren cada año y cerca del 80% ocurren en países de ingresos medios y bajos, entre los que se encuentra Colombia.

De acuerdo con Barrera *et al.* (2010), la ECNT afectan a quien la padece, generándole diferentes grados de limitación en su funcionalidad, lo que hace que requiera apoyo de un cuidador familiar. Rogero (2010) afirma que el cuidador debe asumir diversas tareas, para las cuales, podría no estar preparado. La experiencia de cuidar a la persona con ECNT y la complejidad que engloba el cuidado brindado crea sobrecarga, según Goldstein *et al.* (2003) y Zambrano & Ceballos (2007); ocasiona, según Björk *et al.* (2005), cambios en el ámbito laboral y financiero; disminuye la calidad de vida, según Braun *et al.* (2007), Bellin *et al.* (2013) y Guiven *et al.* (2012) y genera sentimientos de angustia y de temor, de acuerdo con Flury *et al.* (2011).

El cuidador demanda apoyo en esta experiencia y requiere potencializar las fortalezas individuales. Una de éstas, es la habilidad de cuidado, que ha sido estudiada en varias ciudades de Colombia y de América Latina, a partir de lo planteado por Nkongho (2003), quien reconoce la habilidad de cuidado, como el potencial de cuidado que tienen las personas en situaciones adversas, como la cronicidad de un familiar. Se aborda a partir de la dimensión cognoscitiva y actitudinal y se miden según los componentes de conocimiento, de valor y de paciencia.

Para Nkongho (2003), el conocimiento implica entender quién es la persona que se cuida e incluye tomar conciencia de las propias fortalezas y limitaciones; el valor, se relaciona con la identificación de una red de apoyo y con la forma de tomar decisiones y la paciencia, hace referencia a dar tiempo y espacio para la autoexpresión y exploración y se relaciona con encontrar significado.

Los estudios anteriores fueron realizados por Ramírez (2005) y González (2006), en Norte de Santander; Díaz (2007), en Girardot; Barrera *et al*. (2006b) y (2006c), en Chía y Villavicencio; Montalvo *et al.* (2010), en Cartagena y, más recientemente, por Gélvez *et al.* (2014), Carrillo *et al.* (2014b; 2015), en Bogotá. A nivel de América Latina, específicamente en México, han abordado la habilidad de cuidado Marín *et al.* (2011), Tizoc *et al.* (2012) y Ostiguín-Meléndez *et al.* (2012). Se requiere hacer una descripción global que se constituya en línea base para orientar intervenciones de impacto en Colombia y en sus regiones.

El objetivo del presente estudio fue detallar el nivel de habilidad de cuidado del cuidador familiar de personas con ECNT, en todas las regiones de Colombia y su relación con aspectos característicos de los cuidadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente es un estudio de tipo cuantitativo, descriptivo, correlacional de corte transversal. Se desarrolló en el 2014, en el marco del Programa para la Disminución de la Carga de la Enfermedad Crónica en Colombia, en el que participaron diferentes nodos de la Red Latinoamericana de Cuidado al Paciente Crónico y la Familia, entre los que se encuentran Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Universidad de Santander, Universidad Mariana de Pasto –Departamento Nariño-, Fundación Universitaria de San Gil –Departamento Santander-, Universidad de los Llanos –Departamento Meta-, Universidad Tecnológica del Chocó –Departamento Chocó- y la Universidad Francisco de Paula Santander –Departamento Norte de Santander-.

La muestra estuvo constituida por 2.551 cuidadores familiares de personas con ECNT, en las cinco regiones de Colombia, que propone el Instituto Geográfico Agustín Codazzi: Amazonía, Andina, Caribe, Pacífico y Orinoquía y que coinciden con las características socioculturales definidas por Gutiérrez de Pineda (1975), como tipologías de las familias colombianas (Tabla 1). Se tuvo en cuenta la elaboración de una muestra maestra, es decir, un esquema matricial análogo a un cuadrado latino, basado en submuestras independientes de base común de comparación (intencional), la cual, se realizó a partir de los nodos vinculados al proyecto, en donde cada nodo definía los puntos de observación (instituciones hospitalarias o comunitarias) y se recolectaron los datos, en un periodo de tiempo de 12 meses.

Tabla 1. Distribución de la muestra por región.

REGIÓN	NÚMERO DE CUIDADORES	PORCENTAJE
Amazonía	200	7,8
Andina	2.098	82,2
Caribe	86	3,3
Pacífico	77	3,01
Orinoquía	90	3,52
TOTAL	**2.551**	**100%**

Los criterios de inclusión de los cuidadores familiares eran: cuidar una persona con ECNT por tiempo mayor a un mes, tener un vínculo de cercanía o parentesco con la persona con ECNT, mayor de 18 años de edad, sin dificultades para responder los instrumentos.

La vinculación en el estudio fue voluntaria y se aplicó el consentimiento informado. Este estudio fue avalado por el Comité de Ética de la Facultad de Enfermería de la Universidad Nacional de Colombia y de las universidades que hicieron parte de la Red, que contaban con Comité de Ética; se consideró lo establecido en la Resolución 008430 de 1993, que reglamenta la investigación en Colombia (República de Colombia, MinSalud, 1993) y las pautas éticas internacionales, para la investigación biomédica en seres humanos (CIOMS *et al*. 2012).

Para la recolección de la información, se utilizó la encuesta de caracterización de la diada, persona con enfermedad de crónica-cuidador familiar, planteada por Chaparro *et al*. (2014). La Encuesta consta de 42 ítems y es válida para ser aplicada en el contexto colombiano. Para el presente estudio, se emplearon los ítems correspondientes a la caracterización sociodemográfica; también, se usó el inventario de habilidad de cuidado de Nkongho (2003), válido y confiable en el contexto colombiano. Este instrumento está constituido por 37 ítems, con respuesta tipo Likert, que van de 1 a 7, 1 equivale a totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. Contiene tres subescalas: Conocimiento, con 14 ítems; valor, con 13 y paciencia, con 10. El puntaje total está entre mínimo 37 y máximo 259, con puntos de corte para habilidad de cuidado alta (220,3 o más), media (203,1-220,2) y baja (203 o menos). Para los componentes que la integran: Conocimiento, mínimo 14 y máximo 98 – habilidad de cuidado alta (84 o más), media (76,4-83) y baja (76,3 o menos); valor, con mínimo 13 y máximo 91 – habilidad de cuidado alta (74 o más), media (62,5-73) y baja (62,4 o menos) y paciencia, mínimo 10 y máximo 70 – habilidad de cuidado alta (65,2 o más), media (61-65,1) y baja (60 o menos).

La versión original tiene validez de contenido y reporta una confiabilidad por consistencia interna alfa de Cronbach para cada factor, de 0,71 a 0,84. En la versión en español, el instrumento fue sometido a afinación semántica y a pruebas de validez y de confiabilidad, por parte de la Unión Temporal - UT carga de la enfermedad crónica, en el marco del programa para la disminución de la carga del cuidado de la enfermedad crónica, encontrando que es válido y confiable para ser usado en el contexto colombiano, en cuidadores de personas con enfermedad crónica. El test - re test reportó un coeficiente de correlación de Pearson de 0,80 y alpha de Cronbach, para cada una de las aplicaciones, con valores mayores o iguales 0,89, lo cual, indica que es confiable (aplicación 1 test: 0,89; aplicación 2 re-test: 0,93).

Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de los datos por región y total y correlación de Pearson, entre la habilidad de cuidado y sus componentes, con algunas características sociodemográficas. Para este análisis, se usó el programa SPSS versión 21, bajo la licencia de la Universidad Nacional de Colombia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuidadores colombianos son en su mayoría mujeres, en edades altamente productivas para la sociedad, con medianos y bajos niveles de escolaridad, viven en zonas urbanas, de ocupación hogar y en estratos socio-económicos medio y bajo. Este perfil reafirma lo reportado en el contexto colombiano por Carrillo *et al*. (2014b), López *et al*. (2015) y Carrillo *et al*. (2015), en América Latina, por Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012), Eterovic *et al*. (2015) y, a nivel internacional, por Crespo-López & López-Martínez (2008) y Juratovac & Zauszniewski (2014), lo que indica, una condición de alta vulnerabilidad social por el poco reconocimiento social y pobres políticas dirigidas al mejoramiento de su desarrollo individual y calidad de vida.

De acuerdo con Gaugle *et al*. (2008), los cuidadores presentan una sobrecarga en cuanto al tiempo dedicado en el cuidado y la limitada disponibilidad de apoyo familiar, lo que impide vinculación laboral estable y es más visible en las mujeres cuidadoras (Tabla 2).

Tabla 2. Características del cuidador.

Ítem	Categoría	Número	Porcentaje
Género	Femenino	2.110	82,7
	Masculino	441	17,3
Edad en años	De 18 a 35	1.122	44,0
	De 36 a 59	1.006	39,4
	De 60 a 75	325	12,7
	Más de 75	98	3,8
Grado máximo de escolaridad	Analfabeta	23	0,9
	Primaria Incompleta	421	16,5
	Primaria Completa	365	14,3
	Bachillerato Incompleto	563	22,1
	Bachillerato Completo	296	11,6
	Técnico	358	14,0
	Universidad Incompleta	234	9,2
	Universidad Completa	268	10,5
	Posgrados	23	0,9
Lugar de residencia	Rural	416	16,3
	Urbana	2.135	83,7
Estado Civil	Casado(a)	754	29,6
	Separado(a)	182	7,1
	Soltero(a)	793	31,1
	Unión Libre	728	28,5
	Viudo(a)	94	3,7
Ocupación	Empleado(a)	596	23,4
	Estudiante	189	7,4
	Hogar	1.054	41,3
	Trabajo Independiente	614	24,1
	Otra. ¿Cuál?	98	3,8
Estrato socioeconómico	1	1.245	48,8
	2	885	34,7
	3	364	14,3
	4	49	1,9
	5	6	0,2
	6	2	0,1
¿Es usted el único cuidador?	No	1.206	47,3
	Si	1.345	52,7
Tiempo que lleva como cuidador	0 a 6 meses	304	11,9
	19 a 36 meses	306	12,0
	7 a 18 meses	428	16,8
	Más de 37 meses	1.513	59,3
Dedicación diaria al cuidado en horas	6 o menos	1.270	49,8
	7 a 12	523	20,5
	13 a 24	758	29,7

Aunque el cuidado se considera una labor innata en los seres humanos, en donde la retribución familiar juega un papel importante, existe un gran riesgo de abandono, si no se cuenta con estrategias que reconozcan al cuidador y fortalezcan el vínculo con su familiar, tal como lo sugieren Fulmer *et al*. (2005). Es importante ofrecer apoyo instrumental y social en periodos de descanso o de forma permanente, según lo planteado por Jeon *et al*. (2005).

El nivel de habilidad de cuidado del cuidador, de acuerdo con Lindqvist *et al* (2004) existe la posibilidad que, para afrontar la situación, tenga influencia de género y, por lo tanto, recomienda que se valoren y se midan estas habilidades.

La habilidad de cuidado de los cuidadores colombianos muestra alta variabilidad, especialmente, para la región Pacífica, Caribe y Andina; sin embargo, las regiones Orinoquia y Amazonía presentan los mejores puntajes en la habilidad de cuidado general, siendo esta última la de mejor habilidad en el país (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de la habilidad de cuidado total por región.

Región	Media	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Orinoquía	215,28	215	12	185	247
Amazonia	246,85	259	23	148	259
Caribe	193,67	208	32	82	245
Andina	202,2	205	34	37	259
Pacífico	196,23	212	49	37	259
Colombia	205,69	210	40		

Los resultados generales son similares a lo reportado en los últimos cinco años (Carrillo *et al*. 2014b; Ostiguín-Meléndez *et al*. 2012; López *et al*. 2015), lo que indica que los cuidadores tienen muy poco reconocimiento de su rol, por la disminución de su potencial -como ser humano-, para ser cuidador y resignificarse, lo que genera mayor carga manifestada en poca satisfacción y sentimientos negativos de la experiencia.

En cuanto a la clasificación de la habilidad de cuidado en Colombia, en general, hay una predominancia hacia medio y bajo (63%); sin embargo, las regiones que presentan mejor habilidad son la Amazonia y medianamente la Orinoquía; las regiones Caribe, Andina y Pacífico son las de menor habilidad (Tabla 4).

En cuanto a los niveles en la dimensión de la habilidad de cuidado, la Amazonía presenta una puntación con criterio alto (220,3 o más de acuerdo a la escala), en todas las dimensiones. El conocimiento, se encuentra afectado en las regiones costeras del país, lo que indica que los cuidadores se reconocen como cuidadores, pero existen dificultades asociadas, probablemente, a la falta de apoyo familiar y reconocimiento del rol en la carga del cuidado.

Tabla 4. Clasificación de la habilidad de cuidado por niveles bajo, medio y alto en las regiones.

	BAJO		MEDIO		ALTO		Conocimiento		Valor		Paciencia	
REGIÓN	N.	%	N.	%	N.	%	Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
Orinoquía	15	16	42	47	33	37	87,8	Alto	63,3	Medio	64,2	Medio
Amazonia	13	6	3	2	184	92	93,6	Alto	86,8	Alto	66,4	Alto
Caribe	42	49	31	36	13	15	74	Bajo	68	Medio	51,6	Bajo
Andina	1.007	48	419	20	672	32	80	Medio	64,8	Medio	57,4	Bajo
Pacífico	33	43	14	18	30	39	75,2	Bajo	68,3	Medio	52,7	Bajo
Colombia	1.110	43	509	20	932	37	82,1	Medio	70,2	Medio	58,5	Bajo

Por otro lado, el valor y la paciencia se encuentran afectados en todas las regiones, excepto en la Amazonía, lo que coincide con lo reportado por Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012), Eterovic *et al.* (2015) y Tizoc *et al.* (2012), frente a mejores niveles de paciencia. Givens *et al.* (2012) reconocen que la carga del cuidado limita la toma de decisiones y genera sufrimiento emocional, lo que restringe, de forma importante, la trascendencia de la experiencia en la vida personal de los cuidadores y podría afectar su bienestar. Por otro lado, Sandy *et al.* (2013) afirman que las necesidades de apoyo de los cuidadores relacionadas con la red de apoyo, lo financiero, lo emocional y el acompañamiento en la labor, son elementos clave de los cuidadores familiares de niños con discapacidades físicas.

En la relación entre características sociodemográficas y la habilidad de cuidado, se tuvieron en cuenta las variables sociodemográficas de edad, grado máximo de escolaridad, estrato socioeconómico, tiempo que lleva como cuidador y número de horas que dedica diariamente al cuidado. Se buscó descartar la hipótesis teórica que el perfil del cuidador familiar colombiano, no influye en la habilidad de cuidado. Se utilizó la correlación de Pearson, para valores del inventario de habilidad de cuidado, con la conversión de los datos a variables numéricas (Tabla 5).

Se encontró que, a mayor edad de los cuidadores, existe una mejor habilidad. Los cuidadores jóvenes cuentan con habilidades de afrontamiento y toma de decisiones, que deben ser analizadas a la luz de las demandas de la adversidad actual de la vida, aspecto que es parte de una política pública, con el reconocimiento de cuidadores niños y jóvenes, tal como lo plantea Becker (2007).

Según Eterovic *et al.* (2015), los cuidadores de adultos presentan mayor variabilidad en su habilidad de cuidado general y los cuidadores de personas con discapacidad, mejores puntajes. Llama la atención para Marín *et al.* (2011), la baja habilidad de cuidado reportada en cuidadores de niños con cáncer, lo que indica la necesidad de atender a esta población, que va en aumento, por el patrón epidemiológico asociado.

Por otro lado, el estudio reportó que la habilidad para cuidar no se relaciona con el nivel de escolaridad. Estos resultados difieren de lo reportado por Tizoc *et al.* (2012), quien encontró que a mayor escolaridad menor habilidad. Los resultados del presente estudio son una contribución para la intervención, teniendo en cuenta los hallazgos en el nivel de escolaridad, se podrían aplicar estrategias grupales para mejorar, especialmente, el valor, porque la experiencia vivida es la misma. Como componente de la habilidad, la paciencia si se relacionó en el estudio de Ostiguín- Meléndez *et al.* (2012) con la escolaridad, lo cual, indica un posible riesgo en cuidadores analfabetas de enfrentarse al sufrimiento, así como la percepción negativa de la experiencia.

Pese a que el estrato socioeconómico se suele relacionar con la escolaridad, este estudio muestra una particularidad, porque indica que pertenecer a un estrato socioeconómico alto disminuye la capacidad de toma de decisiones, que se asocia con el valor, como componente de la habilidad de cuidado, lo que puede estar relacionado con mayor exposición al cuidado directo, en cuidadores de estratos bajos.

El tiempo de cuidado –en términos de cuánto lleva como cuidador-, establece una relación lineal con la habilidad de cuidado, es decir, a mayor tiempo de cuidado diario, mayor es la habilidad adquirida por los cuidadores, que coincide con lo reportado por Carrillo *et al.* (2014a).

Tabla 5. Correlación de variables sociodemográficas con habilidad de cuidado.

VARIABLE SOCIODEMOGRÁFICA	Conocimiento		Valor		Paciencia		Total habilidad de cuidado	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Edad en años	-0,116*	0,000	-0,13*	0,000	-0,124*	0,000	-0,127*	0,000
Grado máximo de escolaridad	-0,032	0,287	-0,041	0,163	-0,033	0,274	-,038	0,203
Estrato socioeconómico	-0,047	0,113	-0,071**	0,016	-0,046	0,119	-,058	0,050
Tiempo que lleva como cuidador	0,268*	0,000	0,301*	0,000	0,206*	0,000	0,181*	0,000
Número de horas que dedica diariamente al cuidado	0,168*	0,000	0,183*	0,000	0,164*	0,000	0,178*	0,000

*Significancia estadística p<0,01 (bilateral); **Significancia estadística p<0.05 (bilateral).

En el caso del componente de conocimiento, Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012) y Carrillo *et al*. (2014b), hallaron esta dimensión medianamente afectada; sin embargo, este comportamiento difiere, según Carrillo *et al*. (2014b), en cuidadores de adultos y cuidadores de mujeres mastectomizadas. Adicionalmente, Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012) encontraron buena capacidad para reconocer a quien se cuida y las potencialidades de ser cuidador. Las regiones de Colombia no reportaron diferencias importantes.

En Colombia, el componente valor es similar a lo reportado por Tizoc *et al*. (2012), en México y por Barrera *et al*. (2006a), en Argentina y en Guatemala. Se encontró, que los niveles medios de valor en la región Andina son similares a lo informado en Cúcuta, por Ramírez (2005) y González (2006), así como en Girardot, por Díaz (2007). En la región Orinoquía, se aprecian niveles medios al igual que en el estudio realizado en Villavicencio, por Barrera *et al*. (2006b). En la región Caribe, también se reportan niveles medios, similares al estudio de Montalvo *et al*. (2010), en Cartagena. En general, se observa que este componente tuvo puntajes medios en todas las regiones, excepto en la Amazonía, en donde se presentaron puntajes altos.

Por otro lado, la dimensión de valor, según Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012), se ve medianamente afectada en situaciones de cuidado de una mujer mastectomizada; según Carrillo *et al*. (2015) y Marín *et al*. (2011) es similar en situaciones como cuidador de un niño con cáncer. Tizoc *et al*. (2012) presentan resultados similares en cuidadores de personas con enfermedad renal crónica y Eterovic *et al*. (2015), en cuidadores de personas con discapacidad.

El componente de paciencia presenta gran variabilidad en los estudios de Tizoc *et al*. (2012) y Marín *et al*. (2011), en México y Barrera *et al*. (2006a), en Argentina y en Guatemala, los cuales, reportan un nivel medio; sin embargo, se registraron niveles altos de paciencia, en el estudio de Ostiguín-Meléndez *et al*. (2012), en cuidadores de mujeres mastectomizadas, en México. En la región Andina, se reporta un nivel bajo de paciencia, similar a lo reportado en Cúcuta, por González (2006) y Ramírez (2005) y difiere con lo encontrado en Girardot, por Díaz (2007) y González (2006), en donde se halla un nivel medio. En la Orinoquía, se apreció un nivel medio, similar a lo reportado por Barrera *et al*. (2006b), en un estudio realizado en Villavicencio. En la región Caribe, se evidenció un nivel bajo, que difiere del estudio de Montalvo *et al*. (2010), en Cartagena, quien encontró niveles altos. Estos hallazgos pueden estar asociados a la cultura específica de la región, que genera valoración específica del significado y trascendencia de la labor.

Este estudio pone de manifiesto que la habilidad de cuidado presenta niveles deficientes en Colombia y sus regiones, excepto en la región de la Amazonía. Se requiere mayor investigación en las regiones de la Amazonía y el Caribe; en la primera, porque los resultados son discordantes con las demás regiones frente a aspectos que influyen en tener mejor habilidad para cuidar, quizás de tipo cultural o de afrontamiento a la labor de cuidador y, en la segunda, por encontrar niveles opuestos categorizados en alto y bajo, en la misma población.

Este diagnóstico nacional arroja y valida los datos reportados por la Red Latinoamericana de Cuidado al Paciente Crónico y la familia y otros investigadores sobre el perfil de los cuidadores, por lo que debe ser un insumo social para el reconocimiento político e institucional del cuidador.

Se concluye que la habilidad de cuidado del cuidador familiar colombiano es mediana y baja, lo cual, indica la necesidad de abordar el fenómeno con intervenciones que fortalezcan, no solo el conocimiento de la enfermedad de su familiar, sino que deben impactar sobre el reconocimiento de la labor, herramientas tangibles y precisas para tomar decisiones, sin sentir culpa y la posibilidad de reconocer los aspectos positivos de la experiencia de cuidar. El concepto de conocimiento debe ser revisado y abordado de forma integral, no centrarse solo en la competencia, tal como lo menciona Mohammed *et al*. (2015), sino en la habilidad de conocer en cada etapa del proceso de la ECNT; este puede ser el mejor direccionamiento para las intervenciones en cuidadores familiares.

Es importante mencionar que este diagnóstico coincide con otros estudios realizados en Colombia y algunos países de América Latina, pero también plantea hipótesis alrededor del cuidador joven, estrato socioeconómico, grado de escolaridad, tiempo de cuidado y las características de la cultura amazónica, que pueden ser aspectos para profundizar con otras investigaciones y que influyen en aspectos, como la toma de decisiones y la resignificación de la experiencia. En cuanto al tiempo de cuidado, se requiere de estudios longitudinales, que validen la hipótesis.

Es necesario realizar estudios adicionales que exploren aspectos del contexto que afectan la habilidad de cuidado en las regiones, con mejores porcentajes de población de cuidadores, teniendo en cuenta que este estudio se llevó a cabo con una muestra maestra, que contempla un esquema matricial análogo a un cuadrado latino, basado en submuestras, independientes de base común de comparación y no necesariamente una equiparación porcentual. Esta puede ser una limitación del estudio.

El sistema de salud colombiano no reconoce la labor del cuidador, aunque existen iniciativas aisladas, a través de las instituciones prestadoras de servicios de salud y se requiere

retomar iniciativas de orden jurídico para el reconocimiento de la labor del cuidador, así como de sus necesidades.

El liderazgo de Colombia en el abordaje de la habilidad de cuidado de los cuidadores familiares ha generado un reconocimiento social importante a la labor de estos actores del sistema de salud; no hay puntos de comparación a nivel internacional anglosajón o europeo, en cuanto a la habilidad de cuidado, que sirvan de referencia internacional, dando una oportunidad de establecimiento de redes internacionales.

Agradecimientos: Los investigadores expresan su agradecimiento a los participantes, instituciones y resto de profesionales y estudiantes, quienes apoyaron el desarrollo del estudio en diferentes modalidades. Conflicto de Intereses: El presente manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todas las autoras, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue desarrollado dentro del marco del Programa para la Disminución de la Carga de la Enfermedad Crónica no Transmisible en Colombia. Colciencias Convocatoria 537 de 2011 código 110153730890, Código Hermes: 7872

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA, L.; BLANCO, L.; FIGUEROA, P.; PINTO, N.; SÁNCHEZ, B. 2006a. Habilidad de cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica, Mirada internacional. Aquichan (Colombia). 6(1):22-33.

2. BARRERA, L.; GALVIS, C.; MORENO, M.; PINTO, N.; PINZÓN, M.; ROMERO, E.; SANCHEZ, B. 2006b. La habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica. Un estudio comparativo de tres unidades académicas de enfermería. Rev. Invest. Educ. Enfermería. (Colombia). 24(1):36-41.

3. BARRERA, L.; PINTO, N.; SÁNCHEZ, B. 2006c. Habilidad de cuidado de cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica: comparación de géneros. Actualizaciones en Enfermería. (Colombia). 9(2):9-13.

4. BARRERA, L.; PINTO, N.; SÁNCHEZ, B.; CARRILLO, G.; CHAPARRO, L. 2010. Cuidando a los cuidadores Familiares de personas con enfermedad crónica. Colombia: U. Nacional de Colombia. 360p.

5. BECKER, S. 2007. Global Perspectives on Children's Unpaid Caregiving in the Family. Global Social Policy. 7(1):23-50.

6. BELLIN, M.; KUB, J.; FRICK, K.; BOLLINGER, M.; TSOUKLERIS, M.; WALKER, J.; LAND, C.; BUTZ, A. 2013. Stress and quality of life in caregivers of inner-city minority children with poorly controlled asthma. J. Pediatric Health Care. (USA). 27(2):127-134.

7. BJÖRK, M.; WIBE, T.; HALLSTRÖM, I. 2005. Striving to survive: families' lived experiences when a child is diagnosed with cancer. J. Pediatic Oncology Nursing. (USA). 22(5):265-275.

8. BRAUN, M.; MIKULINCER, M.; RYDALL, A.; WALSH, A.; RODIN, G. 2007. Hidden morbidity in cancer: spouse caregivers, J. Clinical Oncology. (USA). 25(30):4829-4832.

9. CARRILLO, G.; CHAPARRO, L; SÁNCHEZ, B. 2014a. Carga del cuidado en cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica en la región pacífica colombiana. Ciencia y Enfermería. (Chile). 20(2):83-91.

10. CARRILLO, G.; SáNCHEZ, B.; BARRERA, L. 2014b. Habilidad de cuidado de cuidadores familiares de niños y adultos con enfermedad crónica. Index Enfermería. (España). 23(3):129-33.

11. CARRILLO, G.; SÁNCHEZ, B.; BARRERA, L. 2015. Habilidad de cuidado de cuidadores familiares de niños con cáncer. Rev. Salud Pública. (Colombia). 17(3):394-403.

12. CHAPARRO, L.; SÁNCHEZ, B.; CARRILLO, G. 2014. Encuesta de caracterización del cuidado de la diada cuidador familiar-persona con enfermedad crónica. Rev. Ciencia y Cuidado. (Colombia). 11(2):31-45.

13. CIOMS; OMS. 2012. Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos preparadas por el consejo de organizaciones internacionales de las ciencias médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, p.26-40, 72-75.

14. CRESPO-LÓPEZ, M.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. 2008. Cuidadoras y cuidadores: el efecto del género en el cuidado no profesional de los mayores. Bol. sobre Envejecimiento. Perfiles y Tendencias. No. 35. 1ª ed. [Internet]. Madrid: IMSERSO. Disponible desde internet en: http://www.imserso.es/interpresent3/groups/imserso/documents/binario/boletinopm35.pdf (con acceso 15/04/2016).

15. DÍAZ, J. 2007. Habilidades de cuidado de los cuidadores familiares de personas en situación de enfermedad crónica vinculados al hospital San Rafael de Girardot Family care provider´s care capability. Avan. Enfermería. (Colombia). 25(1):69-82.

16. ETEROVIC, C.; MENDOZA, S.; SÁEZ, K. 2015. Habilidad de cuidado y nivel de sobrecarga en cuidadoras/es informales de personas dependientes. Enfermería Global versión On-line. (España). 14(38):235-248. Disponible desde internet en: http://revistas.um.es/eglobal/article/viewFile/198121/174111 (con acceso 10/01/2016).

17. FLURY, M.; CAFLISCH, U.; ULLMANN-BREMI, A.; SPICHIGERM, E. 2011. Experiences of parents with caring for their child after a cancer diagnosis. J. Pediatric Oncology Nursing. 28(3):143-153.

18. FULMER, T.; PAVEZA, G.; VANDEWEERD, C.; FAIRCHILD, S.; GUADAGNO, L.; BOLTON-BLATT, M.; NORMAN, R. 2005. Dyadic vulnerability and risk profiling for elder neglect. The Gerontologist. 45(4):525-534.

19. GAUGLER, J.; GIVEN, W.; LINDER, J.; KATARIA, R.; TUCKER, G.; REGINE, W. 2008. Work, gender, and stress in family cancer caregiving. Supportive Care in Cancer. 16(4):347-357.

20. GÉLVEZ, J.; ARIAS, S.; CÁRDENAS V. 2014. Habilidad del cuidador de pacientes con patología crónica discapacitante en casa, Rev. Médica Sanitas. (Colombia). 17(1):15-23.

21. GIVENS, J.; LOPEZ, R.; MAZOR, K.; MITCHELL, S. 2012. Sources of stress for family members of nursing home residents with advanced dementia. Alzheimer Disease and Associated Disorders. (USA). 26(3):254-259.

22. GOLDSTEIN, N.E.; CONCATO, J.; FRIED, T.R.; KASL, S.V.; JOHNSON-HURZELER, R.; BRADLEY, E.H. 2003. Factors associated with caregiver burden among caregivers of terminally ill patients with cancer. J. Paliative Care. (Canada). 20(1):38-43.

23. GONZÁLEZ, D. 2006. Habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas en situación de enfermedad crónica por diabetes Mellitus. Avances Enfermería. 24 (2):28- 37.

24. GUIVEN, B.; GUIVEN, C.; SHERWOOD, P. 2012. The challenge of quality cancer care for family caregivers. Seminars in Oncology Nursing. (USA). 28(4):205-212.

25. GUTIÉRREZ DE PINEDA, V. 1975. Familia y cultura en Colombia; tipologías, funciones y dinámica de la familia: Manifestaciones múltiples a través del mosaico cultural y sus estructuras sociales. Ed. U. de Antioquia. 528p.

26. JEON, Y.H.; BRODATY, H.; CHESTERSON, J. 2005. Respite care for caregivers and people with severe mental illness: literature review. J. Advanced Nursing. 49(3):297-306.

27. JURATOVAC, E.; ZAUSZNIEWSKI, J. 2014. A. Full-time employed and a family caregiver: A profile of women's workload. Effort and Health. 24(2):187-196.

28. LINDQVIST, G.; HÅKANSSON, A.; PETERSSON, K. 2004. Informal home caregiving in a gender perspective: A selected literature review. Vard Nord Utveckl Forsk. 24(4):26-30.

29. LÓPEZ, D.; RODRÍGUEZ, L.; CARREÑO, S.; CUENCA, I.; CHAPARRO, L. 2015. Cuidadores de pacientes en diálisis peritoneal: experiencia de participar en un programa de habilidad de cuidado. Enfermería Nefrológica. (España). 18(3):189-195.

30. MARÍN, G.; ALARCÓN, M.; RAMÍREZ, M. 2011. Habilidad de cuidado del cuidador informal del niño con leucemia. Enlaces Académicos. (México). 4(1):38-43.

31. MOHAMMED, H.J.; KAMEL, A.A. 2015. The Effect of Home Caregiving Program for Family Members Providing Care for Chronically Ill Relative Client. J. Education Practice. 6(22):18-21.

32. MONTALVO, A.; BADRÁN, Y.; CAVADÍA, C.; MEDINA, E.; MÉNDEZ, K.; PADILLA, C.; RUIDÍAZ, K. 2010. Habilidad de cuidado de cuidadores familiares principales de pacientes con ACV. Rev. Cient. Salud Uninorte. 26(2):212-22.

33. NKONGHO, N. 2003. The caring ability inventory. En: Strickland, O.; Diloro, C. (eds). Measurement of nursing outcomes. USA. 3:184-98.

34. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2013. 10 datos sobre las enfermedades no transmisibles. Disponible desde Internet en: http://www.who.int/features/factfiles/noncommunicable_diseases/es/ (con acceso 27/01/2016).

35. OSTIGUÍN-MELÉNDEZ, R.M.; RIVAS- HERRERA, J.C.; VALLEJO- ALLENDE, M.; CRESPO- KNOPFLER, S.; ALVARADO- AGUILAR, S. 2012. Habilidades del cuidador primario de mujeres mastectomizadas. Invest. Educ. Enfermería. 30(1):9-17.

36. RAMÍREZ, M. 2005. Habilidad de cuidado de los cuidadores principales de pacientes con cáncer gastrointestinal. Avances en Enfermería. 23(2):7-17.

37. REPÚBLICA DE COLOMBIA –MINISTERIO DE SALUD-. 1993. Resolución N°008430 Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Disponible desde Internet en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf (con acceso 20/01/2014).

38. ROGERO, J. 2010. Las consecuencias del cuidado familiar sobre el cuidador: Una valoración compleja y necesaria, Index de Enfermería. (España). 19(1):47-50.

39. SANDY, P.T.; KGOLE, J.C.; MAVUNDLA, T.R. 2013. Support needs of caregivers: case studies in South Africa. Int Nurs Rev. 60(39):344-350.

40. TIZOC, A.; UZETA, J.; PERAZA, M.; MEDRANO, F.; VALDEZ, S. 2012. Nivel de habilidad del cuidador familiar en el cuidado a pacientes con enfermedad renal crónica del servicio UNEME del hospital general de Culiacán, Rev. Médica UAS. (México). 3(2):14-22.

41. WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2014. Noncommunicable diseases country profiles 2014. Suiza: WHO Library Cataloguing in Publication Data. 207p.

42. ZAMBRANO, R.; CEBALLOS, P. 2007. Síndrome de carga del cuidador. Rev. Col. Psiquiatría. 36:26-39.

Recibido: Febrero 3 de 2016
Aceptado: Octubre 14 de 2016

Cómo citar:

Chaparro-Díaz, L.; Carreño, S.P.; Campos-de-Aldana, M.S.; Benavides, F.; Niño-Cardozo, C.L.; Cardona, R.M.; Pinzón, M.L.; Vega, O.M.; Criado, M.L. 2016. La habilidad de cuidado del cuidador familiar en diferentes regiones de Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 275-284.

CUIDANDO DEMONIOS, VAMPIROS, HOMBRES LOBOS Y ZOMBIS A LO LARGO DE LA HISTORIA ENTRE LA REALIDAD Y LA FANTASÍA

CARING DEMONS, VAMPIRES, WEREWOLVES AND ZOMBIES IN HISTORY BETWEEN REALITY AND FANTASY

Andrés Camargo-Sánchez[1]

[1] RN.MSN. Estudiante Doctorado en Ciencias de la Salud, Profesor Programa de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, calle 222 No. 55-37, e-mail: andcamargo@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 285-295, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Las enfermedades son tan antiguas como el hombre y cada enfermedad presenta una variedad propia de signos y de síntomas, que se ven reflejados en lo físico y en lo mental. Tienen, además, unas repercusiones sociológicas, dependiendo de sus manifestaciones clínicas, el estado del conocimiento actual, la ciencia y la religión, que las tratan de explicar. El objetivo a lo largo de este artículo es contrastar y reflexionar acerca de las explicaciones místicas y científicas de varias enfermedades, que atormentaron a quienes las padecían y a las sociedades, por el desconocimiento que existía hacia ellas y las consecuencias que trajo para quien las padecía. A partir de conceptos definidos por el autor, asociando mitos y enfermedades, se realizó una búsqueda sistemática y temática de literatura científica, donde como resultado, se encontró que esta asociación generó una época de irracionalismo y superstición a lo largo de la historia del hombre, desde la antigüedad hasta la actualidad. Se analizó la depresión y la ansiedad, la epilepsia, la parálisis del sueño, la porfiria, la hipertricosis, la licantropía clínica y la rabia, donde se encontró que estas enfermedades, por su cuadro clínico, dieron lugar a explicaciones erradas y místicas, que llevaron a la sociedad a aislar, rechazar y actuar, de manera violenta, hacia las personas que las sufrían, fomentando mitos, cuentos y leyendas, que fueron reforzados y trasmitidos de generación en generación, en el folclor por la tradición oral, la literatura, el arte y, actualmente, por el cine, la televisión y la Internet.

Palabras clave: Enfermedades, historia, magia, creencias, ciencias de la salud.

SUMMARY

Diseases are as old as human beings, every disease has a variety of signs and symptoms that are reflected in the physical and mental state, they also have sociological implications depending on their clinical manifestations and the explanations that science and religion gave to why these individuals were affected. The purpose throughout this paper it will be contrasted and reflected the mystical and scientific explanations of different diseases that have plagued humanity through history and the ignorance society have towards them. Concepts were stated by the authors based in mystical and medical explanations, guided methodology an exhaustive literature review using databases, this association generated an era of irrationality and superstition from ancient times to present times. Depression, anxiety, epilepsy, sleep paralysis, porphyria, hypertrichosis, clinical lycanthropy and rabies will be analyzed. Base on their clinical picture, which resulted in erroneous and mystical explanations that led society to isolate, reject and act violently towards patients suffering from these diseases. At the same time society created myths, tales and legends that were reinforced and transmitted from generation to generation by oral tradition, folklore, literature, art and now by films, television and internet.

Key words: Disease, History, Magic, Belief, Health Sciences.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano siempre se ha visto amenazado por dolencias que generan miedo e incertidumbre y en su afán de buscarle explicaciones lo ha llevado por caminos de herradura o caminos sin salida, donde, generalmente, las únicas explicaciones que encuentran son de tipo metafísico, mágico, fantástico y divino, las cuales, emergen frente a las manifestaciones clínicas y que se atribuyen al demiurgo creador, a espíritus o fuerzas sobrenaturales, que son más poderosos que la ignorancia humana. Las enfermedades no son ajenas a estas explicaciones y libros, como la Biblia, el Corán, el Talmud y los libros chinos e hindúes, que

dan explicaciones y curas para las mismas (López-Moreno *et al*. 2000). De acuerdo con Pavía-Ruz *et al*. (1998), algunas veces, en culturas ancestrales, existía un grupo selecto de personas que, a través de su capacidad de sugestión, iniciaron las primeras prácticas curativas, mediante el uso de conjuros, empleo de pócimas y otros artificios, retando a esa ignorancia y buscando hacer frente a la patología.

Muchas patologías somáticas y psiquiátricas, que ahora se comprenden mejor, también sucumbieron a estas explicaciones y tratamientos, que por la complejidad de los signos, los síntomas y las manifestaciones clínicas, así como los comportamientos de quien las padece, han hecho que se creen de manera rápida y repetida, actitudes de estigmas y de rechazo a quien las sufre, hasta la actualidad (Maier *et al*. 2015; Seeman *et al*. 2015). Se mitifican y se les dan visos malévolos, demoniacos y oscuros, que son reforzados por la literatura, la religión, la música, la pintura y el cine, y se refuerzan estereotipos e imaginarios acerca de alguna patología, a través de la historia.

El objetivo de este artículo es describir algunas de las patologías que han atormentado, de manera singular, la existencia humana, en alguna época específica de la historia, lo que ha ocasionado miedo y terror, por el desconocimiento del curso natural de la enfermedad, la falta de tratamiento y lo deletéreo de sus signos, sus síntomas, por su asociación al mal, a demonios y monstruos.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de conceptos definidos, se realizó una búsqueda sistemática, con el fin de extraer datos relevantes (Lefebvre *et al*. 2013) y temática de literatura científica publicada, relacionada con mitos, magia, demonios, vampiros, hombres lobos y zombies, enfermedades, depresión y ansiedad, epilepsia, parálisis del sueño, porfiria, hipertricosis, licantropía clínica y rabia, en bases de datos, como Pubmed, Medline, Scielo y Google Académico. El análisis, se realizó por parte del autor, experto en el tema de ciencia y arte aplicado al área de la salud. Para abstraer información relevante para este artículo, se tomó en cuenta una clasificación preliminar de artículos y se buscaron enlaces entre conceptos de mitos y de enfermedades, lo que permitió encontrar las explicaciones religiosas, místicas, mágicas y sobrenaturales, para luego contrastarlas con las descripciones de las entidades clínicas, a las que correspondían.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Demonios y santos. Desde la época de Jesucristo, como se puede leer en la biblia, específicamente en el libro de Marcos, él expulsaba espíritus malignos, que habitaban en los hombres, que venían desde las tumbas, con cadenas en las manos y hierros en los pies; vagaban por colinas y cuevas de día y de noche, siempre gritando y cortándose con piedras y a quienes después de la mediación de Jesucristo, los vieron sentados, vestidos y en sano juicio, se asombraron ante los eventos y se preguntaban ¿qué era en realidad estos fenómenos?

Ansiedad y depresión. Actualmente, se entiende que los trastornos mentales eran atribuidos a espíritus, posesiones demoniacas y pecados. Aunque es poca la información científica, la creencia en demonios –como la causa de enfermedades mentales-, es un fenómeno bien conocido. En muchas culturas del mundo, aún se cree en la posible causalidad de algunas de estas patologías, como resultado de la influencia de espíritus malignos, siendo etiquetado como posesiones demoniacas; por ejemplo, pacientes que padecen trastornos de ansiedad y esquizofrenia son tratados en rituales de exorcismo (Pfeifer, 1994; Mohr & Huguelet, 2004).

Epilepsia. Otra entidad clínica muy común y conocida desde épocas inmemorables que se asociaba a posesiones demoniacas y fuerzas sobrenaturales fue la epilepsia, una interpretación apoyada por la historia del milagro de la curación del niño que convulsionaba, que se registra en tres evangelios de la biblia; sin embargo, se han dado muchas otras interpretaciones. La epilepsia, como consecuencia de hacer el mal o de las influencias lunares o mágicas y que se maneja con tratamientos basados en magia o religión, son situaciones que persisten en la modernidad (Gross, 1992; Eadie, 1993). En 1487, dos monjes dominicos publicaron un libro sobre brujas, titulado Malleus Maleficarum, en donde se decía que se habían identificado a las brujas, porque presentaban crisis convulsivas, como consecuencia de la epilepsia, como enfermedad de base. Esta afirmación, se cree costó la vida de entre cien mil y un millón de mujeres, quienes fueron quemadas en la hoguera (Nakken & Brodtkorb, 2011); otras medidas comunes era someter al paciente a exorcismos, donde eran heridos y algunos de ellos murieron (Figura 1) (Franco-Rubio, 2009). Con el avance científico en el diagnóstico y el tratamiento, se tiene una mejor comprensión sobre la epilepsia, lo cual, ha mejorado considerablemente sus consecuencias sociales en el último siglo, aunque este conocimiento no está lo suficientemente popularizado en la población en general (Owczarek & Jędrzejczak, 2013).

Es importante considerar que entre los signos de la epilepsia, principalmente la que se origina en el lóbulo temporal, se encuentran las experiencias religiosas, durante los estados convulsivos: sensación de perfecta armonía, presencia de Dios y un estado de éxtasis y delirios, que pueden durar varios días (Devinsky & Lai, 2008; Brodtkorb & Nakken, 2015). En la actualidad, existe cierta evidencia científica que un número de personas religiosas, incluyendo profetas, santos y fundadores de iglesias, pudieron haber tenido convulsiones origi-

Figura 1. “San Francisco de Borja y el moribundo impenitente”. Goya, 1788.

nadas por alteraciones del lóbulo temporal, probablemente, con grandes repercusiones en la religión y la literatura, como se conocen en la actualidad (Nakken & Brodtkorb, 2011).

Parálisis del sueño. Hoy por hoy, ha cobrado importancia la frecuencia, la connotación cultural y su asociación a espíritus, los fenómenos paranormales que experimentan las personas, al quedarse dormidas o al despertar, con manifestaciones, como inmovilidad de brazos, piernas, cabeza, no poder hablar y, muchas veces, la percepción de una sombra humana. Experimentan una opresión en el pecho y dificultad para respirar, esta situación puede durar algunos segundos o varios minutos y tiene características aterradoras al sentir, ver y escuchar presencias demoniacas, que los tocan y hacen que leviten en sus cuartos (Glrard & Cheyne, 2004; Hinton *et al*. 2005).

Esta situación es una entidad clínica bastante común y benigna, denominada –clínicamente- parálisis del sueño, que consiste en que la persona experimenta una parálisis mientras que el sistema sensorial está activo en la fase que se pasa del sueño a la vigilia, situación que es acompañada de alucinaciones (Jalal & Ramachandran, 2014); su fisiopatología está relacionada con la hipotonía normal, que se percibe durante el sueño y, aparentemente, por un cambio disfuncional existente en el mecanismo que controla la parálisis motora normal del estado de sueño de movimientos oculares rápidos (REM) (Núñez, 2012) y esta situación clínica, se asocia a estrés, deprivación y hábitos irregulares de sueño o la posición al dormir (Huamaní *et al*. 2006). Se estima que entre el 40 y 50% de las personas lo han experimentado al menos una vez en su vida y, de acuerdo a la cultura, se ha asociado a espíritus, demonios, brujas y, recientemente, a abducciones extraterrestres (McNally & Clancy, 2005; Perez-Perez *et al*. 2010).

Este fenómeno ha inquietado a la humanidad y se refleja en la pintura. La Pesadilla (Figura 2) (Harris, 2004), en la que un espíritu de la mitología nórdica atormentaba y sofocaba a mujeres traviesas, generando una morbosa opresión en el pecho durante la noche, se asoció a castigos divinos, por malos comportamientos en la vigilia (Vargas & Camargo Sánchez, 2011). Siendo esta obra de arte una ilustración de un tema que tiene interés para las ciencias de la salud porque es de común incidencia, mucho tiempo después de que fuera plasmada en esta pintura se describió, por la medicina, dando claridad de su causa, signos, síntomas y tratamientos (Schneck, 1969).

Vampiros. Seres que particularmente aterrorizaron la Europa medieval por su poder y maldad, que se caracterizaban por una fuerza sobrehumana, inmortalidad, consumo de carne, sangre humana, fobia a la luz, así como la capacidad de convertirse en murciélago o, en neblina, durante las noches. Entre las medidas para combatir estos seres, se encontraba usar un collar de ajos, puesto que a estos seres los ahuyentaba su olor (Olivares-Merino, 2006; González-Treviño & García Guerrero, 2008; Nad, 2016); sin embargo, hubo un vampiro en particular que llamó la atención por su extrema crueldad, conocido como Vlad el Empalador o Drácula, quien en realidad era Vlad Tepes Dracul, príncipe de Rumania (1431-1476), quien se caracterizaba por usar el empalamiento como método de tortura a sus enemigos y beber su sangre (Arriagada *et al*. 2009). Los vampiros han atormentado por siglos a la humanidad y han causado curiosidad, llevándolos a ser inmortalizados en la literatura, con la novela del escritor irlandés Bram Stoker, en 1897, que luego fue llevada al cine, por el director Francis Ford Coppola y protagonizada por Gary Olman ganando varios premios Óscar, entre ellos a mejor maquillaje, por recrear las características físicas de estos seres.

Al igual que en el libro, se describe su fisionomía: su cara era muy fuerte, aguileña, con un puente muy marcado sobre la fina nariz y sus ventanas peculiarmente arqueadas; con una frente alta y despejada y el pelo gris que le crecía escasamente alrededor de las sienes, pero profusamente en otras partes; sus cejas eran muy espesas, casi se encontraban en el entrecejo, y con un pelo tan abundante que parecía encresparse por su misma profusión; la boca, por lo que podía ver de ella bajo el tupido bigote, era fina y tenía una apariencia más bien cruel, con unos dientes blancos característicamente agudos, que sobresalían sobre los labios, cuya notable rudeza mostraba una singular vitalidad, en un hombre de su edad. En cuanto a lo demás, sus orejas eran pálidas y extremadamente puntiagudas en la parte superior; el mentón era amplio y fuerte, y las mejillas firmes, aunque delgadas y la tez era de una palidez extraordinaria (Stoker, 2014). Como

Figura 2. “La pesadilla”. Henry Fuseli, 1781.

se observa en este relato y en la película, se pueden percibir una serie de signos y síntomas que más que un monstruo muestran a una persona enferma.

Porfiria. A pesar que Vlad Tepes Dracul murió en batalla, su fisonomía permite sospechar que pudo haber padecido una rara enfermedad hematológica, denominada porfiria, que es un trastorno metabólico causado por deficiencias en la actividad de las enzimas que participan en la biosíntesis del grupo hemo. Estas alteraciones enzimáticas conducen a la sobreproducción y la acumulación de los metabolitos intermedios, porfirinas y precursores, que son sustrato de las enzimas deficitarias (Rossetti *et al*. 2007), que explicaría algunas características vampirescas, como hipertricosis y encías retraídas, cuyo aspecto aparenta la existencia de colmillos, junto a una rara coloración de los dientes, conocida como eritrodoncia y otras alteraciones dentarias (Figura 3).

Además, se acompaña de anemia con rubicundez labial y palidez facial subsecuentes; fotosensibilidad en la piel y las mucosas, que provoca fotofobia, situación que, junto con el sonambulismo, obligaría a desarrollar hábitos nocturnos (González-Treviño & García Guerrero, 2008); también, por ser una enfermedad con un componente genético autosómico recesivo, que era potenciada por matrimonios incestuosos, situación común en la nobleza europea de la época. Una explicación razonable a su crueldad y maldad puede radicar en el rechazo social y malos tratos a los que eran sometidos, junto a un componente siquiátrico, que podía desarrollar (Lorenzo *et al*. 2014). Pero ¿por qué el ajo ahuyentaba a los vampiros? La respuesta radica en la capacidad de ciertos compuestos de esta planta, para inducir unas enzimas que agravan aún más la anemia y el daño grave de la piel cuando hay exposición a la luz solar (Maas & Voets, 2014).

Es irónico, que el folclor alimentara la idea que, para la supervivencia de los vampiros, se aprovechara de las personas bebiendo su sangre, cuando, en la actualidad, uno de los tratamientos más usados para el control de la porfiria es la flebotomía constante (Mlacker *et al*. 2015).

Hombres lobo. También conocido como licántropo, del griego *lukos*, que significa lobo y *anthropos*, hombre, una criatura legendaria presente en muchas culturas independientes a lo largo del mundo, siendo tan común y universal en el folclor, la literatura y el cine, como los vampiros. Otro concepto importante que aparece en los relatos es la capacidad de convertirse en hombre lobo, con pelo en todo el cuerpo bajo la influencia de la luna llena. Trasformación que resultaba dolorosa y donde actuaban más por instinto, ganando el temperamento animal, enajenando la razón de sus actos y buscando saciar su apetito, basado en el consumo de carne humana y pequeños animales (de Sousa, 2013).

Hipertricosis. Es un grupo de patologías relativamente raras y que son conocidas desde hace siglos. Consiste en un aumento excesivo de lanugo, pelo velloso o terminal que aparece de manera independiente de la edad, raza o sexo y que afecta zonas del cuerpo, no dependientes de estímulos androgénicos. Muchos de los que la padecían eran asociados

Figura 3. Aspecto de colmillos en un paciente con porfiria, generados por los cambios en la coloración de los dientes y en la estructura de las encías.

a hombres lobos (Figura 4) o expuestos en circos, siendo el más conocido el ruso Theodoro Petrov, apodado Jo Jo, el niño cara de perro o Sky Terrier; además, han sido representados en el arte y en la escultura de la edad media y el renacimiento (Sigall *et al*. 2011).

Entre las causas más comunes, se encuentran las genéticas, congénitas, neoplasias benignas o malignas y efectos secundarios a algunos medicamentos o la anorexia nerviosa (Katritzky, 2014; Pavone *et al*. 2015; Rampon *et al*. 2016); dentro de las complicaciones de esta patología, se deben tener en cuenta las implicaciones estéticas y cosméticas. Es necesario realizar una buena historia clínica, para suministrar un tratamiento adecuado al paciente, incluyendo, la eliminación del vello con láser (Trüeb, 2008), con el propósito de disminuir la estigmatización, que hacían que estos pacientes salieran en la noche como lobos (Bénézech & Chapenoire, 2005), aunque las medidas de rechazo, en esta época, no son tan violentas como en la antigüedad.

Figura 4. Similitudes entre la descripción del hombre lobo y la hipertricosis a) Película "El hombre lobo" (1941) (Waggner, 2016); b) Caso de hipertricosis congénita lanuginosa (BBC Mundo, 2016).

Licantropía clínica. Es una entidad siquiátrica, descrita por primera vez en el siglo XVII, como una forma de locura; sin embargo, en los siglos XIX y XX, los reportes de casos son extremadamente raros (Fahy, 1989). La licantropía es una creencia inusual o ilusión que la persona que la padece se ha transformado en un animal y adquieren comportamientos o sentimientos acordes a tal creencia. Generalmente, los delirios licantrópicos se asocian a trastornos depresivos mayores, con síntomas psicóticos; estos delirios son agudos y rápidamente reversibles y están influenciados por el entorno cultural del paciente (Khalil *et al*. 2012); sin embargo, ninguna de las entidades clínicas, anteriormente descritas, aclara la influencia de la luna en los llamados hombre lobo.

Una posible hipótesis de este fenómeno, se presenta desde la fisiología y el comportamiento humano y de los animales, que están sujetos a ciclos estacionales, lunares y circadianos. Los ritmos circadianos y estacionales han sido bastante estudiados; no obstante, se sabe poco acerca de los efectos del ciclo lunar en animales (Molaee Govarchin Ghalae *et al*. 2011) y la evidencia de estas asociación en el ser humano, es débil. Recientemente, se reportó una duración menor del sueño en luna llena en dos pequeñas muestras de adultos y se ha asociado con una mayor prevalencia de problemas de sueño, de convulsiones, de eventos cardiovasculares, de comportamientos antisociales y de problemas mentales (Foster & Roenneberg, 2008; Molaee Govarchin Ghalae, 2011; Sjödin *et al*. 2015).

Aunque no está claro el efecto de la luna en la fisiología humana y con la creencia que así era, se podría explicar sobre el principio que el cuerpo humano contiene 80% de agua y que la luna ejerce su influencia, como las mareas, debido a su gravedad. Se destacan dos puntos en esta hipótesis: primero, las fuerzas gravitacionales que generan las mareas dependen de la distancia entre la tierra y la luna, no en la alineación de la luna, la tierra y el sol; lo que genera las fases lunares, donde la luna llena no significa un efecto gravitatorio específico en la tierra y segundo, la gravedad es una fuerza muy débil, se sabe que la luna influye en las mareas oceánicas y que no produce las mareas en los cuerpos de agua más pequeñas, tales como lagos e, incluso, algunos mares y, mucho menos, en un ser humano (Foster & Roenneberg, 2008).

Zombis. Las personas que vuelven de la muerte, los llamados muertos vivientes y que en la actualidad ocupan un lugar especial en la nuestra cultura occidental, por las series de televisión que abordan este tema y que son de gran audiencia mundial, con una fascinación mórbida, que se ha extendido a lo largo de los siglos.

El origen de zombis, se remonta al folclor de varias tribus en África occidental, quienes durante el comercio de esclavos, de finales del siglo XVI y hasta el XVIII, migraron a América, para cultivar plantaciones en el caribe y servir en las colonias europeas, que traían con ellos la cultura de la magia del vudú y los hechizos, que se conserva hasta hoy, principalmente, en el oeste de África, Haití, Nueva Orleans y algunos lugares de las islas del caribe, estrechamente relacionado con la esclavitud y la represión (Nasiruddin *et al*. 2013). Se puede asociar a personas sin alma, que se dedicaban a trabajos forzados.

En el folclor haitiano, se cree que los brujos tienen el poder de dividir el cuerpo del alma o de traer nuevamente a la vida a quien ha fallecido, por medio de rituales, pócimas y rezos especiales, generando un ente que controlan a voluntad; no obstante, se describe al zombi como un ser en estado de estupor, sin brillo en la mirada, con un andar torpe, con vocalizaciones y movimientos repetitivos simples (Littlewood & Douyon, 1997) y con sus tejidos en descomposición.

Esta descripción ha sido ampliamente difundida al presente, a través del famoso video clip Thriller, de Michael Jackson, en 1985, en la película de terror La noche de los muertos vivientes, del director Tom Savini, en 1990, la serie de televisión The Walking Dead, estrenada en el 2000, que describe un mundo post apocalíptico, en el que un grupo de humanos tratan de sobrevivir a los zombis salvajes; sin embargo, hay una película protagonizada por Brat Pitt y estrenada en el 2013, llamada Guerra mundial Z, donde surge una epidemia en todo el mundo, de rápida propagación, de un agente patógeno que convierte a las personas en zombis y se contagian por la mordedura de uno infectado. Esta película muestra, principalmente, el miedo que, hoy por hoy, se tiene no solo a los zombis, sino a agentes biológicos infecciosos de gran patogenicidad y de fácil contagio, que en cuestión de horas puede infectar varios lugares del mundo. Los alcances de la medicina, en cuanto a prevención de enfermedades, aún están insipientes, como ha ocurrido con ciertos agentes biológicos, como el ántrax, el H1N1, el ébola y, actualmente, el zika, que atemorizan al mundo contemporáneo, como en su tiempo lo hicieron muchos de los personajes que hasta ahora se han descrito, llevando este tema a la especulación, elucubración y el miedo acerca de la mutación de cepas de agentes infecciosos, que puedan acabar con la especie humana. Para poner en contexto esta situación y facilitar la explicación de contagio, manifestaciones clínicas y tratamiento, se va describir la enfermedad de la rabia, que comparte similitudes con la descripción de los llamados zombis en la actualidad (Tabla 1) (Nasiruddin *et al*. 2013).

La rabia. Es una patología descrita desde hace más de 4.000 años, tal vez por su cuadro clínico tan impresionante y bizarro; esta patología ha sido ampliamente descrita por grandes historiadores y médicos de la antigüedad (Schneider & Santos-Burgoa, 1994; Toro & Raad, 1997). Es una patología zoonótica infecto-contagiosa de origen viral, caracterizada por una infección aguda del sistema nervioso central. El medio de contagio más común es por la mordedura de un animal contagiado, primera similitud con los zombis y el periodo de incubación, en promedio, es de tres semanas. Dentro de los signos y los síntomas, se puede encontrar ansiedad, obnubilación, desorientación, agitación, dificultad para la deglución, taquicardia, reflejos exagerados o disminuidos, insomnio, alucinaciones, delirio y convulsiones y, algunas veces, sialorrea, trismus, cefalea y, con menor frecuenta, alguna tendencia a morder (Toro & Raad, 1997), como una segunda similitud con los zombis.

En 2008, en Bali, Indonesia, se sacrificaron aproximadamente 50.000 perros en cinco días, después de un brote de rabia, lo que ocasionó grandes críticas y controversias. Resultado de ello, se llevó a cabo la vacunación masiva; es la tercera y cuarta similitud con un posible apocalipsis zombi. La rápida propagación y la eliminación –como medio de control-, donde los humanos supervivientes que no tengan la capacidad de vacunación masiva es sacrificar a los zombis, como la única opción, para garantizar su supervivencia (Nasiruddin *et al*. 2013). El tratamiento es paliativo y sintomático, con lo que se busca evitar el sufrimiento innecesario al paciente y la vacunación. Hasta ahora no se han reportado casos de contagio entre personas.

Cada época tiene su locura particular y la sociedad y las ciencias de la salud, no son ajenas a esto. A través de este artículo, se realizó una descripción histórica para dilucidar, desde

Tabla 1. Comparación de zombis, según lo reportado en el folclor y la epidemiología de la rabia (Nasiruddin *et al*. 2013).

Característica	Zombis	Rabia
Susceptibilidad	La infección humana requiere un ambiente de ficción apocalíptica	Requiere ambiente con animales infectados, como perros o murciélagos
Causa	Virus-T (virus ficticios), otros virus, patógenos desconocidos	Mononegavirales
Medio de trasmisión	Mordeduras y rasguños; patógenos desconocidos; contagio humano- humano; 100% de efectividad	Mordeduras; saliva infectada con el virus de la rabia; contagio animales a humanos
Virulencia	Las víctimas mueren y se convierten en muertos vivientes	Las víctimas mueren y quedan muertos
Síntomas	Fiebre, escalofríos, pérdida de cabello y pigmentación, alteraciones de la marcha	Delirio, ansiedad, estrés, alucinaciones, espasmos musculares, convulsiones
Métodos de control	Evitar la mordida de los zombis existentes y destruir la cabeza de los zombis	Evitar mordeduras de perros y los murciélagos; profilaxis post-exposición

un punto de vista científico, diferentes patologías que han atormentado a la humanidad, desde la antigüedad hasta la actualidad, que se combinan entre la fantasía y la realidad, causando miedo, caos, terror, violencia y, ante todo, un desconocimiento de sus causas, explicándolas, generalmente, de manera errada, lo que ha conducido a un aislamiento y rechazo de quien las padece.

Vale la pena la pregunta: ¿Quiénes son en realidad los verdaderos monstruos?, ¿quiénes la padecen o la sociedad que los excluye, los juzga y actúa algunas veces de manera violenta hacia quien las padece? Es deber de los profesionales y científicos de la salud explicar, desmitificar y humanizar aquellas patologías, junto con sus causas, trasmisión, signos y síntomas, que causan deformaciones, mutilaciones, comportamientos no aceptados socialmente, puesto que estas personas requieren cuidados y curación especial. Generalmente, las repercusiones de una patología son psicológicas y fisiológicas y el paciente necesita explicaciones para asumir su proceso de enfermedad.

Las enfermedades también tienen repercusiones sociológicas: la afección de los pacientes influye en la conducta de las sociedades en que viven, pero su rechazo o aceptación también modula la vivencia personal de la enfermedad (Baños, 2003); en nuestros días, al igual que en la antigüedad, se juzgan y se discriminan las personas enfermas y un ejemplo claro es quienes padecen VIH-Sida, que aún tienen un estigma social y se tratan a veces como monstruos, donde se ven aun las enfermedades como castigo divino (Camargo Sánchez & Gutiérrez-Díaz, 2011). Lo mismo sucede con los trastornos psiquiátricos.

CONCLUSIONES

Implicaciones para la práctica y la docencia en ciencias de la salud. Conocer la historia de las enfermedades no solo desde un punto de vista fisiopatológico, sino desde lo cultural y sociológico, permite agudizar al médico y a la enfermera la denominada pericia clínica, que consiste en el proceso de actuación de los profesionales de la salud relacionada con la atención del paciente. Sus componentes son la información clínica obtenida, las percepciones, los razonamientos, los juicios, los procedimientos utilizados, las decisiones y las intervenciones que se aplican.

Esta pericia clínica debe iniciar con el término “ojo clínico”, que consiste en la capacidad que poseen algunos profesionales de la salud para realizar diagnósticos rápidos y certeros (Gudiol Munté, 2006), basados, generalmente, en los signos, en lo que se puede observar al examen físico, en los síntomas y en lo subjetivo que refiere el paciente; sin embargo, para agudizar esta capacidad de diagnóstico no solo es necesario el conocimiento en las ciencias biológicas y las ciencias biomédicas, también se hace indispensable conocer cómo los signos y los síntomas de muchas enfermedades han sido descritos popularmente, pasando por la literatura, la poesía, la pintura, la música, el cine y la televisión, lo que permite ver la situación desde el lado de la gente común y corriente, a través de la historia, donde las explicaciones intuitivas, místicas, mágicas y religiosas estaban al orden del día (Baños, 2003; Barbado-Hernández, 2007; Ciuffolini *et al*. 2007).

Además, desde la experiencia del autor, conocer los signos y los síntomas de muchos procesos biológicos, por medio de la literatura, la música y el arte (Camargo Sánchez & Vargas, 2011; Vargas & Camargo Sánchez, 2011; Vargas Vargas & Camargo Sánchez, 2013), permitirá ser mejores docentes, al contar con suficientes elementos pedagógicos, para los procesos de enseñanza; sobresalientes profesionales de la salud, al identificar, por medio del discurso del paciente, sus dolencias y afecciones y excelentes seres humanos, al valorar la historia y enriquecer el espíritu.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado por el autor, quien declara que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIAGADA, R.; GÓMEZ, J.; SANTANA, R.; MARTEL, K.; MORALES, C. 2009. Empalamiento tóraco-abdominal: Reporte de un caso. Rev Chil. Cir. 61(4):366-369.

2. BAÑOS, J.E. 2003. El valor de la literatura en la formación de los estudiantes de medicina. Educ. Méd. 6(2):37-43.

3. BARBADO HERNÁNDEZ, F.J. 2007. Medicina y literatura en la formación del médico residente de medicina interna. An. Med. Interna. 24(4):195-200.

4. BBC Mundo. 2016. La dura vida de la familia lobo de México - BBC Mundo. [online] disponible en: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/07/140711_mexico_familia_lobo_msd (con acceso 25/01/2016).

5. BÉNÉZECH, M.; CHAPENOIRE, S. 2005. Lycanthropy: Wolf-men and Werewolves. Acta Psychiatr Scand. 111(1):79.

6. BRODTKORB, E.; NAKKEN, K.O. 2015. The relationship between epilepsy and religiosity illustrated by the story of the visionary mystic Wise-Knut. Epilepsy Behav. 46:99-102.

7. CAMARGO SANCHEZ, A.; VARGAS, A. 2011. Ritmos circadianos: una realidad compleja implícita en algunas obras literarias. Actual. Enferm. 14(2):42-47.

8. CAMARGO-SÁNCHEZ, A.; GUTIÉRREZ-DÍAZ, D.P. 2011. Cuidar es también aprender a escuchar. Arch Memoria. 8(1):11-14.

9. CIUFFOLINI, M.B.; DIDONI, M.; JURE, H.; PINERO, A. 2007. Cine y literatura como elementos para la mediación pedagógica: Una experiencia desde la medicina familiar. Arch. Medicina Familiar. 9(3):142-145.

10. de SOUSA, G.M. 2013. Licantropia nos percalços da História. Miguilim. 2(1):57-67.

11. DEVINSKY, O.; LAI, G. 2008. Spirituality and religion in epilepsy. Epilepsy Behav. 12(4):636-643.

12. EADIE, M.J. 1993. The understanding of epilepsy across three millennia. Clin. Exp. Neurol. 31:1-12.

13. FAHY, T.A. 1989. Lycanthropy: a review. J. R. Soc. Med. 82(1):37-39.

14. FOSTER, R.G.; ROENNEBERG, T. 2008. Human responses to the geophysical daily, annual and lunar cycles. Curr Biol. 18(17):R784-R794.

15. FRANCO-RUBIO, G.A. 2009. Introducción: historiar la vida cotidiana en la España moderna. Cuadernos de Historia Moderna. Anejos. (8):11-30.

16. GIRARD, T.A.; CHEYNE, J.A. 2004. Spatial characteristics of hallucinations associated with sleep paralysis. Cogn Neuropsychiatry. 9(4):281-300.

17. GONZÁLEZ-TREVIÑO, J.L.; GARCÍA GUERRERO, C.J. 2008. Vlad Tepes Dracul, Drácula y la fotofobia. Med Univer. 10(38):47-49.

18. GROSS, R.A. 1992. A brief history of epilepsy and its therapy in the Western Hemisphere. Epilepsy Res. 12(2):65-74.

19. GUDIOL MUNTÉ, F. 2006. "Ojo clínico" y evidencia científica. Rev. Fundación Educ. Médica. 9(Número Extraordinario 1):21-23.

20. HARRIS, J.C. 2004. The nightmare. Arch Gen Psychiatry. 61(5):439-440.

21. HINTON, D.E.; PICH, V.; CHHEAN, D.; POLLACK, M.H. 2005. The ghost pushes you down: sleep paralysis-type panic attacks in a Khmer refugee population. Transcult. Psychiatry. 42(1):46-77.

22. HUAMANÍ, C.; MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, C.; REYES, A. 2006. Prevalencia y presentación de la parálisis del sueño en estudiantes de Medicina Humana de la UNMSM. An. Fac. med. 67(2):168-172.

23. JALAL, B.; RAMACHANDRAN, V.S. 2014. Sleep paralysis and "the bedroom intruder": The role of the right superior parietal, phantom pain and body image projection. Med. Hypotheses. 83(6):755-757.

24. KATRITZKY, M.A. 2014. A wonderfull monster borne in Germany': hairy girls in medieval and early modern German book, court and performance culture. Ger. Life Lett. 67(4):467-480.

25. KHALIL, R.B.; DAHDAH, P.; RICHA, S.; KAHN, D.A. 2012. Lycanthropy as a culture-bound syndrome: a case report and review of the literature. J. Psychiatr. Pract. 18(1):51-54.

26. LEFEBVRE, C.; GLANVILLE, J.; WIELAND, L.S.; COLES, B.; WEIGHTMAN, A.L. 2013. Methodological developments in searching for studies for systematic reviews: past, present and future? Syst. Rev. 2:78. DOI: http://dx.doi.org/10.1186/2046-4053.

27. LITTLEWOOD, R.; DOUYON, C. 1997. Clinical findings in three cases of zombification. Lancet. 350(9084):1094-1096.

28. LÓPEZ-MORENO, S.; GARRIDO-LATORRE, F.; HERNÁNDEZ-AVILA, M. 2000. Desarrollo histórico de la epidemiología: su formación como disciplina científica. Salud Publ. Mex. 42(2):133-143.

29. LORENZO, C.B.; DE DIEGO, M.C.; ALDEHUELO, R.S.; ALONSO, C.V.; TAPIA, A.G. 2014. Porfirias y vampirismo. Más dermatología. 22:16-21.

30. MAAS, R.P.; VOETS, P.J. 2014. The vampire in medical perspective: myth or malady? QJM. 107(11):945-946.

31. MAIER, T.; MOERGELI, H.; KOHLER, M.; CARRARO, G.E.; SCHNYDER, U. 2015. Mental health professionals' attitudes toward patients with PTSD and depression. Eur. J. Psychotraumatol. 6. doi:http://dx.doi.org/10.3402/ejpt.v6.28693.

32. MCNALLY, R.J.; CLANCY, S.A. 2005. Sleep paralysis, sexual abuse, and space alien abduction. Transcult Psychiatry. 42(1):113-122.

33. MLACKER, S.; SHAH, V.V.; ALSAIDAN, M.; NOURI, K. 2015. Victorian vampires validated—the similarities between a legendary creature and a dermatologic pathology. JAMA Dermatol. 151(11):1225.

34. MOHR, S.; HUGUELET, P. 2004. The relationship between schizophrenia and religion and its implications for care. Swiss Med. Wkly. 134:369-376.

35. MOLAEE GOVARCHIN GHALAE, H.; ZARE, S.; CHOOPANLOO, M.; RAHIMIAN, R. 2011. The lunar cycle: effects of full moon on renal colic. Urol. J. 8(2):137.

36. NAD, J. 2016. Sava Savanović: el primer vampiro serbio y los muertos vivientes de los Balcanes. Balajú. 3:116-121.

37. NAKKEN, K.O.; BRODTKORB, E. 2011. Epilepsy and religion. Tidsskr Nor. Laegeforen. 131(13-14):1294-1297.

38. NASIRUDDIN, M.; HALABI, M.; DAO, A.; CHEN, K.; BROWN, B. 2013. Zombies--a pop culture resource for public health awareness. Emerg. Infect. Dis. 19(5):809-813.

39. NÚÑEZ, J.E. 2012. Parálisis del Sueño. Synapsis. 3(2):14-18.

40. OLIVARES-MERINO, E.M. 2006. El vampiro en la Europa medieval: el caso inglés. Cuad. CEMYR. 14:205-232.

41. OWCZAREK, K.; JĘDRZEJCZAK, J. 2013. Christianity and epilepsy. Neurol. Neurochir. Pol. 47(3):271-277.

42. PAVÍA-RUZ, N.; CEBALLOS-QUINTAL, J.M.; MEDINA-ESCOBEDO, C.; ORDOÑEZ-DURÁN, A.; RÍOS-RODRÍGUEZ, H. 1998. Magia, religión y medicina. Rev. Biomed. 9:192-198.

43. PAVONE, P.; PRATICÒ, A.D.; FALSAPERLA, R.; RUGGIERI, M.; ZOLLINO, M.; CORSELLO, G.; NERI, G. 2015. Congenital generalized hypertrichosis: the skin as a clue to complex malformation syndromes. Ital. J. Pediatr. 41(1):1-8.

44. PEREZ-PEREZ, H.; PÉREZ-LORENSU, P.J.; DE JUAN-HERNÁNDEZ, P. 2010. Hypnopompic sleep paralysis with hallucinations and exploding head (corrected) syndrome: an infrequent association. Rev. Neurol. 51(4):255-256.

45. PFEIFER, S. 1994. Belief in demons and exorcism in psychiatric patients in Switzerland. Br. J. Med. Psychol. 67(3):247-258.

46. RAMPON, G.; HENKIN, C.; SOUZA, P.R.; ALMEIDA, H.L. Jr. 2016. Infantile generalized hypertrichosis caused

by topical minoxidil. An. Bras. Dermatol. 91(1):87-88.

47. ROSSETTI, M.V.; PARERA, V.E.; MELITO, V.A.; BATLLE, A. 2007. Porfiria congénita eritropoyética en la Argentina: 4 niños y un caso de manifestación tardía. Acta Bioquím. Clín. Latinoam. 41(3):359-367.

48. SCHNECK, J.M. 1969. Henry Fuseli, nightmare, and sleep paralysis. JAMA. 207(4):725-726.

49. SCHNEIDER, M.C.; SANTOS-BURGOA, C. 1994. Tratamiento contra la rabia humana: un poco de su historia. Rev. Saúde Pública. 28(6):454-63.

50. SEEMAN, N.; TANG, S.; BROWN, A.D. 2015. World survey of mental illness stigma. J. Affect. Disord. 190:115-121.

51. SIGALL, D.A.; SALAS-ALANÍS, J.C.; BEIRANA, A.; ARENAS, R. 2011. Hipertricosis: sus causas, formas clínicas y manejo. Dermatología CMQ. 9(1):35-44.

52. SJÖDIN, A.; HJORTH, M.F.; DAMSGAARD, C.T.; RITZ, C.; ASTRUP, A.; MICHAELSEN, K.F. 2015. Physical activity, sleep duration and metabolic health in children fluctuate with the lunar cycle: science behind the myth. Clin. Obes. 5(2):60-66.

53. STOKER, B. 2014. Drácula 1897. Bram Stoker. Versión en español. Disponible desde Internet en: https://books.google.com.co/books?isbn=9876345125 (con acceso 25/01/2016).

54. TORO, G.; RAAD, J. 1997. Rabia. Biomédica. 17(1):18-26.

55. TRÜEB, R.M. 2008. Hypertrichose. Hautarzt. 59(4):325-338.

56. VARGAS VARGAS, R.A.; CAMARGO-SÁNCHEZ, A. 2013. Ritmos circadianos presentes en la danza de la vida: "de la concepción a la muerte". Actual. Enferm. 16(2):35-42.

57. VARGAS, R.; CAMARGO-SÁNCHEZ, A. 2011. El sueño un fenómeno biológico inspirador de arte. Actual Enferm. 14(4):34-39.

58. WAGGNER, G. 2016. El Hombre Lobo (1941). [online] FilmAffinity. Disponible desde Internet en: http://www.filmaffinity.com/es/film965463.html (con acceso 25/01/2016).

Recibido: Abril 8 de 2016
Aceptado: Octubre 6 de 2016

Cómo citar:

Camargo-Sánchez, A. 2016. Cuidando demonios, vampiros, hombres lobo y zombis a lo largo de la historia entre la realidad y la fantasía. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 285-295.

CARACTERIZACIÓN DEL BANCO ACTIVO DE SEMILLAS EN CULTIVOS DE ZANAHORIA DEL MUNICIPIO DE VILLA PINZÓN (CUNDINAMARCA)

CHARACTERIZATION OF THE ACTIVE SEED BANK IN CARROT CROPS IN THE MUNICIPALLITY OF VILLA PINZÓN (CUNDINAMARCA)

Zulma Catherine Cardenal Rubio[1], David Fernando Torres Hernández[2], Mónica Yadira Dotor Robayo[3], Ana Cruz Morillo Coronado[4]

[1] Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Fisiología Vegetal. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, Grupo Manejo Biológico de Cultivos (GMBC) UPTC, Tunja, Colombia, Diag 58 N° 3 A 21, Santa Ana, Tunja (Boyacá), e-mail: zulma.cardenal@uptc.edu.co.com; [2] Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Fisiología Vegetal, Docente. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Grupo de investigación de Ecofisiología Agrícola Tropical, Calle 173 A N° 20ª – 32, interior 8 apto 327, Bogotá (Cundinamarca), e-mail: mollisol89@hotmail.com; [3] Ingeniero Agrónomo, M.Sc Fisiología Vegetal. cPh.D. Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, e-mail: mydotorr@unal.edu.co; [4] Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Fitomejoramiento, Docente FACIAT. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, Cra 8ª N° 45ª-33, apto 303, Los Cristales, Tunja (Boyacá), e-mail: ana.morillo@uptc.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 297-306, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La caracterización de la comunidad de malezas asociadas a cultivos permite monitorear el efecto de las actividades humanas sobre los ecosistemas, además de ser base para el establecimiento de estrategias de manejo eficientes. Con el objetivo de caracterizar el banco activo de semillas de dos fincas dedicadas a la producción de zanahoria en el municipio de Villa Pinzón, se recolectaron muestras a tres profundidades; se llevaron al invernadero de la Uptc, donde se mantuvieron a capacidad de campo, para que germinaran las semillas presentes. Cada 15 días, se identificaron las especies emergentes, el número de especies presentes por matero y número de individuos por especie, con el fin de establecer parámetros como coeficiente de Jaccard e índices de diversidad, dominancia y de valor de importancia IVI. Se encontró un total de ocho especies pertenecientes a seis familias (Polygonaceae, Poaceae, Asteraceae, Leguminosae, Chenopodiaceae, Capparidaceae). Para las dos fincas, el índice de diversidad alcanzó un valor máximo de 1,28, mientras que para el de dominancia Simpson, los valores ascendieron a 1; la especie *Polygonum segetum* registró el IVI más alto, con valores entre 0,32-0,93, además de una abundancia relativa de 0,7 y 0,5, para las dos fincas. El valor para el coeficiente de Jaccard fue de 0,55, indicando que hay similitud en la comunidad de malezas en los primeros 30cm. Luego de 135 días, se observó un agotamiento de poblaciones emergentes. Se concluyó que *P. segetum es* la especie más persistente en tiempo y en las profundidades evaluadas.

Palabras clave: Diversidad, dominancia, similitud, *Polygonum segetum*.

SUMMARY

The characterization of weed community associated to crops allows to monitor the effect of human activities on ecosystems, besides being the basis for the establishment of efficient management strategies. With the objective to characterize the active seed bank of two farms dedicated to carrot production in the municipality of Villa Pinzón, samples were taken at three depths (0-15; 15-30 y 30- 45cm), carried to the UPTC greenhouse where they were kept at moisture field capacity to germinate the seeds present; emerging species were identified every 15 days, also the number of species present by recipient and the number of individuals per species, were counted in order to apply parameters as the Jaccard coefficient, the diversity index, the dominance and the importance of value IVI value. A total of eight species belonging to six families were registered (Polygonaceae, Poaceae, Asteraceae, Leguminosae, Chenopodiaceae, Capparidaceae). For the two farms the diversity index reaches a maximum value of 1.28, while for the dominance Simpson the values amounted

to 1. The species *Polygonum segetum* recorded the highest IVI values between 0.32 to 0.93, along with a relative abundance of 0.7 and 0.5 for the both properties. The value for the Jaccard coefficient, was 0.55 indicating that there is similarity in the weed community in the first 30cm. After 135 days a depletion of the emerging populations was observed. It was concluded that *P. segetum* is the most persistent weed in time and in the depths evaluated.

Key words: Diversity, dominance, similarity, *Polygonum segetum*.

INTRODUCCIÓN

La zanahoria *(Daucus carota* L.) es una especie de zonas templadas, pero se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, especialmente, en clima frio (Méndez & Richmond, 2010); el cultivo, se ha extendido en casi todo el mundo (SIPSA, 2015), con una producción superior a los 14 millones de toneladas (Méndez & Richmond, 2010). Colombia es el cuarto país productor de Suramérica, con 300.000t, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) y los departamentos de Cundinamarca, de Boyacá, de Nariño y de Antioquia aportan más del 98% de la producción total; en el 2013, se sembraron cerca de 5.000 hectáreas, de las cuales, el 53% se realizaron en Cundinamarca, seguido por los otros tres departamentos mencionados (SIPSA, 2015).

El rendimiento del cultivo disminuye por efecto de malezas asociadas, que interfieren con las actividades agrícolas y han sido definidas como plantas que presentan riesgos actuales o potenciales para sus intereses económicos; además, se reconocen por generar daños a los cultivos especies que cuentan con habilidades competitivas que garantizan su permanencia en los agroecosistemas (Zimdahl, 2007); dicha competencia en asociaciones cultivo- maleza está dada por diversos factores, como agua, luz, nutrientes y espacio. En este contexto, la presión de selección influencia la aparición de algunas de las características que las hace más exitosas, entre éstas, la capacidad de reproducirse, colonizar, invadir e infestar nuevas áreas (Fujisaka *et al*. 2000); las malezas poseen métodos de dispersión primaria y secundaria, que permiten que las semillas tengan una distribución, tanto vertical como horizontal en el suelo. A ese conjunto de semillas que contribuye con el establecimiento de estas poblaciones en el agro-ecosistema, se le denomina banco de semillas de malezas (Murphy & Swanton, 2003; Nuñez *et al*. 2014).

Estos bancos son la primera fuente de regeneración y de mantenimiento de la vegetación en los agro-ecosistemas; se sabe que el establecimiento de las malezas está determinado por la cantidad de semillas viables en el suelo y se estima que se presentan hasta 1.000.000 semillas m^2 con alto potencial de germinación (Mortimer, 2002). Los bancos de semillas de malezas en el suelo, se pueden clasificar como transitorios y persistentes. Los primeros, representados por semillas de poaceas, especies que por su ciclo de vida germinan en el mismo año en el que se producen y no persisten en el suelo por más de un año y, los segundos, compuestos por semillas de especies que ocupan un amplio rango de hábitats que persisten por más tiempo, dado que tienen algún tipo de latencia (Acosta & Agüero, 2001).

La distribución vertical de las semillas en el banco está dada por las características físicas del suelo, tamaño de semillas, por el tipo y frecuencia de labranza; en este sentido, Keblawy & Bhatt (2015) afirman que la densidad de semillas disminuye, pero su viabilidad es mayor a grandes profundidades. Desde el punto de vista de protección a los cultivos, los objetivos del manejo de malezas, según Zimdahl (2007), deben ir enfocados a disminuir el daño causado por la malezas y la densidad de estas poblaciones a niveles tolerables, e intentar que la composición de sus comunidades sean lo menos agresivas posibles; entonces, la comprensión de la biología y de la dinámica de estas plantas, constituye el primer paso para el establecimiento de un manejo integrado de malezas (Radosevich & Ghersa, 2007), más aún cuando su presencia en campos de cultivo es el reflejo de las prácticas culturales en sistemas agrícolas (Gámez *et al*. 2014).

Los estudios de biodiversidad aportan parámetros para analizar una comunidad y son de utilidad para medir y monitorear el efecto de las actividades humanas sobre ecosistemas (Melo & Vargas, 2003). La biodiversidad, a nivel de especies vegetales, puede ser medida por la diversidad alfa, que aporta información acerca de la riqueza específica y la distribución de las mismas, dentro de una comunidad. Los indicadores de biodiversidad son base para la toma de decisiones de manejo, además de constituir un sistema de alerta temprana, que puede predecir el comportamiento de una comunidad en el tiempo (Moreno, 2001). Dentro de los índices más empleados para el análisis de agro-ecosistemas se encuentran: el índice de dominancia -Simpson-, índice de equidad -Shannon Wiener-, que evalúan qué tan homogénea o biodiversa es una comunidad; el de similitud -coeficiente de Jaccard-, que expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes y el índice de valor de importancia (IVI), que permite asignar una categoría a cada especie, de acuerdo a su importancia relativa (Tauseef *et al*. 2012).

Los estudios con relación al comportamiento de las poblaciones de malezas en el agroecosistema son importantes, pues son base para el establecimiento de programas de manejo eficiente; de igual forma, aportan información de las pérdidas en producción causadas por efecto de la competencia. En este sentido, Dotor Robayo & Cabezas Gutiérrez (2015) reportan que el cultivo de zanahoria libre de malezas puede alcanzar una producción por hectárea de 45,524t, mientras

que cuando la planta compite por recursos, como agua con malezas, se evidencian pérdidas de hasta un 42,95%, razón por la cual, es apremiante continuar con investigaciones que den cuenta de cuáles son las especies que acompañan el cultivo, investigaciones que incluyan estudios de biodiversidad y que permitan medir y monitorear el efecto de las actividades humanas sobre el desarrollo y evolución de estas poblaciones en los agroecosistemas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el banco de semillas, a tres profundidades, en dos fincas productoras de zanahoria, en el municipio de Villa Pinzón, Cundinamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se llevó a cabo en el municipio de Villa Pinzón, ubicado a 05º 13´ 09´´ de latitud Norte y 73º 36´00´´ de longitud Oeste, en el altiplano Cundiboyacense, con altitud de 2715msnm, temperatura promedio de 13°C y humedad relativa del 75%. Para caracterizar el banco de semillas de suelos con antecedentes en producción de zanahoria, se seleccionaron dos fincas, con más de siete años en la producción de esta hortaliza de la vereda Casablanca, que presentaban características similares en el manejo del cultivo. Para la finca 1, las muestras colectadas se tomaron después de la siembra de zanahoria, mientras que para la finca 2, antes de esta actividad, con el fin de observar si existe variación entre las especies que aparecen luego del establecimiento del cultivo y antes de éste. Para cada una de las fincas, se colectaron 30 muestras de suelo a tres profundidades (0-15, 15-30 y de 30-45cm), diez por cada profundidad; el área muestreada fue de 5000m^2, siguiendo un trazado en forma de W; se utilizó un barreno muestreador para extraer 1kg de suelo, que fue transferido a bolsas de polietileno, debidamente marcadas y selladas, para su inmediato traslado al invernadero de la UPTC, localizada en el departamento de Boyacá, municipio de Tunja, ubicado a 5° 31′ 59″ Norte, 73° 22′ 1″ Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2782, con una temperatura interior promedio de 20°C y humedad relativa de 60%.

Las muestras colectadas se homogenizaron, de acuerdo a la profundidad y a la finca a la que pertenecían; se utilizó en total 30 materos plásticos de 3L de capacidad, 5 materos por cada profundidad, para un total de 15 por cada finca; éstos fueron dispuestos aleatoriamente en el invernadero, a distancias de 20cm entre sí; durante todo el experimento, se mantuvieron a capacidad de campo, que es la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener o almacenar, bajo condiciones de humedecimiento total, seguido de drenaje libre o gravitacional (Jaramillo, 2002), para su germinación.

La identificación taxonómica de las especies en estado de plántula, se llevó a cabo cada 15 días, mediante conteo sobre la superficie del sedimento de las muestras de suelo hasta que no hubo más emergencia de plántulas, de acuerdo con lo descrito por Ernst & Morici (2013).

Diseño experimental: Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, donde el factor de bloqueo fueron las dos fincas y de los tratamientos, las tres profundidades evaluadas (0-15cm, 15-30cm y de 30-45cm); se establecieron cinco réplicas por cada tratamiento. Se realizaron 9 conteos cada 15 días, donde se llevó registro de las siguientes variables respuesta: identificación de especies presentes, número de especies y número de individuos por especie. Para la identificación de especies presentes, se utilizaron –como guía-, a lo expuesto por Fuentes *et al*. (2006, 2011). El experimento duro 135 días, hasta que en los materos no germinaron más semillas.

Para establecer la diversidad, la dominancia de especies y la similitud de la diversidad entre lotes, se calcularon los índices de Shannon Wiener, el índice de Simpson, utilizando el programa Past 3 y la Abundancia relativa (1), Frecuencia (2), IVI (3) y coeficiente de Jaccard (4); se cuantificaron mediante las siguientes ecuaciones (Moreno, 2001):

$$(1)\ Pi = \frac{N°\ indv\ de\ la\ especie\ i}{N°\ de\ indv\ total\ de\ la\ muestra}$$

$$(2)\ Fi = \frac{N°\ muestras\ en\ las\ que\ aparece\ sp\ i}{N°\ total\ de\ muestras}$$

$$(3)\ IVI = Dr + Fr$$

$$(4)\ I_J = \frac{c}{a+b+c}$$

Los datos obtenidos para los índices de dominancia y de diversidad fueron analizados individualmente y sometidos a pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas; posteriormente, se realizó un análisis de varianza (Anova) y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD) al 5%, empleando el programa estadístico R x64 3.2.3, para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de especies presentes en el banco de semillas del suelo por finca: En el banco de semillas de las dos fincas, se registraron un total de 8 especies, pertenecientes a seis familias, de las cuales, las más numerosas fueron Polygonaceae y Poaceae, con dos especies cada una (Tabla 1); se evidenció que entre fincas existen dos especies que no comparten *Rumex acetosella* L. y *Chenopodium álbum*, que se presentaron en la finca dos, pero no en la 1.

Tabla 1. Especies presentes en el banco activo de semillas de dos lotes en Villa Pinzón (Cundinamarca): ciclo de vida: anual (a), bienal (b) y perenne (p).

Subclases	Familias	Especies	Nombre común	Frecuencia relativa		Ciclo de vida
				Finca 1	Finca 2	
Dicotiledóneas	Polygonaceae	*Polygonum segetum*	Gualola	0,74	0,54	p
		Rumex acetosella	Envidia	0,002	0	p
Monocotiledóneas	Poaceae	*Poa annua*	Poa	0,034	0.11	a
		Bromus catarthicus	Cebadilla	0,013	0,15	p
Dicotiledóneas	Asteraceae	*Senecio vulgaris*	Senecio	0,07	0,10	a
	Leguminosaceae	*Trifolium repens*	Trébol	0,11	0,069	p
	Capparidaceae	*Cleome affinis*	Tabaquillo	0,015	0,004	a
	Chenopodiaceae	*Chenopodium album*	Cenizo	0,002	0	a

Dentro de las malezas más abundantes en cultivos de clima frío en Colombia, Bastidas & López (1972) reportan a *Polygonum segetum, P. nepalense, Rumex acetosella, Pennisetum clandestinum* como las especies más frecuentes en sistemas productivos de hortalizas. Las especies de malezas que se reportan como más limitantes están dentro de las familias Poaceae, Fumariaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae, Amaranthaceae, Malvaceae, (Banda *et al*. 2011); igualmente, Plaza & Pedraza (2007) indican que en sistemas productivos, en el departamento de Boyacá, las especies de malezas con mayor frecuencia en cultivos de zanahoria y en papa pertenecen a las familias Asteraceae, Polygonaceae y Poaceae. En esta investigación, se determinó que *Polygonum segetum* es la especie que presenta mayor frecuencia relativa en las dos fincas evaluadas, con valores de 0,74, para la finca 1 y con 0,54, para la 2.

Para este estudio, la composición florística hallada en el banco de semillas del suelo concuerda con la reportada en investigaciones anteriores, por lo que se puede afirmar que las especies encontradas hacen parte de la composición típica de malezas asociadas a suelos con antecedentes en sistemas de producción de papa y de zanahoria; de igual forma, se infiere que dichas comunidades de malezas persisten y están compuestas por las mismas especies. Dado que la composición florística de la comunidad está en función del clima, disponibilidad de nutrientes de agua, tipo de suelo, radiación solar y factores antrópicos (Poggio, 2012), se cree que el manejo cultural que el productor emplea en sus cultivos puede ser la causa se esa selección de especies acompañantes.

Diversidad y dominancia finca 1: Los índices de diversidad y de dominancia a las tres profundidades evaluadas no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$); sin embargo, para esta finca, se determinó que el índice de dominancia es mayor en la profundidad de 15-30cm. Este índice es un parámetro que toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor presencia en la comunidad (Moreno, 2001) y, en términos prácticos, se puede relacionar con la presencia de una especie agresiva, competitiva, que colonizó e invadió espacios que antes ocupaban otras especies y que, además, es bien representada, con un gran número de individuos, dentro del agro-ecosistema.

Teniendo en cuenta el sistema de labranza usado en cultivos de zanahoria donde se utilizan aperos, como la rotovadora, que invierten los primeros 20cm del suelo, se puede decir que el suelo de los 15 a 30cm, donde se determinó el fenómeno de dominancia al ser invertido, pasara a ser los primeros 15cm de suelo, llevando consigo semillas de la especie agresiva que, bajo condiciones de humedad, de temperatura y de luz adecuadas, representaran un problema para el productor, puesto que competirán con el cultivo. En cuanto al comportamiento de esta variable en el tiempo, se observó que en las tres profundidades evaluadas, durante los primeros 45 días, el índice de dominancia fue mayor que durante los cohortes que van desde los 60 hasta 90 días, donde disminuye, para luego aumentar los últimos 45 días de muestreo (Tabla 2), exponiendo un comportamiento binomial negativo, que puede estar influenciado por factores bióticos, abióticos y antrópicos (Ortiz *et al*. 2009).

Tabla 2. Índice de dominancia Simpson e índice de Diversidad Shannon-Wiener para finca 1, en el municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca), desviación estándar (n=5). ns: no existen diferencia estadística significativa, entre profundidades con un nivel de confianza del 95% según la prueba LSD.

DOMINANCIA									
PROFUNDIDAD	**15 días ns**	**30 días ns**	**45 días ns**	**60 días ns**	**75 días ns**	**90 días ns**	**105 días ns**	**120 días ns**	**135 días ns**
0-15cm E.S.	0,82 ±0,04	0,69 ±0,06	0,72 ±0,14	0,30 ±0,028	0,30 ±0,11	0,62 ±0,12	0,62 0	0,50 ±0,18	0,50 0
15-30cm E.S.	0,82 ± 0,09	0,59 ±0,09	0,76 ±0,092	0,48 ±0,10	0,38 ±0,13	0,80 ±0,14	0,88 ±0,45	0,82 ±0,11	1,00 0
30-45cm E.S.	0,84 ± 0,07	0,66 ±0,09	0,74 ±0,11	0,31 ±0,08	0,28 ±0,10	0,62 0,09	0,68 ±0,16	0,64 ±0,09	0,50 0
DIVERSIDAD									
PROFUNDIDAD	**15 días ns**	**30 días ns**	**45 días ns**	**60 días ns**	**75 días ns**	**90 días ns**	**105 días ns**	**120 días ns**	**135 días ns**
0-15cm E.S.	0,32 ±0,07	0,72 ±0,10	0,53 ±0,23	1,00 ±0,06	1,28 ±0,17	0,68 0	0,56 ±0,28	0,69 0	0,69 0
15-30cm E.S.	0,37 ±0,15	0,88 ±0,15	0,51 ±0,13	0,94 ±0,18	1,00 ±0,21	0,34 ±0.08	0,23 ±0,15	0,32 0	0 0
30-45cm E.S.	0,36 ±0,13	0,69 ±0,13	0,50 ±0,16	1,00 ±0,14	1,00 ±0,02	0,56 ±0,23	0,50 ±0,14	0,54 0	0,69 0

E.S. Error estándar.

El modelo espacial de los bancos de semillas de suelo, generalmente, presenta una distribución binomial negativa (NBD), lo que significa, para este caso, que en algunos periodos se encontraran muestras representativas de la especie dominante, mientras que en otros, esta especie no, como consecuencia de las características biológicas y de la dinámica de esta especie en el tiempo; esto es un aspecto importante, pues los cultivos deben competir con las malezas por recursos; sin embargo, el momento y periodo en el que se da esta competencia determina el éxito de la especie (Zimdahl, 2007). Estos resultados representan un sistema de alerta para el agricultor, pues en los primeros 45 días, donde existen valores más altos de dominancia, el control de malezas requiere de planes de manejo inmediato, dado que el manejo de malezas, en este periodo, es vital para que el cultivo tenga su máxima producción (Radosevich & Ghersa, 2007); igualmente, puede ser el reflejo de las actividades humanas sobre los agro-ecosistemas, que con la presión de selección, ha promovido la pérdida de diversidad y un aumento de la dominancia, a través de las labores culturales.

La menor diversidad a mayor profundidad (15-30 y 30-45cm) (Tabla 2), probablemente, se debe a que la distribución vertical de las semillas en el suelo está influenciada por la compactación del mismo, ya que sólo semillas muy pequeñas pueden ingresar en el perfil, puesto que la mayor parte se encuentran en la superficie, debido a las prácticas de laboreo (Ernst & Morici, 2013). Tradicionalmente, en la zona de Villa Pinzón, el sistema de producción de zanahoria utiliza la labranza secundaria, que incluye aperos, como la rotovadora, niveladoras, arados de disco y rastras, principales aperos, causantes de la resistencia a la penetración, que va de los 20 a 40cm del suelo, como resultado del pie de arado. Esta compactación esta correlacionada con el peso y la forma de trabajo del apero (Taboada & Álvarez, 2008), razón por la cual, en sistemas de producción de zanahoria presenta un alto grado de compactación a esta profundidad.

Cada agro-ecosistema tiene su propio potencial de diversidad, regulado por factores agroclimáticos, características geográficas de la zona, entre otros (Keblawy & Bhatt, 2015); sin embargo, uno de los factores que más influencian el grado de diversidad está relacionado con los objetivos y las características socioculturales de los agricultores, su conocimiento y la valoración de la biodiversidad (Sarandon & Flores, 2014), aspecto que limita su conservación, teniendo en cuenta que muchos agricultores, desconocen los procesos ecológicos que regulan el funcionamiento de un agroecosistema y la importancia que tiene en estos procesos (Stupino *et al*. 2014). El objetivo principal de los sistemas de producción es la especialización de un cultivo y su mantenimiento, con fines económicos; el equilibrio ecológico, en cuanto a

diversidad de especies, no es un aspecto significativo para el agricultor; como consecuencia de la eliminación de especies, con el fin de mantener cultivos libres de plantas potencialmente competidoras, se ha promovido un proceso de evolución y de adaptación de especies, que buscan su permanencia y su persistencia en ambientes disturbados, convirtiéndose en malezas con habilidades competitivas, que les garantizan éxito en los agro-ecosistemas.

Diversidad y dominancia finca 2: Los resultados de las variables dominancia y diversidad para la finca 2 (Tabla 3) presentaron un comportamiento similar al de la finca 1. El análisis estadístico tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$); sin embargo, el índice de Simpson fue mayor en los primeros 45 días de muestreo; el índice de Shannon Wiener, en la profundidad de 30-45cm, desde el día 90 hasta los 120 días del muestreo, presentó valores de cero, lo que indica que la comunidad de malezas del banco activo es representada por una sola especie.

Los resultados sugieren que la dominancia de una de las especies presentes en la comunidad es inminente en los primeros 45 días, teniendo en cuenta que las muestras colectadas de esta finca, se realizaron antes de la siembra de zanahoria; en el evento del establecimiento del cultivo, tanto en los primeros 45 días como en los últimos 60 días del ciclo del cultivo, se presentara la especie dominante, corresponderá a una planta altamente competitiva, agresiva y de difícil manejo. Con relación a lo anterior, Zimdahl (2007) indica que la diversidad, dentro de los agroecosistemas, debe aumentar, precisamente, para evitar estos procesos de selección de especies agresivas.

Los valores más altos para el índice de dominancia, se obtuvieron en las profundidades de 15-30cm y 30-45cm (Tabla 3); por el tipo de labranza empleado y voltear el suelo mediante aperos, como la rotovadora, hace que el suelo de 15 a 30cm quede en la parte superficial del lote, trayendo también consigo las semillas de la especie dominante (Méndez & Richmond, 2010).

El índice Simpson muestra, en las tres profundidades, que en unos periodos aumenta y luego disminuye; este comportamiento puede ser explicado, porque en un sistema de producción hortícola la mecanización incluye prácticas periódicas de roturación completa de los primeros centímetros del suelo (Portela, 2008). A escala de comunidad, esta remoción periódica de la vegetación obliga a que el proce-

Tabla 3. Índice de dominancia Simpson e índice de Diversidad Shannon-Wiener para finca 2, en el municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca), desviación estándar (n=5). ns: no existen diferencia estadística significativa, entre profundidades con un nivel de confianza del 95% según la prueba LSD.

DOMINANCIA									
PROFUNDIDAD	**15 días ns**	**30 días ns**	**45 días ns**	**60 días ns**	**75 días ns**	**90 días ns**	**105 días ns**	**120 días ns**	**135 días ns**
0-15cm E.S.	0,37 ±0,18	0,93 ±0,05	0,5 ±0,22	0,28 ±0,08	0,33 ±0,25	0,5 0	0,27 ±0,32	NA	1,00 ± 0,05
15-30cm E.S.	0,39 ±0,025	0,80 ±0,07	1,00 0	0,31 ±0,04	1,00 0	NA	0,59 ±0,10	0,38 ±0,02	0,28 0
30-45cm E.S.	0,71 ±0,009	0,91 ±0,06	0,68 ±0,16	0,62 0	NA	1,00 0	1,00 0	1,00 0	NA 0
DIVERSIDAD									
PROFUNDIDAD	**15 días ns**	**30 días ns**	**45 días ns**	**60 días ns**	**75 días ns**	**90 días ns**	**105 días ns**	**120 días ns**	**135 días ns**
0-15cm E.S.	1,00 ±0,06	0,15 ±0,1	0,69 ±0,31	1,00 ±0,21	1,00 ±0,34	0,69 0	1,33 ±0,5	NA	0 0
15-30cm E.S.	1,00 ±0,06	0,44 ±0,14	0 0	1,00 ±0,04	0 0	NA	0,73 ±0,17	1,03 0,02	1,00 0
30-45cm E.S.	0,54 ±0,03	0,17 ±0,1	0,50 ±0,23	0,56 0	NA	0 0	0 0	0 0	NA

NA: el banco activo ceso su germinación no se encontraron especies para muestrear.
E.S. Error estándar.

so de re-cambio en la composición de especies de malezas (sucesión) se mantenga en etapas tempranas (Radosevich & Ghersa, 2007). Las especies presentes a mediano plazo serán las mismas, aunque esta composición con el tiempo no sea estable, ya que ciertos cambios se pueden producir en el tiempo, como respuesta a modificaciones graduales en las condiciones del ambiente (empobrecimiento) o pérdida de la biodiversidad, por la aparición de especies de malezas con habilidad para intervenir en las primeras etapas de la sucesión (Portela, 2008).

De acuerdo con lo establecido por Tauseef *et al.* (2012), la dominancia en una población es indicador de la pérdida de biodiversidad, lo que coincide con el comportamiento inversamente proporcional, mencionado por Moreno (2001) y ello se refleja en el aumento de dominancia, al mismo tiempo que disminuye la diversidad en las dos fincas (Tablas 2 y 3). Los resultados encontrados, en general, evidencian una pérdida de la diversidad y coinciden con lo reportado por Gámez *et al.* (2014), quienes afirman que en suelos menos disturbados hay mayor probabilidad de encontrar comunidades más diversas, puesto que los sistemas de labranza afectan la dispersión secundaria de las malezas, a nivel horizontal y vertical.

La importancia de la diversidad de las comunidades de malezas radica en el mantenimiento de la complejidad trófica (Marshall *et al.* 2003). Desde una perspectiva ecológica, Sans (2007) explica que una alternativa para el manejo de estas poblaciones, sin incurrir en la pérdida de especies, es el manejo ecológico. En este sentido, los cultivos de hortalizas deberían incluir baja intensidad de perturbaciones, control pre emergente de las malezas, así como rotaciones con otro tipo de cultivos, para evitar la selección de especies y pérdida de otras (Plaza, 2009).

Índice de valor de importancia (IVI): Plaza & Pedraza (2007) afirman que las la especies con mayor frecuencia en Cundinamarca y en Boyacá fue la dicotiledónea *Polygonum nepalense,* subclase a la que también pertenece *P. segetum,* especie que presentó mayor frecuencia relativa dentro del banco (0,69) (Tabla 1)*;* por su parte, Saldarriaga *et al.* (2011), la reportan como infestante en cultivos de clima frio. En cuanto al índice de valor de importancia, IVI obtuvo los valores más altos en los dos lotes en todas las profundidades de muestreo (Tabla 4).

P. segetum, probablemente, se ha mantenido en el tiempo por un proceso de adaptación, persistencia, producción de

Tabla 4. Especies con índice de valor de importancia (IVI) en los dos lotes de muestreo a tres profundidades.

PROF cm	LOTE	ESPECIE	IVI	LOTE	ESPECIE	IVI
0-15	1	*P. segetum*	0,93	2	*P. segetum*	0,76
0-15	1	*C. affinis*	0,42	2	*P. annua*	0,38
0-15	1	*S. vulgaris*	0,35	2	*B. catarthicus*	0,23
0-15	1	*T. repens*	0,32	2	*T. repens*	0,12
0-15	1	*B. catarthicus*	0,18	2	*S. vulgaris*	0,40
0-15	1	*P. annua*	0,11	2	*C. affinis*	0,08
15-30	1	*P. segetum*	1,06	2	*P. segetum*	0,92
15-30	1	*S. vulgaris*	0,27	2	*B. catarthicus*	0,47
15-30	1	*P. annua*	0,26	2	*S. vulgaris*	0,27
15-30	1	*T. repens*	0,26	2	*T. repens*	0,18
15-30	1	*C. affinis*	0,08	2	*P. annua*	0,16
15-30	1	*R. acetosella*	0,04			
30-45	1	*P. segetum*	1,03	2	*P. segetum*	0,32
30-45	1	*T. repens*	0,37	2	*P. annua*	0,32
30-45	1	*S. vulgaris*	0,18	2	*S. vulgaris*	0,21
30-45	1	*C. affinis*	0,15	2	*T. repens*	0,17
30-45	1	*P. annua*	0,14			
30-45	1	*C. album*	0,04			

alto número de semillas por planta, latencia y prolongada viabilidad de las mismas (Gámez *et al*. 2011). Es considerada como planta invasora en zonas de alta humedad; en Colombia, se reconoce como maleza de difícil control en cultivos hortícolas, por su alta competitividad y gran habilidad para propagarse, tanto sexual como vegetativamente; a menudo, crecen solas en una comunidad, gracias a su capacidad para prevalecer más que otras especies en tiempo y en espacio (Morales & Guzmán, 2010). Por su parte, Derita *et al*. (2008) afirman que esta especie tiene gran variedad de metabolitos secundarios, como glucósidos, quinonas y terpenos presentes, tanto en tallo como en raíces, con efecto alelopático sobre otras especies, inhibiendo el desarrollo y el crecimiento de éstas. Se desarrolla bien a más de 2000msnm y considerando las condiciones climáticas de la zona donde se colectó el suelo, coinciden con sitios donde se reporta como altamente invasiva.

Coeficiente de Jaccard: El grado de recambio de especies (diversidad beta) tiene en cuenta diferencias, que se pueden evaluar con ayuda de índices (Moreno, 2001). Ese grado de recambio, se midió en las fincas, mostrando que de 0-15cm existe mayor similitud en las especies presentes, contrario a la profundidad de 30-45cm, donde no es mayor al 0,5 (Figura 1). En una región especifica existen factores que regulan la especiación o la extinción de la comunidad de malezas; de esta forma, se puede decir que la composición florística de la comunidad está en función del clima, disponibilidad de nutrientes de agua, tipo de suelo, radiación solar y factores antrópicos (Poggio, 2012). En este orden de ideas y como resultado del coeficiente de similitud entre lotes, el grado de recambio no es mayor en los primeros 30cm, dado que en los dos lotes comparten el mismo sistema de producción, el tipo de vocación y el tipo de labranza convencional.

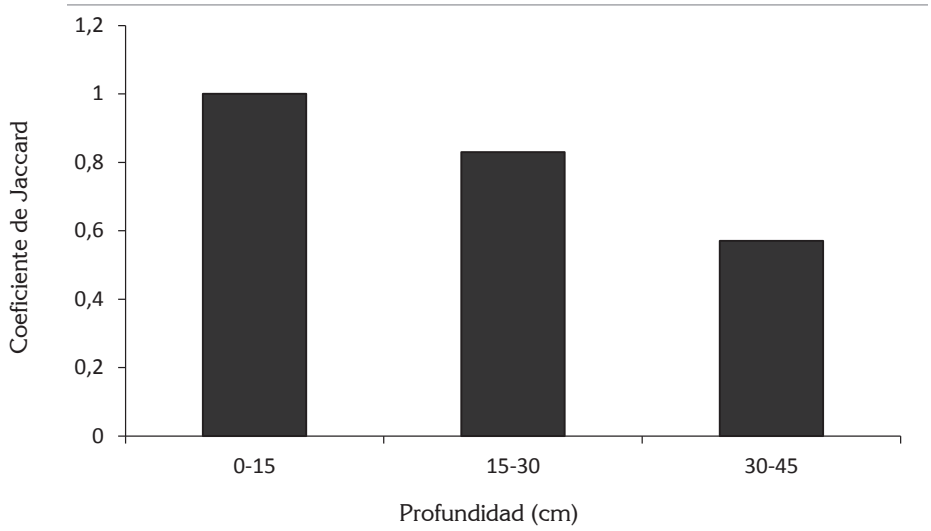


Figura 1. Similitud entre comunidades del lote 1 y 2 a tres profundidades, en el municipio de Villa Pinzón (Boyacá).

Ortiz *et al*. (2009) encontró que la exclusión de especies de un área se puede presentar por factores ambientales desfavorables, presencia de especies competidoras, mecanismos ineficientes de dispersión de propágulos y propagación vegetativa.

Los resultados obtenidos sugieren que las labores culturales empleadas en estos sistemas de producción favorecen el proceso de selección de especies en los primeros 30cm y que esa selección no sólo conlleva a la extinción de otras, sino que, además, promueve la aparición de especies más competitivas, agresivas y mejor adaptadas, especies que dominan las comunidades y que representan daño económico para el productor, al interferir y competir por recursos con nuestros cultivos. La pérdida de biodiversidad va más allá de una alteración en el agro-ecosistema, pues constituye una problemática para el agricultor que, día a día, se enfrenta a malezas más resistentes a la aplicación de herbicidas, tolerantes, mejor adaptadas y con más oportunidades de sobrevivencia en una ambiente disturbado, entonces, todas aquellas prácticas agronómicas que se realizan en un cultivo deben ir encaminadas a proporcionar un ambiente más diverso, con mayores recursos de hábitat y de alimento, ambientes más estables, que favorecen los procesos de regulación del sistema y presentan menos problemas sanitarios.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentado. Financiación: Dirección de Investigaciones DIN de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, mediante convocatoria 05 de 2015 "apoyo económico a tesis de maestría" código SGI: 1789.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, L.; AGÜERO, R. 2001. EL banco de propágulos de malezas en el agroecosistema: conocimiento actual y propuesta metodológica para su estudio. Agron. Mesoam. 12(2):141-151.

2. BANDA, L.; FUENTES, C.; CHAVES, B. 2011. Producción de semilla de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo la incidencia de malezas y *Alternaria nees*. Rev. Col. Cienc Hortíc. 5(2):279-294.

3. BASTIDAS, J.; LÓPEZ, G. 1972. Caracteres cuantitativos y reconocimientos de malezas en praderas artificiales de clima frio del altiplano de Pasto. Rev. Ciencias Agrícolas. 4(2):83-97.

4. DERITA, M.; GATTUSO, S.; ZACCHINO, S. 2008. Occurrence of polygodial in species of *Polygonum* genus belonging to *Persicaria* section. Biochem. Syst. & Ecol. 36:55-58.

5. DOTOR ROBAYO, M.; MARCO CABEZAS GUTIÉRREZ, M. 2015. Determinación de la habilidad competitiva entre Daucus carota L. y *Senecio vulgaris L.* Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18(1):81-89.

6. ERNST, R.D.; MORICI, E. 2013. Banco de semillas germinable de gramineas del Caldenal diferencias pre y post diseminación. Congreso de Pastizales. Rev. Facultad Agronomía (Argentina). 22(Serie supl. 2):39-44.

7. FUENTES, C.; FUQUENE, A.; PERDOMO, E.; PINTO, C. 2006. Plántulas de especies arvenses frecuentes en la zona centro de Colombia. Ed. Univerisidad Nacional de Colomia, Facultad de Agronomía. 250p.

8. FUENTES, C.; ERASO, E.; SEQUEDA, O.; PIEDRAHITA, W. 2011. Flora arvense del altiplano Cundiboyacense de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía: Bayer CropScience. 350p.

9. FUJISAKA, S.; ESCOBAR, G.; VENEKLAAS, E. 2000. Weedy fields and forests: interactions between land use and the composition of plant communities in the Peruvian Amazon. Agric. Ecosyst. Environm. 78:175-186.

10. GÁMEZ, A.; GOUVEIA, M.; ALVAREZ, M.; PÉREZ, H. 2014. Flora arvense asociada a un agroecosistema tipo conuco en la comunidad de Santa Rosa de Ceiba Mocha en el estado Guárico. Bioagro. 26(3):177-182.

11. GÁMEZ, A.; HERNÁNDEZ, M.; DÍAZ, R.; VARGAS, J. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada un cultivo de maíz bajo riego para producción de jojotos. Agr. Trop. (Colombia). 61(2):133-139.

12. JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Ed. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín. p.203-207.

13. KEBLAWY, A.; BHATT, A. 2015. Aerial seed bank affects germination in two small-seeded halophytes in Arab Gulf desert. J. Arid Enviroments, 117:10-17.

14. MARSHALL, E.; BROWN, V.; BOATMAN, N.; LUTMAN, P.; SQUIRE, G.; WARD, L. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Res. 43:77-89.

15. MELO, O.; VARGAS, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ed. Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA. Ibagué. 235p.

.

16. MÉNDEZ, F.; RICHMOND, C. 2010. Rendimiento de 12 híbridos comerciales de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el campo y en la planta de empaque. Agron. Mesoam. 21(1):167-176.

17. MORALES, A.; GUZMÁN, A. 2010. Compuestos fenólicos presentes en las hojas de la especie colombiana *Polygonum segetum* Kunth. Bol. Latinoam. Caribe Plantas Medicinales y Aromáticas. 9(4):287-291.

18. MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Ed. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 83p.

19. MORTIMER, A. 2002. Clasificación y ecología de las malezas. En: Labrada, R.; Caseley, J. (eds). Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO. ROMA. E-Book 45-49p.

20. MURPHY, S.; SWANTON, S. 2003. Weed ecology; In natural and agricultural systems. Ed CABI International. 312p.

21. NUÑEZ, F.R.; JUAN, V.F.; CHANTRE, G. 2014. Distribución vertical del banco de semillas de *Euphorbia davidii* subils, en lotes agrícolas de la zona centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Planta Daninha, Viçosa-MG. 32(4):709-718.

22. ORTIZ, A.; LÓPEZ, L.; CÁCERES, M.; MORATINOS, H. 2009. Evaluación del banco de semilla de arroz maleza y voluntario en el suelo. Agr. Trop. 59(4): 423-432.

23. PLAZA, G. 2009. Caracterización de la comunidad de malezas en un sistema de producción de rosa bajo invernadero en la Sabana de Bogotá. Agr. Col. 27(3):385-394.

24. PLAZA, G.; PEDRAZA, M. 2007. Reconocimiento y caracterización ecológica de la flora arvense asociada al cultivo de uchuva. Agr. Col. 25(2):306-313.

25. POGGIO, S. 2012. Cambios florísticos en comunidades de malezas: un marco conceptual basado en reglas de ensamblaje. Ecología Austral. (Argentina). 22:150-158.

26. PORTELA, J. 2008. Control de malezas en cultivos hortícolas: ¿una cuestión de factores o de procesos? Hort. Argentina. 27(62):28-34.

27. RADOSEVICH, S.R.; GHERSA, C.M. 2007. Ecology of weeds and invasive plant; Relationship to agriculture and natural resource management. Interscience. 474p.

28. SALDARRIAGA, A.; LONDOÑO, M.; CÓRDOBA, O. 2011. Problemas Fitosanitarios Asociados el Cultivo de Higuerilla en Colombia. Ed. CORPOICA. C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. 54p.

29. SANS, F. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. Ecosistemas. (España). 16(1):44-49.

30. SARANDON, S.J.; FLORES, C.C. (eds). 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. 1ª ed. Universidad Nacional de La Plata. E-book. 466p.

31. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PRECIOS AGROPECUARIOS -SIPSA-. 2015. Boletín mensual. Precios de insumos y factores de producción Agrícola. Disponible dese Internet en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_may_2016.pdf (con acceso 15/05/2016).

32. STUPINO, S.; IERMANÓ, M.; GARGOLOFF, A.; BONICATTO, M. 2014. Biodiversidad en Agroecosistemas. pp. 131-134. En: Sarandon, S.J.; Flores, C. (eds) Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. 1ª ed. Universidad Nacional de La Plata. E-book. p.131-134

33. TABOADA, M.; ÁLVAREZ C. 2008. Fertilidad Física de los Suelos. 2ª ed. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. 272p.

34. TAUSEEF, M.; IHSAN, F.; NAZIR, W.; FAROOQ, J. 2012. Weed flora and importance value index (IVI) of the weeds in cotton crop fields in the region of Khanewal, Pakistan. Weed Science. 18(3):319-330.

35. ZIMDAHL, R.L. 2007. Weed Reproduction and Dispersal. Fundamentals of Weed Science. Chapter 5. Weed Reproduction and Dispersal. 3ª ed. Ed Elsevier. p.80-100.

Recibido: Febrero 3 de 2016
Aceptado: Junio 22 de 2016

Cómo citar

Cardenal Rubio, Z.C.; Torres Hernández, D.F.; Dotor Robayo, M.Y.; Morillo Coronado, A.C. 2016. Caracterización del banco activo de semillas en cultivos de zanahoria del municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca). Rev. U.D.C.A Act. & DFiv. Cient. 19(2): 297-306.

PRUEBAS DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE FORESTALES NATIVOS DE CORDOBA, COLOMBIA, EN LABORATORIO Y CASA-MALLA

SEED GERMINATION TESTS OF NATIVE FOREST SPECIES OF CORDOBA, COLOMBIA IN LABORATORY AND GREENHOUSE

Miguel Espitia[1], Carlos Cardona[2], Hermes Araméndiz[3]

[1] I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia, Diagonal 50 No.8-105, Montería, Córdoba, Colombia, e-mail: mmespitia@correo.unicordoba.edu.co; [2] I.A. Ph.D., Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia, e-mail: ccardonaayala@yahoo.com; [3] I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia, e-mail: haramendiz@hotmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div.Cient. 19(2): 307-315, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la germinación de las semillas de cinco especies forestales nativas de Córdoba: *Cedrela odorata*, *Cariniana pyriformis, Bombacopsis quinata*, *Anacardium excelsum* y *Schizolobium parahybum*. El estudio, se realizó entre abril de 2013 y mayo de 2014, en el Laboratorio de fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba. En cada uno de los dos ambientes de germinación: cámara germinativa y casa-malla, se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco especies forestales como tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Toda la semilla fue sumergida en agua destilada, a temperatura ambiente de 27°C, por 24 horas, antes de la siembra. Se estimaron y compararon las variables, porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de germinación (IVG), germinación diaria media (GDM), valor pico (VP) y valor de germinación (VG). Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre especies e interacción especies por ambientes de germinación en el análisis combinado de varianza, para los parámetros fisiológicos de la germinación evaluados, a excepción del PG. Los valores de los parámetros de germinación fueron mayores en cámara de germinación, con incrementos entre el 48,2 y 124,2%, en GDM y VG, respectivamente. *A. excelsum* mostró las mayores diferencias entre especies en los dos ambientes de germinación en todos los parámetros germinativos, mientras que *B. quinata* presentó las menores diferencias. Se recomienda estimar los parámetros de germinación en cámara germinativa, en lugar de casa-malla, siempre que se disponga de este equipo.

Palabras clave: Especies arbóreas, cámara germinativa, parámetros germinativos.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the germination of seeds of five native forest species of Córdoba: *Cedrela odorota*, *Cariniana pyriformis, Bombacopsis quinata*, *Anacardium excelsum* and *Schizolobium parahybum*. The study was conducted between April of 2013 and May of 2014 at the Laboratory of Plant Breeding at the Universidad de Córdoba. A completely randomized design was used in each environment: germination chamber and greenhouse with five forest species as treatments and four replicates of 50 seeds each. All seeds were immersed in distilled water at room temperature of 27°C for 24 hours before planting. The parameters germination percentage (GP), germination speed index (GSI), mean daily germination (MDG), peak value (PV) and germination value (GV) were estimated and compared. The results showed statistical differences between species and interaction species x germination environments in combined analysis of variance for germination physiological parameters evaluated, except for PG. The values of germination parameter estimated were higher in germination chamber, with increases between 48.2% and 124.2% in MDG and GV, respectively. *A. excelsum* showed the greatest differences between species in two germination environments in all parameters estimated, while *B. quinata* showed minor differences. It is recommended to estimate the parameters in germination chambers, instead of greenhouse, whenever this equipment is available.

Key words: Trees species, germination chamber, germination parameters.

INTRODUCCIÓN

En el 2014, el departamento de Córdoba registró un área forestal plantada de 32.800ha, de las cuales, 11.800ha fueron sembradas con diferentes especies forestales nativas, en las que predominan *Tabebuia rosea* (roble) y *Bombacopsis. quinata* (ceiba). Las especies en estudio tienen su importancia, en general, por su gran adaptación a las variaciones edafoclimáticas de la región, aportes de servicios ecosistémicos, buen conocimiento por reforestadores y procesadores de la madera, variado uso en productos maderables y no maderables, excelente calidad de la madera y materia prima para uso en dendroenergía, fabricación de viviendas, artesanías y muebles finos, entre otros (Campo-Arana *et al*. 2014).

La mayoría de las especies forestales del trópico, se propagan mediante semilla sexual y su calidad fisiológica, genética, física y sanitaria influye, de manera significativa, en el éxito de la producción y productividad de las plantaciones. Las empresas reforestadoras, viveristas y bancos de germoplasma requieren información segura, confiable y de calidad sobre manejo en vivero y conservación de las semillas de especies forestales (Niembro & Ramírez-García, 2006; Nascimento, 2013).

El conocimiento e interpretación de la viabilidad y los parámetros de la germinación y las plántulas en laboratorio, invernadero o casa-malla es indispensable para la comprensión de la autoecología, colecta, conservación, manejo, uso sostenible y el desarrollo de prácticas silviculturales exitosas de las especies (Abbade & Massanori, 2014; Deminicis *et al.* 2014; Guimarães *et al.* 2015).

Varias investigaciones han reportado diferencias estadísticas en los parámetros de calidad fisiológica de las semillas en diferentes especies, lotes familiares de una misma especie o diferentes procedencias en varias especies forestales o arbustivas (Silva *et al.* 2012; Ferreira *et al.* 2012; Correa *et al*. 2013; Zohra *et al.* 2014; Barboza-Nogueira *et al.* 2014). Adicionalmente, otros estudios en *Cotinus coggygria* (Olmez *et al*. 2009), *Punica granatum* (Gokturk *et al.* 2012), *Bromus tomentellus, Bromus inermis* y *Bromus persicus* (Armaki *et al.* 2013) y en *Poa bulbosa*, *Poa annua y Poa pratensis* (Armaki, 2014) han detectado diferencias estadísticas en los parámetros de la germinación de la semillas, a nivel de especies y con valores más altos en las condiciones de cámaras germinativas, en comparación con las obtenidas en invernaderos.

En Córdoba, las especies forestales nativas de interés han sido poco investigadas en su respuesta y diferencia en los parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas, cuando las pruebas se realizan en cámara germinativa comparadas con las mismas en casa-malla. Estos estudios, se han reconocido como de fundamental importancia para el uso sostenible, conservación, multiplicación, reforestación y mejoramiento genético de tales especies promisorias de Córdoba y Colombia (Correa *et al.* 2013).

El presente estudio tuvo como objetivo principal comparar cinco parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas en condiciones de cámara germinativa y casa-malla, para cinco especies forestales nativas priorizadas, en el departamento de Córdoba: *Cedrela odorata* L, (Cedro), *Cariniana pyriformis* Miers (Abarco), *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand (Ceiba roja), *Anacardium excelsum* (Bert. *et* Balb) Skeels (Caracolí) y *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake (Tambor).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se adelantó entre abril de 2013 y julio de 2014, en la casa-malla y la cámara germinativa del laboratorio de fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba, ubicada en la zona media del valle del Sinú, a 8°52' de latitud Norte y 76°48' longitud Oeste, a una altura de 13msnm. La zona ecológica corresponde a bosque seco tropical, con temperatura promedio de 28ºC, humedad relativa de 84% y precipitación anual de 1.200mm (Palencia *et al.* 2006).

Se evaluó un compuesto balanceado de 15 lotes familiares de semilla sexual de libre polinización de sendos árboles, seleccionados en seis zonas diferentes del departamento de Córdoba, en cada una de las cinco especies: *C. odorata*, *C. pyriformis, B. quinata*, *A. excelsum* y *S. parahybum*.

Las zonas forestales, donde se realizó la colecta de la semilla, presentan diferencias agroclimáticas, especialmente, en la precipitación que varía desde 1.231 hasta 1.760mm/año. La toma de las muestras de semillas, se realizó con base en los protocolos específicos propuestos por Gold *et al*. (2004). Las áreas forestales muestreadas, se ubicaron en las ciudades de Montería, San Carlos, San Antero, Planeta Rica, Tierralta y Ciénaga de Oro, del departamento de Córdoba.

Para el estudio, se estimaron cinco variables de respuesta relacionadas con los parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas en sendas pruebas de germinación en cámara germinativa (CAGER) y casa-malla (CAMA), para cada una de las cinco especies forestales en estudio. Los parámetros de la germinación estimados fueron: porcentaje de germinación acumulado (PG), índice de velocidad de germinación (IVG), germinación diaria media (GDM), valor pico (VP) y valor de germinación (VG).

En cada especie, se realizó un pre-acondicionamiento de las semillas, sumergiéndolas en agua destilada, a temperatura

ambiente de 27°C. En las especies *C. odorata, C. pyriformis, B. quinata* y *A. excelsum*, se utilizó un tiempo de inmersión de 24h, lapso que está dentro de los rangos aceptados para las especies arbóreas (Correa *et al.* 2013). En el caso de las semillas de *S. parahybum,* las cuales, presentan una cubierta muy dura*,* fueron sumergidas en agua destilada durante 48 horas, a temperatura ambiente.

Las pruebas de germinación en CAGER fueron realizadas en bandejas de aluminio, con sustrato de cuatro capas de papel toalla blanco húmedo, encima del cual, se colocaron las semillas y luego, se cubrieron con otra cantidad igual de papel toalla húmeda. Las bandejas con las semillas fueron colocadas, posteriormente, dentro de una cámara de germinación, marca Dies®, a una temperatura de 28°C, humedad relativa de 80%, con periodo de luz de 10h/día y regadas diariamente de forma uniforme. Las pruebas de germinación, en condiciones de CAMA, fueron implementadas con recubrimiento de polipropileno color negro, malla antiáfidos, temperatura media de 29°C, humedad relativa del 70% y sombreamiento de 33%. Las semillas fueron sembradas a una distancia de 5cm entre hileras y 3cm entre semillas, en bandejas de aluminio, con un sustrato uniforme, conformado de 50% de arena cuarcítica y 50% de arcilla, ambos desinfectados con agua caliente. La profundidad de siembra fue de 2/3 del tamaño de la semilla, con la parte por donde emerge la radícula hacia abajo. Se realizaron dos riegos diarios a las 10a.m. y a las 4p.m.; la germinación fue valorada diariamente durante 55 días. Se consideró la germinación cuando los cotiledones se levantaron del nivel del sustrato.

El PG fue considerado como el porcentaje acumulado de semillas germinadas al final del ensayo; el IVG fue calculado mediante la fórmula recomendada por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{P1}{T1} + \frac{P2}{T2} + \frac{P3}{T3} + \cdots \frac{Pn}{Tn};$$

Donde: P_1, P_2, P_3…, Pn = número de plántulas normales, germinadas y completas en el primer, segundo, tercer y último conteo de la evaluación.

T_1, T_2, T_3,…, T_n = tiempo en días para cada germinación.

La GDM, se consideró como la relación entre el porcentaje acumulado de semillas germinadas al final del ensayo y el número de días desde la siembra al término del ensayo; el VP como la GDM máxima alcanzada en el ensayo y el VG, correspondió al producto de la GDM por el VP (Czabator, 1962).

En cada uno de los dos ambientes de germinación: CAGER y CAMA, se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco especies forestales como tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Una vez establecida la homogeneidad de varianzas de los errores de los dos ensayos, se procedió a efectuar el análisis combinado de varianza y las pruebas de comparación de medias de Duncan. Los análisis estadísticos, se realizaron mediante el uso del programa computacional GENES versión Windows (2009.7.0), desarrollado por Cruz (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis combinado de varianza (ANACOMVA). Se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P<0,01$) entre especies (E) e interacción especies por ambientes germinativos (ExA) en el análisis combinado de varianza (Tabla 1), para los parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas evaluados, a excepción del porcentaje de germinación (PG), lo que indica que, al menos, una de las especies en estudio presentó promedio estadísticamente diferente y su respuesta cambió en los dos ambientes germinativos para el índice de velocidad de germinación (IVG), germinación diaria media (GDM), valor pico (VP) y valor de germinación (VG). Resultados similares han sido reportados en lotes familiares o procedencias de semillas en especies forestales o arbustivas, como *Swietenia macrophylla*, de acuerdo con Niembro & Ramírez-García (2006); cinco especies maderables del Tibet, reportadas por Wang *et al.* (2010); *Bauhinia thonningii*, conforme a Mwase & Mvula (2011); *Quercus rugosa*, de acuerdo a Huerta-Paniagua & Rodríguez-Trejo (2011); *Pachira aquatica*, según Silva *et al.* (2012); *Triplaris surinamensis*, reportada por Ferreira *et al.* (2012); *Tectona grandis*, conforme a Correa *et al.* (2013); *Argania* spinosa, de acuerdo con Zohra *et al.* (2014); *Anadenanthera colubrina*, según Barboza-Nogueira *et al.* (2014). Este resultado evidencia las diferencias genéticas y el comportamiento diferencial existentes entre las semillas de las especies consideradas en los parámetros de la germinación, que resultaron estadísticamente significativos.

Porcentaje de germinación acumulado (PG). En la tabla 2, se observa que la media general para el PG entre las especies, osciló entre 70,5%, para *C. pyriformis* y 77,5%, para *C. odorata*, con una media general para todo el estudio de 73,9%, sin existir diferencias estadísticas entre las especies. Los promedios en PG, de 76,8 y 71,0%, para cámara germinativa (CAGER) y casa-malla (CAMA), respectivamente, corroboran lo obtenido en el ANACOMVA (Tabla 1). Estos resultados sugieren que las semillas de las cinco especies germinaron de manera similar, a nivel general y en cada ambiente germinativo; no obstante, se observa que en CAGER germinó un 8,2% de mayor número de semillas que en CAMA. Esta tendencia, se expresa con mayor importancia en *A. excelsum*, con incrementos estadísticamente significativos, del 22,7%, a favor CAGER. Ello se explica por el mejor control de las condiciones

Tabla 1. Análisis combinado de varianza y nivel de significancia para cinco parámetros fisiológicos de la germinación bajo dos ambientes germinativos de las semillas, para cinco especies forestales nativas en Córdoba.

F.V.	g.l.	CM				
		PG (%)	IVG (ptas/dia)	GDM (%)	VP (%)	VG (%)
Ambientes (A)	1	336,40ns	27,42ns	28,97ns	207,53ns	14345,16ns
Especies (E)	4	49,40ns	26,68**	44,19**	214,00**	16927,25**
ExA	4	77,40ns	8,07**	11,52**	65,89**	6793,70**
Error Comb.	30	67,87	0,25	0,27	2,14	252,42
Total	39					
Media		73,90	3,00	4,38	8,06	49,43
CV(%)		11,15	16,50	11,75	18,17	32,14

CM: Cuadrados medios del análisis combinado de varianza. ns: no significativos y ** significativos al 1% de probabilidad, respectivamente. PG: Porcentaje de germinación acumulado; IVG: Índice de velocidad germinativo; GDM: Germinación diaria media; VP: Valor pico y VG: Valor germinativo. Ambientes: ambientes germinativos: cámara germinativa y casa-malla. Error Comb.: error combinado.

ambientales para la germinación en CAGER, principalmente, temperatura y humedad.

Índice de velocidad de la germinación (IVG). Los valores promedios (Tabla 2) corroboran los resultados obtenidos en el ANACOMVA, a nivel de ambientes (A), especies (E) e interacción ExA. A pesar que cuando se presenta una interacción ExA estadísticamente significativa, se deben analizar los resultados por separado en cada ambiente germinativo; vale la pena resaltar que, en general, *C. pyriformis* y *S. parahybum* registraron los valores más bajos de IVG, con 1,13 y 1,57 plántulas/día, en su orden, mientras que *B. quinata* registró el mayor valor promedio de IVG, con 5,71 plántulas/día; este valor fue superior a la media general en 2,71 plántulas/día y destaca *B. quinata*, como una especie con alta energía germinativa, en razón a que, de acuerdo con Maguire (1962), los mayores valores de IVG están relacionados con mayor energía para germinar de las semillas, mientras que *C. pyriformis* y *S. parahybum* se caracterizan por su baja energía germinativa.

Tabla 2. Promedios de porcentaje acumulado de germinación (PG), índice de velocidad de la germinación (IVG) y germinación diaria media (GDM) de las semillas en cámara germinativa (CAGER) y casa-malla (CAMA), para cinco especies forestales nativas en Córdoba.

Especies	PG (%)				IVG (ptas/dia)				GDM (%)			
	Media	CAGER	CAMA	INC (%)	Media	CAGER	CAMA	INC (%)	Media	CAGER	CAMA	INC (%)
C. odorata	77,5 a	82 a	73 ab	12,3	3,67 b	5,72 a	1,63 cd	250,8	6,70 a	9,11 a	4,29 d	112,2
S. parahybum	74,0 a	76 ab	72 ab	5,6	1,57 d	1,69 c	1,46 cd	15,2	2,28 c	2,62 e	1,95 ef	34,6
C. pyriformis	70,5 a	71 ab	70 ab	1,4	1,13 d	1,38 cd	0,87 d	59,4	2,27 c	2,29 ef	2,26 ef	1,3
A. excelsum	73,5 a	81 a	66 b	22,7	2,92 c	4,71 b	1,13 cd	318,2	3,57 b	5,40 c	1,74 f	210,8
B. quinata	74,0 a	74 ab	74 ab	0	5,71 a	5,65 a	5,77 a	0	7,06 a	6,73 b	7,40 b	-9,1
Media	73,90	76,8 a	71,0 a	8,2	3,00	3,83 a	2,17 b	76,5	4,38	5,23 a	3,53 b	48,2

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan, comparación vertical entre especies y horizontal entre ambientes. PG: Porcentaje de germinación acumulado; IVG: Índice de velocidad germinativo; GDM: Germinación diaria media. Media: media general / especie; CAGER: cámara germinativa; CAMA: casa-malla; INC: incremento de CAGER sobre CAMA.

A nivel de los dos ambientes germinativos, *C. odorata* y *B. quinata* registraron mayor valor promedio del IVG en CAGER (5,72 y 5,65 plántulas/día, respectivamente), mientras que C. *pyriformis* y *S. parahybum* registraron los valores más bajos con 1,38 y 1,69 plántulas/día, en su orden. En CAMA, el mayor IVG se presentó en *B. quinata*, con promedio de 5,77 plántulas/día, mientras que el valor más bajo del IVG, se observó en *C. pyriformis,* con 0,87 plántulas/día, respectivamente. Adicionalmente, los resultados muestran que *B. quinata* fue también la especie que registró la menor diferencia entre las dos condiciones ambientales de germinación, con un IVG promedio similar en CAGER y CAMA. Por el contrario, se observó en *A. excelsum* y *C. odorata*, diferencias de gran magnitud entre ambos ambientes en el IVG (318% y 251%, respectivamente), a favor de los resultados en CAGER. En promedio, se observó mayor expresión del IVG en condiciones de laboratorio en CAGER comparado con CAMA, con un valor promedio de 76,5%. La explicación detallada para estos resultados, se presenta al final en forma conjunta para las especies y los parámetros de germinación, que mostraron un comportamiento similar en los dos ambientes evaluados.

Germinación diaria media (GDM). En la tabla 2, se observa que, en general, las especies *B. quinata* y *C. odorata* presentaron los mayores promedios de GDM, con 7,06% y 6,70%, respectivamente; estos valores superan a la media general (4,38%), en 2,7 y 2,3 puntos, aproximadamente. Por su parte, C. *pyriformis* y *S. parahybum* mostraron los menores valores promedios de GDM, con 2,27% y 2,28% de las semillas germinadas por día. Estas diferencias se explican, posiblemente, por las características morfológicas y anatómicas propias de las semillas, lo cual, permite una absorción más rápida de agua y, por ende, se inicie y genere una germinación total más rápida de las semillas en *B. quinata* y *C. odorata*, que exhibieron los mayores valores promedios de GDM.

La especie que en CAGER mostró estadísticamente la mayor GDM fue *C. odorata*, con el 9,11% de las semillas germinadas en promedio/día, mientras que el menor porcentaje correspondió a *C. pyriformis* y *S. parahybum*, con 2,29 y 2,62%, respectivamente. En CAMA, la mayor GDM se presentó en *B. quinata*, con el 7,40% de las semillas germinadas en promedio/día y los menores porcentajes, en *A. excelsum*, *S. parahybum* y *C. pyriformis*, con 1,74, 1,95 y 2,26%, respectivamente. De igual manera, los datos señalan que *C. pyriformis* fue la especie más consistente y menos afectada por las condiciones de germinación, dado que su GDM exhibió promedios similares en CAGER y CAMA; situación opuesta se detectó en *A. excelsum* y *C. odorata*, en donde los dos ambientes de germinación presentaron diferencias en el GDM, del 210,8 y 112,2%, respectivamente, a favor de las respuestas en CAGER. En promedio, las cinco especies presentaron un 48,3% de mayor expresión de la GDM, en condiciones de CAGER, comparado con CAMA.

Valor pico de la germinación (VP). En la tabla 3, se detalla que la media general para el VP, entre las especies, osciló entre 2,96%, para *C. pyriformis* y 15,33%, para *B. quinata*; esta especie superó en 7,27 puntos a la media general para todo el estudio, que fue de 8,06%. Las especies que en CAGER, bajo condiciones de laboratorio mostraron estadísticamente los valores de mayor magnitud del VP, fueron *C. odorata* y *B. quinata*, con un máximo de semillas germinadas/día de 16,10 y 15,33% respectivamente; los menores promedios se presentaron en *S. parahybum* y *C. pyriformis*, con 3,41 y 3,43%, en su orden. En CAMA, el máximo porcentaje de semillas germinadas en un día, se presentó en *B. quinata*, con un valor de 15,33%, mientras que el menor registro de VP de germinación se obtuvo en *C. pyriformis*, *S. parahybum*, *A. excelsum* y *C. odorata*, con promedios de 2,50, 3,19, 3,22 y 4,66%, respectivamente. Los datos indican, además, que *B. quinata* fue también la especie más estable y menos afectada en este parámetro, por las condiciones de germinación, dado que su VP fue igual en CAGER y en CAMA, con 15,33%, máximo de semillas germinadas en un día, durante la prueba. Caso contrario se observó en *A. excelsum* y *C. odorata*, en donde las dos condiciones de germinación representaron diferencias en el VP, del 316,1 y 245,9%, respectivamente, a favor de los resultados en CAGER. En promedio, se observó mayor expresión del VP, en condiciones de CAGER, comparado con CAMA, con una diferencia del 78,7%.

Valor de germinación (VG). La prueba de comparación de medias para este parámetro fisiológico de la germinación señala diferencias estadísticas entre las especies (E), ambientes germinativos (A) e interacción ExA (Tabla 3). En general, *C. pyriformis* y *S. parahybum* registraron los valores más bajos de VG, con 6,80 y 7,67 unidades en su orden, mientras que *B. quinata* y *C. odorata* registraron los mayores valores promedios de VG, con 109,71 y 83,61, respectivamente; estos valores representaron a la media general, en 2 veces, aproximadamente.

En los ambientes germinativos, *C. odorata* registró estadísticamente el mayor valor medio de VG, con 147,11 unidades en CAGER, mientras que el menor valor promedio se registró en *C. pyriformis* y *S. parahybum*, con 7,91 y 9,04 unidades, respectivamente. Bajo las condiciones de CAMA, el mayor VG se presentó en *B. quinata*, con 114,63 y los menores valores promedios se registraron en C. *pyriformis*, *A. excelsum, S. parahybum*, y *C. odorata*, con 5,68, 5,78, 6,30 y 20,11 unidades, respectivamente. Adicionalmente, los datos señalan que *B. quinata* fue la especie más consistente y menos afectada por las condiciones de germinación, dado que su VG exhibió promedios similares en CAGER y CAMA,

Tabla 3. Promedios de valor pico de la germinación (VP) y valor germinativo (VG) de las semillas en cámara germinativa (CAGER) y casa-malla (CAMA), de cinco especies forestales nativas en Córdoba.

Especies	VP (%)				VG (#)			
	Media	CAGER	CAMA	INC (%)	Media	CAGER	CAMA	INC (%)
C. odorata	10,38 b	16,10 a	4,66 c	245,9	83,61 a	147,11 a	20,11 d	631,6
S. parahybum	3,30 c	3,41 c	3,19 c	7,0	7,67 c	9,04 d	6,30 d	43,6
C. pyriformis	2,96 c	3,43 c	2,50 c	37,3	6,80 c	7,91 d	5,68 d	39,3
A. excelsum	8,31 b	13,40 b	3,22 c	316,1	39,39 b	73,01 c	5,78 d	1164,3
B. quinata	15,33 a	15,33 ab	15,33 ab	0	109,71 a	104,78 b	114,63 b	-8,6
Media	8,06	10,33 a	5,78 b	78,7	49,43	68,37 a	30,50 b	124,2

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan, comparación vertical entre especies y horizontal entre ambientes VP: Valor pico y VG: Valor germinativo. Media: media general / especie; CAGER: cámara germinativa; CAMA: casa-malla; INC: incremento de CAGER sobre CAMA.

lo cual, no representa diferencias importantes en los dos ambientes. Situación opuesta se detectó en *A. excelsum* y *C. odorata*, en donde las dos condiciones de germinación representaron diferencias aproximadas en el VG, del 1,164% y 632%, respectivamente, a favor de los resultados obtenidos en CAGER. En promedio, se observó, una vez más, mayor expresión del VG, en condiciones de CAGER, comparado con CAMA, lo que representó un incremento promedio del 124,2%.

La mayor expresión promedio de los parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas IVG, GDM, VP y VG de las cinco especies, en las pruebas realizadas en CAGER, se explica en función del mayor control y uniformidad en las condiciones de sustrato, humedad, oxígeno, temperatura y luz para la germinación de las semillas, que se ofrece en el ambiente de la cámara germinativa. En casa-malla, las condiciones son muy heterogéneas y cambiantes, ya que dependen de las variaciones de clima reinantes durante el periodo de realización de las pruebas de germinación, como lo reportan varios autores: Olmez *et al.* (2009), Gokturk *et al.* (2012), Correa *et al.* (2013), Armaki *et al.* (2013) y Armaki (2014).

B. quinata fue la especie más consistente y menos afectada por las dos condiciones de germinación, dado que sus parámetros germinativos PG, IVG, GDM, VP y VG presentaron promedios muy similares en CAGER y CAMA, hecho que se puede explicar por tener una semilla con testa porosa, permeable y ligera de peso, lo que le confiere, a su vez, rápida absorción de humedad, menos días a inicio de la germinación, menos días durante la germinación, menos días para completar su germinación y el mayor IVG (Tabla 2). Esto permite clasificar a *B. quinata* como una de las especies con mayor energía y vigor germinativo, dado que el IVG, GDM, VP y VG estiman la energía y vigor para germinar de las semillas (Maguire, 1962). Situación contraria se detectó en *A. excelsum*, que fue la especie más afectada por los dos ambientes de germinación, en razón a que mostró las mayores diferencias en los cinco parámetros germinativos. Este comportamiento opuesto en las dos especies, se puede explicar por las características propias de las semillas de *A. excelsum,* que resultaron más pesadas, con testa dura y semi-impermeable; esto, a su vez conlleva a mayor resistencia mecánica a la absorción de humedad, mayores días a inicio de la germinación, más días durante la germinación, mayores días para completar su germinación y valores intermedios en IVG, GDM, VP y VG (Tabla 2), en las dos condiciones de evaluación del estudio.

En *B. quinata*, el proceso de germinación es muy rápido; la semilla presenta alta energía y vigor germinativo, además se ve favorecida en la CAGER, por el mayor control y uniformidad en las condiciones de germinación comparado con la casa-malla, en donde los micro-ambientes, al ser de menor control, cambiantes y muy heterogéneos, afectan negativamente y en mayor grado la evaluación de los parámetros de la germinación a las especies, con las características de las semillas de *A. excelsum*, como lo han reportado varios autores (Olmez *et al.* 2009; Gokturk *et al.* 2012; Armaki *et al.* 2013; Armaki, 2014).

Otro factor a tener en cuenta, a nivel de especie o condiciones de evaluación, sobre todo en casa-malla, es que el estrés por sequía, temperaturas extremas, radiación solar, salinidad o acidez del sustrato, costras de tierra que cubren la semilla, así como los agentes patógenos o herbívoros, podrían afectar negativamente los parámetros de germinación y de crecimiento de las plántulas, lo que contribuye a que

las semillas que emergen tarde tengan menor capacidad competitiva en vivero y campo, que las semillas que emergen temprano (Armaki, 2014; Zohra *et al.* 2014).

Las especies o lotes de semillas que presentan los mayores PG, IVG, VP, GDM y VG, en condiciones óptimas de germinación son más deseables y de mejor calidad fisiológica, ya que permiten obtener el mayor número de plántulas, más vigorosas y en el menor tiempo posible, por su mayor energía y vigor germinativo. Lo anterior es más valioso si se tiene en cuenta que en teoría, probablemente, sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en condiciones favorables de laboratorio, casa-malla o invernadero, serán capaces de producir plántulas vigorosas en condiciones de vivero o mayor sobrevivencia inicial en campo (Gokturk *et al.* 2012; Rivera-Martin *et al.* 2013).

Adicionalmente, en la realización de las pruebas en cámara de germinación en laboratorio es posible manipular los factores que limitan la germinación de las semillas, hasta encontrar las condiciones óptimas para cada especie, lo cual, permite maximizar su capacidad de germinación. La utilización de condiciones ideales estandarizadas en la cámara germinativa, garantiza que las diferencias entre los resultados se pueden adscribir a diferencias reales entre muestras de semillas y no a diferentes métodos de análisis. Los resultados obtenidos para un determinado lote de semillas, bajo condiciones similares en CAGER en un laboratorio, serán parecidos a los obtenidos en cualquier otra cámara germinativa; los resultados serán reproducibles (Olmez *et al.* 2009; Gokturk *et al.* 2012; Correa *et al.* 2013; Armaki *et al.* 2013; Armaki, 2014).

El conocimiento de los parámetros fisiológicos de la germinación de las cinco especies nativas en estudio contribuye a conocer la cantidad y las características de plántulas útiles a obtener por determinada cantidad de semilla sembrada; además de coadyuvar a entender la dinámica de la regeneración y establecimiento natural por semillas de las especies en los bosques naturales o plantados, donde deben enfrentar una serie de condiciones adversas bióticas y abióticas, que pueden restringir el éxito de la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas (Rivera-Martin *et al.* 2013).

Por otro lado, los resultados de viabilidad, a través de una prueba de tetrazolio, acompañados con una posterior prueba de germinación en cámara germinativa, permitirán conocer el potencial teórico real de la calidad fisiológica de las semillas, que son de gran valor en los procesos de conservación, almacenamiento, monitoreo, regeneración, certificación y comercialización de las semillas, para los trabajos exitosos en viveros, silvicultura, mejoramiento genético y conservación del germoplasma (Nascimento, 2013; Armaki *et al.* 2013; Lazarotto *et al.* 2013; Abbade & Massanori, 2014; Deminicis *et al.* 2014; Armaki, 2014; Guimarães *et al.* 2015).

Hay que tener presente que los resultados obtenidos bajo condiciones ideales controladas en CAGER en laboratorio no son directamente aplicables en el vivero, donde sólo se puede ejercer un control limitado sobre las condiciones ambientales, aunque, en la mayoría de casos, los dos resultados están estrechamente relacionados (Gokturk *et al.* 2012; Armaki *et al.* 2013; Armaki, 2014). En esta forma, el viverista, gradualmente, estará en capacidad de pronosticar el desempeño en vivero, basado en la germinación de CAGER en laboratorio; además, cada productor debe aplicar su propio factor de corrección, derivado de la experiencia, para convertir el porcentaje germinativo de un lote, tal como viene determinado por los ensayos en laboratorio, en la germinación efectiva que obtendrá en el vivero (Gokturk *et al.* 2012; Armaki *et al.* 2013; Guimarães *et al.* 2015).

Se concluye, en este estudio, que la respuesta de las especies fue diferente en los dos ambientes germinativos, para el índice de velocidad de germinación, germinación diaria media, valor pico y valor de germinación. Cuando la infraestructura lo permita, se recomienda mejor utilizar cámaras germinativas en laboratorio frente a casa-malla, para estimar los parámetros fisiológicos de la germinación de las semillas forestales, debido al mayor control que se ejerce sobre los factores ambientales esenciales para la misma.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue cofinanciado en la convocatoria interna de proyectos de investigación de 2011 de la Universidad de Córdoba, el cual, se ejecutó bajo la alianza estratégica Universidad de Córdoba y Cadena Forestal de Córdoba (FORCARIBE).

BIBLIOGRAFÍA

1. ABBADE, L.; MASSANORI, T. 2014. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Ridl,) Sandwith-Bignoniaceae, submetidas ao Armazenamento. Rev. Árvore (Brasil). 38(2):233-240.

2. ARMAKI, M.A. 2014. The effects of metabolism in response to water stress of three Poa species under germinator and greenhouse conditions. Int. J. Agr. Forestry Fisheries (USA). 2(2):22-28.

3. ARMAKI, M.A.; HASHEMI, M.; AZARNIVAND, H. 2013. Physiological and morphological responses of

three *Bromus* species to drought stress at seedling stage and grown under germinator and greenhouse conditions. Afr. J. Plant Sci. (India). 7(5):155-161.

4. BARBOZA-NOGUEIRA, F.C.; LOBO-PINHEIRO, CH.; MEDEIROS-FILHO, S.; DA SILVA MATOS, D.M. 2014. Seed germination and seedling development of *Anadenanthera colubrina* in response to weight and temperature conditions. J. Plant Sci. (India). 2(1):37-42.

5. CAMPO-ARANA, R.; EZQUIVEL-URANGO, N.; ESPITIA-CAMACHO, M. 2014. Hongos asociados a la semilla de seis forestales nativos, cultivados en el departamento de Córdoba. Fitopat. Col. 38 (2):27-31.

6. CORREA, E.; ESPITIA, M.; ARAMÉNDIZ, H.; MURILLO, O.; PASTRANA, I. 2013. Variabilidad genética en semillas de árboles individuales de *Tectona grandis* L.f, en la conformación de lotes mezclados en Córdoba, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2):379-389.

7. CRUZ, C. 2014. Programa genes. Versão Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Versión 2009.7.0. Universidade Federal de Viçosa. Disponible desde internet en: http:///www,ufv,br/dbg/genes/genes,htm (con acceso: 05/04/2014).

8. CZABATOR, F. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science (USA). 8(4):386-396.

9. DEMINICIS, B.B.; RODRIGUES, P.D.R.; FARIA, B.P.; VIEIRA, H.D.; PANDOLFI-FILHO, H.D.; FREITAS, G.S. 2014. Tetrazolium test to evaluate *Stizolobium aterrimum s*eeds quality. Am. J. Plant Sci. (USA). 5(1):148-152.

10. FERREIRA, C.D.; SOUTO, P.C.; LÚCIO, A.F.; SOUTO, J.S.; SOUZA, B.V. 2012. Avaliações biométricas e germinação de sementes de Coaçu (*Triplaris surinamensis* Cham). Rev. Bras. Tecn. Apli. Ciên. Agrá. 5(1):147-162.

11. GOKTURK, A.; OLMEZ, Z.; KARASAH, B.; SURAT, H. 2012. Effects of cold stratification and sulphuric acid pre-treatments on germination of pomegranate (*Punica granatum* L.) seeds in greenhouse and laboratory conditions. Scientific Res. Essays (Nigeria). 7(25):2225-2229.

12. GOLD, K.; LEÓN-LOBOS, P.; WAY, Y.M. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110. 62p. Disponible desde Internet en: http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31275.pdf (con acceso: 08/09/2012).

13. GUIMARÃES, R.R.; LEÃO, L.; NERY, M.C.; DE SOUZA, A.R.; CRUZ, S.M.; DE RESENDE, P.C.A. 2015. Tetrazolium test in crambe seeds. Semina: Ciências Agrárias (Brasil). 36(4):2539-2544.

14. HUERTA-PANIAGUA, R.; RODRÍGUEZ-TREJO, D. 2011. Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. Rev. Chapingo Serie Ciencias For. Ambiente (México). 17(2):179-187.

15. LAZAROTTO, M.; BRIÃO, M.F.M.; BELTRAME, R.; DOS SANTOS, A.F.; MEZZOMO, R.; PIVETA, G.; BLUME, E. 2013. Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do sul do Brasil. Rev. Árvore. 37(2):201-210.

16. MAGUIRE, D. 1962. Speed of germination-aid. In: Selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. (USA). 2(1):176-177.

17. MWASE, W.F.; MVULA, T. 2011. Effect of seed size and pre-treatment methods of *Bauhinia thonningii* Schum, on germination and seedling growth. Afr. J. Biotechnol. (Nigeria). 10(13):5143-5148.

18. NASCIMENTO, I. 2013. Determinação de metodologias para teste de germinação e vigor de sementes de quixabeira (*Bumelia obtusifolia* Roem *et* Schult. var. excelsa (DC) Mig.). Rev. Árvore. 37(4):701-706.

19. NIEMBRO, A.; RAMÍREZ–GARCÍA, E. 2006. Evaluación de la cantidad y calidad biológica de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King- Meliaceae) procedentes de una plantación en el estado de Campeche-México. Foresta Veracruzana (México). 8(1):23-30.

20. OLMEZ, Z.; GOKTURK, A.; KARASAH, B.; YILMAZ, H. 2009. Effects of cold stratification, and sulphuric acid pretreatments on germination of three provenances of smoke-tree (*Cotinus coggygria* Scop.) seeds in greenhouse and laboratory conditions. Afr. J. Biotechnol. (Nigeria). 8(19):4964-4968.

21. PALENCIA, G.; MERCADO, T.; COMBATT, E. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba.

Facultad de Ciencias Agrícolas. Ed. UNICOR (Colombia). 126p.

22. RIVERA-MARTIN, L.E.; PEÑUELA-MORA, M.C.; JIMÉNEZ-ROJAS, E.M.; VARGAS-JARAMILLO, M. 2013. Ecología y silvicultura de especies útiles amazónicas: Abarco (*Cariniana micrantha* Ducke), Quinilla (*Manilkara bidentata* (A, DC,) A, Chev,) y violeta (*Peltogyne paniculata* Benth), U.N. de Colombia (Sede Amazonas - Colombia) – Inst. Amazónico de Investigaciones. IMANI. 180p.

23. SILVA, K.B.; ALVES, E.U.; MATOS, V.P.; BRUNO, R.L. 2012. Caracterização morfológica de frutos, sementes e fases da germinação de *Pachira aquatica* Aubl, (Bombacaceae). Rev. Ciênc. Agr. (Brasil). 33(3): 891-898.

24. WANG, J.H.; BASKIN, C.C.; CHEN, W.; DU, G.Z. 2010. Variation in seed germination between populations of five sub-alpine woody species from Eastern Qinghai-Tibet Plateau following dry storage at low temperatures. Ecol. Res. (Japan). 25(1):195-203.

25. ZOHRA, B.; ALI, M.; MOULAY, B. 2014. Germination tests of seeds of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) of two sources (Tindouf and Mostaganem) in the semi-arid western Algerian. Afr. J. Plant Sci. (India). 8(6):260-270.

Recibido: Marzo 19 de 2016
Aceptado: Julio 14 de 2016

Cómo citar:

Espitia, M.; Cardona, C.; Araméndiz, H. 2016. Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de Cordoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 307-315.

EFECTO DEL SOMBRÍO SOBRE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET) EN CULTIVO DE PLÁTANO cv HARTÓN (*Musa* AAB SIMMONDS)

SHADOW EFFECT ON BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET) IN PLANTAIN CULTIVATION cv HARTON (*Musa* AAB SIMMONDS)

José Barrera V.[1], Fernando Barraza A.[2], Rodrigo Campo A.[3]

[1] Ingeniero agrónomo, M.Sc. Fisiología vegetal, Profesor investigador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural, Grupo de investigación Agricultura Sostenible. Universidad de Córdoba, carrera 6 No. 76-103, Montería, Córdoba, Colombia, e-mail: jlbarrera@correo.unicordoba.edu.co; [2] Ingeniero agrónomo, M.Sc. Horticultura, Ph.D. Horticultura, Profesor investigador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural, Grupo de investigación Agricultura Sostenible. Universidad de Córdoba, e-mail: fbarraza@correo.unicordoba.edu.co; [3] Ingeniero agrónomo, M.Sc. Protección de Cultivos, Ph.D. Fitopatología, Profesor investigador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural, Grupo de investigación Agricultura Sostenible. Universidad de Córdoba, e-mail: rocampoarana@correo.unicordoba.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 317-323, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La sigatoka negra en el cultivo del plátano es considerada como una de las enfermedades más limitante de la producción, a nivel mundial, siendo manejada con fungicidas, ocasionando contaminaciones ambientales e incremento de los costos de producción. Como estrategia no contaminante, algunos investigadores recomiendan cultivar en condiciones de sombrío, para reducir la enfermedad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes porcentajes de sombrío en la incidencia de la enfermedad y en la producción, bajo condiciones del Caribe húmedo colombiano. En condiciones de campo, se estableció el cultivar 'Hartón', en un diseño de bloques completos al azar y cuatro porcentajes de sombrío, 20, 35 y 50%, teniendo como testigo plantas cultivadas a libre exposición solar 100%. Las evaluaciones, se realizaron durante el periodo de floración del cultivo, cuantificando el número de hojas funcionales NHF, la hoja más joven con síntomas HMJS, la hoja más joven enferma HMJE, el índice de severidad IS y rendimiento. Los tratamientos con 20, 35 y 50% de sombrío no presentaron diferencias estadísticas entre sí; más sí, con el testigo en las variables NHF, HMJE, IS y rendimiento. Los tratamientos con sombra manifestaron menor IS de la sigatoka negra, de 13 al 15%, mientras el testigo fue del 18%; además, los rendimientos se incrementaron en 400kg ha^{-1}. Se concluye, que el cultivo de plátano 'Hartón', manejado a partir del 20% de sombrío, fue suficiente para reducir la severidad de la sigatoka negra e incrementar significativamente los rendimientos.

Palabras clave: Epidemiología, fisiología, manejo de sigatoka negra.

SUMMARY

Black sigatoka in plantain cultivation is considered one of the most limiting production diseases worldwide. It is managed with fungicides, causing environmental pollution and increased production costs. As a nonpolluting strategy, some researchers recommend cultivating shade conditions to reduce the disease. The aim of this study was to evaluate the effect of different shade percentages in the incidence of disease and production under the Caribbean Colombian humid conditions. Under field conditions it was established to cultivate the 'Harton' in a completely randomized block design and four shade percentages 20, 35 and 50%, having as control plants growing in 100% sun exposure. Evaluations were performed during the flowering period of the crop, quantifying the number of functional leaves NFL, the youngest leaf with symptoms YLS, the youngest diseased leaf YDL, the severity index SI and yield. Treatments with 20, 35 and 50% shade were not statistically different from each other; but with the

witness in the NFL, YLS, SI and yield. Treatments with shade had lower SI of black sigatoka, between 13 to 15%; while the witness was 18%; also the yield increased in 400kg ha^{-1}. It is concluded that growing 'Harton', managed from 20% shade was enough to reduce the severity of black sigatoka and significantly increase yields.

Key words: Epidemiology, physiology, management of black sigatoka.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad más limitante de la producción mundial de plátanos durante los últimos cincuenta años, con cualquier cultivar, ha sido la sigatoka negra (Hidalgo *et al*. 2006). Es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, caracterizándose por la alta producción de ascosporas y conidias asexuales de su anamorfo *Paracercospora fijiensis*, produciendo un alto número de ciclos sexuales y asexuales por año y colonización rápida de los tejidos foliares de cultivos de plátano y de banano, causando necrosis parcial o total, reduciendo la fotosíntesis y ocasionando madurez prematura de los frutos, con disminución hasta de un 50% del rendimiento, dependiendo de la severidad del ataque (Rodríguez & Cayón, 2008; De Bellaire *et al*. 2010).

Para la reducción de la sigatoka negra, se recomienda un manejo temprano, mediante la aplicación de estrategias, que incluyen deshojes, despunte de hojas y aplicación de fungicidas. Este último rubro constituye el 27% de los costos de producción del cultivo y se estima que al año se realizan entre 30 y 50 aplicaciones de fungicidas, tanto protectantes como sistémicos, con consecuencias negativas como fitotoxicidad, pérdida de sensibilidad de *M. fijiensis* a diversos grupos químicos, contaminación ambiental y presencia de residuos tóxicos en los frutos (Etebu & Young, 2011).

En el proceso de llenado de los frutos de la planta de plátano, el desarrollo progresivo del área foliar y su actividad fisiológica son factores determinantes en el desempeño productivo, por lo cual, es fundamental que durante su crecimiento y desarrollo, la planta tenga suficientes hojas funcionales, que garanticen que la fotosíntesis se lleve a cabo, de manera óptima (Arcila *et al*. 2000). En este sentido, para obtener una buena producción de racimos de plátanos, se deben mantener, al momento de la floración, un mínimo ocho hojas funcionales (Torres & Hernández, 2004). Lo anterior, indica la importancia del manejo agronómico para llegar a la floración, por lo menos, con ocho sanas libres de sigatoka negra (Barrera *et al*. 2009).

El cultivo de plátano, como planta C_3, requiere de baja luminosidad entre 30 a 80%, para obtener los mejores rendimientos (Siles *et al*. 2013); no obstante, en Colombia, se siembran 45.500 ha a libre exposición, como monocultivo (ICA, 2014). Al interior del país, se establece en asocio con especies vegetales que le producen sombra, siendo común encontrar cultivos de café o cacao, asociados con plátano frutales y forestales (ICA, 2014; Siles *et al*. 2013).

Teniendo en cuenta que el manejo de la Sigatoka negra con fungicidas causa contaminación ambiental e incrementos en los costos de producción, en este trabajo, se planeó investigar, bajo las condiciones de la zona productora de Tierralta, Córdoba, el manejo de la Sigatoka negra, con una alternativa no contaminante, como es el uso de diferentes niveles de sombrío y su influencia en los rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se llevó a cabo entre el 11 de marzo 2012 y el 10 de febrero de 2013, en el municipio de Tierralta Córdoba, ubicado geográficamente a 08º 10'34" latitud Norte y 76º03'46" longitud Oeste, con temperatura anual promedio de 27,3°C, humedad relativa de 82%, 1144mm de precipitación anual y altitud de 51msnm.

Bajo condiciones de campo, se establecieron plantas de dos meses de edad, del cultivar Hartón, en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y cuatro porcentajes de sombrío: 20, 35 y 50%, teniendo como testigo, plantas cultivadas a libre exposición 100%. Cada repetición estuvo conformada por una parcela con 18 plantas, distanciadas a 2,7m en triángulo. La separación entre parcelas fue de 3,0m y la superficie total del experimento fue de 1518m^2, en donde estuvieron ubicadas un total de 216 plantas.

Para establecer el sombrío, se utilizaron mallas de polisombra, color negro, ubicadas a 5,0m de altura, calibradas para dejar pasar el 80, 65 y 50% de la radiación solar, sujetadas mediante estacas de mangle y alambre, calibre número 10. Los porcentajes de radiación incidente en las parcelas fueron verificados mediante lecturas con un fotómetro-radiómetro cuántico Li-Cor® 184.

Evaluación de la sigatoka negra. La severidad, se evaluó seis meses después del establecimiento de los diferentes niveles de sombra, cuando las plantas iniciaban la floración; durante dos meses, cada quince días, se evaluaron tres plantas en estado de floración, en cada tratamiento, empleando la escala propuesta por Stover, modificada por Gauhl (Orjeda 1998). Los datos de severidad fueron transformados a Índice de Severidad IS, mediante la siguiente ecuación, propuesta por Towsend y Heuberguer (Orjeda 1998):

$$IS = \sum nb / (N-1)\ T * 100$$

donde:

IS= Índice de severidad
n= Número de hojas en cada nivel
b=Grado de severidad
N= Número de grado máximo en la escala= 7
T= Número total de hojas evaluadas

Otras variables, medidas por tratamiento, fueron el número de hojas funcionales, hoja más joven con síntomas y rendimiento.

El número de hojas funcionales NHF fueron aquellas que, visualmente, presentaban el 80% de su superficie libre de necrosis por sigatoka negra y se cuantificaron, enumerándolas de arriba hacia abajo, a partir de la hoja bandera, de acuerdo con la metodología propuesta por Hernández *et al*. (2005).

La hoja más joven con síntomas HMJS correspondió a la primera hoja totalmente abierta, contada de arriba hacia abajo, que presentó, por lo menos, 10 manchas de lesiones discretas necrosadas de sigatoka negra, con lesiones deprimidas y centro de color claro. La hoja más joven enferma HMJE correspondió a aquella contada de arriba hacia abajo, que presentó estrías fácilmente visibles desde el suelo (Torrado Jaime & Castaño Zapata, 2008).

Los racimos no fueron embolsados ni se les hizo desmanes. El rendimiento, se determinó mediante la cosecha de las cuatro plantas centrales de cada parcela, a los 75 días después de la emisión de la inflorescencia. Finalmente, los racimos se pesaron y se estimaron los rendimientos en $t \cdot ha^{-1}$.

Los datos obtenidos de las variables NHF, HMJS, HMJE, IS y rendimiento, para cada tratamiento, fueron sometidos a análisis de varianza, previa revisión del cumplimiento de la normalidad de los datos; posteriormente, se realizaron comparaciones de las medias Tukey $p \leq 0,05$, empleando el programa estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Numero de hojas funcionales NHF. Hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde los tratamientos con sombrío fueron significativamente diferentes con el testigo, en todas las fechas evaluadas (Tabla 1).

Tabla 1. Número de hojas funcionales NHF del cultivo de plátano Hartón, durante el periodo de floración, en diferentes porcentajes de sombrío.

Sombrío %	NHF				
	260 días*	275 días	290 días	305 días	320 días
20	10,6 a	10,6 a	11,3 a	11,4 a	12,0 a
35	11,2 a	11,4 a	11,3 a	11,5 a	12,0 a
50	10,5 a	11,0 a	11,1 a	11,5 a	11,0 a
0	8,5 b	8,3 b	9,5 b	7,6 b	7,2 b

*Días después de plantado; Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

La menor cantidad de hojas funcionales, se encontró en el tratamiento a libre exposición, indicando que los diferentes porcentajes de sombrío proporcionaron al cultivo un efecto positivo sobre el número de hojas funcionales sanas. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Martínez (2003), quien reporta una mayor sanidad, determinada con un mayor NHF, cuando el cultivo es efectuado en ambiente de 50% de sombrío; igualmente, Belalcázar *et al*. (1991) indican que es necesario el establecimiento de un sistema agroforestal simultáneo con el cultivo de plátano a distancias, que no interfieran directamente con las plantas, como por ejemplo, 4m entre hileras de plantas y 2m entre plantas en la hilera, puesto que ayuda a disminuir la severidad de la enfermedad de la sigatoka negra.

En estudios realizados por Barrera *et al*. (2009), concluyeron que plantas de plátano que conservaron entre ocho y doce hojas durante la floración presentaron mayor tamaño de racimos. Estos mismos autores indican que para garantizar un buen llenado es necesario que la planta a cosecha termine, al menos, con seis hojas funcionales. Por otra parte, Cayón (2001) y Siles *et al*. (2013) reportan que las mayores tasas de fotosíntesis ocurren en las hojas más jóvenes de la planta dos, tres, cuatro y cinco, reduciéndose, drásticamente, en las hojas seis, siete, ocho y nueve, más viejas, lo que indica, la posibilidad que al cultivo le favorece el sombrío en etapas tempranas del crecimiento, para su vigor general y mejor respuesta al ataque de plagas y de enfermedades.

Hoja más joven con síntoma HMJS. El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde los tratamientos con sombrío fueron concluyentemente diferentes con el testigo, en todas las fechas evaluadas, presentando un mayor número de hojas sanas (Tabla 2). Entre los diferentes niveles de sombrío, no hubo diferencias significativas de HMJS, mas sí de éstos con el testigo, presentándose resultados similares a los obtenidos en cultivos de forestales asociados con plátano, donde el primero, ejerce un efecto hasta del 50% de sombra (Karani, 1986). Las plantas de plátano a libre exposición solar fueron más sensibles a la sigatoka negra, al presentar la HMJS entre cuatro y seis (Tabla 2), las cuales, están por debajo del número de hojas necesarias para desarrollar un buen racimo, lo que va a afectar el rendimiento y la calidad de la fruta (Martínez, 2003; Almodóvar & Díaz, 2007).

Por otra parte, Aguirre *et al*. (2012) indican que el cultivo bajo sombra puede reducir la presión de *M. fijiensis*, ya que se retarda, apreciablemente, el ciclo de la enfermedad y se obtienen menos hojas infectadas, con pocos impactos negativos sobre la productividad, cuando la radiación solar se reduce hasta el 20%.

Hoja más joven enferma HMJE. Se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos con sombrío fueron estadísticamente iguales entre sí y significativamente superiores al testigo (Tabla 3). Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación de Martínez (2003), en cuanto a que, bajo condiciones de cultivo con sombrío, en etapa de floración, la HMJE estuvo entre la número diez y once, indicando que la planta de plátano puede llegar hasta el final de su ciclo productivo, lo que le permitió un buen llenado de los frutos y, por tanto, alto rendimiento.

Tabla 2. Hojas más joven con síntomas HMJS de sigatoka negra (*M. fijiensis*), en cultivo de plátano Hartón, durante el periodo de floración.

Sombrío %	HMJS				
	260 días*	275 días	290 días	305 días	320 días
20	7,2 a	7,3 a	7,2 a	8,1 a	8,7 a
35	7,4 a	7,2 a	7,1 a	8,3 a	9,2 a
50	6,5 b	6,4 b	7,3 a	8,2 a	8,4 a
0	4,6 c	5,1 c	5,4 b	5,5 b	5,8 b

*Días después de plantado; Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 3. Hojas más joven enferma HMJE con sigatoka negra (*M. fijiensis*), en cultivo de plátano Hartón, durante el periodo de floración.

Sombrío %	HMJE				
	260 días*	275 días	290 días	305 días	320 días
20	9,3 a	9,7 a	9,8 a	9,7 a	11,0 a
35	9,5 a	9,8 a	10,2 a	9,7 a	11,0 a
50	9,4 a	9,1 a	9,8 a	10,0 a	10,1 a
0	7,1 b	7,5 b	7,2 b	8,7 a	9,7 a

*Días después de plantado; Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para el caso de las plantas sometidas a plena exposición solar, el hecho de presentar hoja más joven enferma entre las primeras hojas de la planta, agrava la obtención de buenos rendimientos, puesto que dentro del manejo agronómico de la sigatoka negra, si se opta por realizar las operaciones de deshoje y despunte para disminuir el ascenso más rápido de la enfermedad hacia las hojas superiores, se deben cortar todas las hojas viejas e infectadas antes de que la planta comience floración, con lo que quedaría con un número de hojas por debajo de seis, que es la cantidad mínima para no afectar el rendimiento (Etebu & Young, 2011).

Índice de severidad IS. Hubo diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento con plena exposición solar superó a los tratamientos con sombrío y tuvo su mayor magnitud a los 290 días después de plantado (Tabla 4), lo que coincidió con lo reportado por Armario *et al*. (2007), para el clon FHIA 20.

Tabla 4. Índice de severidad de la sigatoka negra (*M. fijiensis*), en cultivo de plátano Hartón, durante el periodo de floración, en diferentes porcentajes de sombrío.

Sombrío %	Índice de severidad (%)				
	260 días*	275 días	290 días	305 días	320 días
20	22,7 a	17,0 a	18,0 a	17,6 a	15,0 a
35	22,7 a	16,7 a	18,0 a	17,0 a	13,0 a
50	21,0 a	23,3 a	18,0 a	18,0 a	15,0 a
0	24,0 a	25,0 b	28,0 b	19,0 b	17,7 b

* Días después de plantado; Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

En términos generales, para todos los tratamientos, el IS presentó un comportamiento decreciente durante el periodo de floración evaluado, indicando menor magnitud para los tratamientos con sombra; posiblemente, se relacione con el aumento del área foliar de las plantas, que causa modificación de las condiciones ambientales, por el sombreamiento y la disminución de la temperatura, lo que está relacionado con la reducción de la severidad de *M. fijiensis* (Mobambo *et al*. 1993; Norgrove, 2003; Hernández *et al*. 2005). También está reportado que al reducir la cantidad de luz incidente en el interior de las plantaciones de plátano, se disminuye la toxicidad de cercosporin, que es una toxina de carácter fotosensible, producida por *M. fijiensis*, en el proceso de patogenicidad (Orozco *et al*. 2008).

Algunos autores, como Pocasangre *et al*. (2000) y Meneses *et al*. (2003), reportan que en cultivos de *Musa* spp., los efectos positivos de las condiciones de cultivo bajo sombra no solo están dirigidos a disminuir los daños causados por sigatoka negra, sino que, también, logran aminorar los daños causados por nematodos y por enfermedades causadas por hongos, presentes en el suelo, como *Fusarium* sp.

Rendimiento. Los tratamientos con los diferentes porcentajes de sombrío resultaron estadísticamente iguales entre sí y significativamente superiores al tratamiento de libre exposición de radiación solar (Tabla 5); posiblemente, se debió a la disminución del índice de severidad de *M. fijiensis* en los diferentes tratamientos con sombra, produciendo un mayor

Tabla 5. Rendimiento del cultivo de plátano Hartón, en diferentes porcentajes de sombrío.

Sombrío %	Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)
20	9,0 a
35	9,1 a
50	9,3 a
0	8,6 b

Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

número de hojas funcionales, mayor número de hojas sanas. Además, los diferentes porcentajes de sombrío afectaron el ambiente, en cuanto a disminución de la temperatura y aumento de la humedad relativa, siendo la planta más eficiente en los procesos de fotosíntesis, respiración y transporte de fotoasimilados, lo cual, afecta la economía del carbono del patógeno y aumenta la relación fuente-vertedero de la planta, que favorece el llenado de racimos (Eckstein *et al*. 1995; Israeli *et al*. 1995; Hidalgo *et al*. 2006; Refaie *et al*. 2012).

Además de lo anterior y de acuerdo con Marín *et al*. (2003) y Nava & Vera (2004), en las hojas enfermas por *M. fijiensis*, se afectan los procesos de fotosíntesis y de respiración y ocurren daños morfológicos y fisiológicos irreparables, que impiden el funcionamiento adecuado de la planta y que inciden directamente sobre su desarrollo y su producción, lo que trae como consecuencia, de acuerdo con Rodríguez & Cayón (2008), baja productividad, maduración prematura de frutos y disminución de la calidad.

Agradecimientos. A todos los miembros del grupo de investigación en agricultura sostenible, quienes contribuyeron en la toma y en la tabulación de datos, en especial, a los Ingenieros Agrónomos Iván Pastrana, Ender Correa y Orlando Marín. Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, S.; PIRANEQUE, N.; MENJIVAR, J. 2012. Relación entre las propiedades edafoclimáticas y la incidencia de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en la zona bananera del Magdalena-Colombia. RIIA (Colombia). 3(2):13-25.

2. ALMODÓVAR, W.; DÍAZ, M. 2007. Identificación y manejo de sigatoka negra y otras enfermedades de plátano y guineo. Ed. Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. 30p.

3. ARCILA, M.; GIRALDO, G.; DUARTE, J. 2000. Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simonds) en la zona cafetera central. En: Cayón, G. (ed.). Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Ed. Universidad del Quindío (Colombia). p.101-124.

4. ARMARIO, D.; HERRERA, L.; HERNÁNDEZ, M.; ESPINOSA, A.; DÁVILA, A.; RAMÍREZ, T.; ARREDONDO, I.; TRIANA, O. 2007. Magnitud del Índice de severidad de la enfermedad sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivar S-INIVIT-1 en las condiciones edafo-climáticas del municipio Santo Domingo en Cuba. Agricultura urbana y suburbana de Cuba. 31(3):144-148.

5. BARRERA, J.; CAYÓN, G.; ROBLES, J. 2009. Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano "Hartón" (*Musa* AAB Simmonds). Agr. Col. 27(1):73-79.

6. BELALCÁZAR, S.; MERCHÁN, V.; MAYORGA, M. 1991. Control de enfermedades. En: Belalcázar, S. (ed). El cultivo del plátano en el trópico. Ed. Feriva (Colombia). p.241-297.

7. CAYÓN, G. 2001. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa* AAB Simmonds). INFOMUSA (Francia). 10(1):12-15.

8. DE BELLAIRE, L.; FOURÉ, E.; ABADIE, C.; CARLIER, J. 2010. Black leaf Streak disease is challenging the banana industry Fruits. 65(6): 327-342.

9. ECKSTEIN, K.; ROBINSON, J.; DAVIE, J. 1995. Physiological responses of banana (*Musa* AAA, Cavendish sub-group) in the subtropics. III. Gas exchanges, growth analysis and source-sink interaction over a complete crop cycle. J. Hort. Sci. (Reino Unido). 70(1):169-180.

10. ETEBU, E.; YOUNG, W. 2011. Control of black sigatoka disease: challenges and prospects. Afr. J. Agr. Res. 6(3):508-514.

11. HERNÁNDEZ, L.; HIDALGO, W.; LINARES, B.; HERNÁNDEZ, J.; ROMERO, N.; FERNÁNDEZ, S. 2005. Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa* AAB cv Hartón) en Macagua-Jurimiquire, estado Yaracuy. Rev. Fac. Agron. 22(4):325-329.

12. HIDALGO, M.; TAPIA, A.; RODRIGUEZ, W.; SERRANO, E. 2006. Efecto de la sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiracion foliar del banano (*Musa* sp. AAA, cv. Valery). Agron. Costarricense. 30(1):35-41.

13. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO –ICA-. 2014. Sanidad vegetal. El ICA proyecta vigilar 35 mil hectáreas de plátano y banano durante este 2014. Disponible desde internet en: http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013-%281%29/El-ICA-proyecta-vigilar-35-mil-hectareas-de-platan.aspx (con acceso 03/03/2016).

14. ISRAELI, Y.; PLAUT, Z.; SCHWARTZ, A. 1995. Effect of shade on banana morphology, growth and production. Sci. Hort. (Australia). 62:45-56.

15. KARANI, P. 1986. Observations on the productivity of matoke (bananas) (*Musa* spp.) under agroforestry at Entebbe, Uganda. Commonw. For. Rev. 65(3):241-250.

16. MARÍN, D.; ROMERO, R.; GUZMÁN, M.; SUTTON, T. 2003. Black sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. Plant Dis. 87(3):208-222.

17. MARTÍNEZ, A. 2003. El cultivo del plátano en los Llanos orientales. Ed. Siglo XX (Colombia). 60p.

18. MENESES, A.; POCASANGRE, L.; SOMARRIBA, E.; RIVEROS, A.; ROSALES, F. 2003. Densidad de hongos endofíticos y abundancia de nematodos en plantaciones de banano y plátano de la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca. Agrofor. Américas. (Costa Rica). 10(37-38):59-62.

19. MOBAMBO, K.; GAUHL, F.; VUYLSTEKE, D.; ORTIZ, R.; PASBERG, C.; SWENNEN, R. 1993. Yield loss in plantain from black sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. Field Crops Res. 35(1):35-42.

20. NAVA, C.; VERA, J. 2004. Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de sigatoka negra. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 21:335-342.

21. NORGROVE, L. 2003. Agrisilviculture systems: timber-food crop systems in the humid tropics. J. Interdiscipl. Cross-Cultural Studies. 3:1-15.

22. ORJEDA, G. 1998. Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de sigatoka y marchitamiento por *Fusarium*. Ed. Louis-Jean, Gap. (Francia). 61p.

23. OROZCO, M.; OROZCO, J.; PÉREZ, O.; MANZO, G.; FARÍAS, J.; DA SILVA, W. 2008. Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. Trop. Plant Pathol. 33(3):189-196.

24. POCASANGRE, L.; SIKORA, R.; VILICH, V.; SCHUSTER, R. 2000. Survey on banana endophytic fungi from Central America and screening for biological control of the burrowing nematode (*Rhadopholus similis*). Infomusa. 9:3-5.

25. REFAIE, K.; ESMAIL, A.; MEDANY, M. 2012. The response of banana production and fruit quality to shading nets. J. Applied Sci. Res. 8(12):5758-5764.

26. RODRÍGUEZ, P.; CAYÓN, G. 2008. Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. Agr. Col. 26(2):256-265.

27. SILES, P.; BUSTAMANTE, O.; VALDIVIA, E.; BURKHARDT, J.; STAVER, C. 2013. Photosynthetic performance of banana (Gross Michel, AAA) under a natural shade gradient. Acta Hort. 986:71-77.

28. TORRADO-JAIME, M.; CASTAÑO-ZAPATA, J. 2008. Incidencia y severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach *et* Mulder) del plátano según los estados fenológicos. Agr. Col. 26(3):435-442.

29. TORRES, N.; HERNÁNDEZ, J. 2004. Efecto del número de hojas en el desarrollo del racimo de plátano Hartón Musa AAB. Agroalimentación & Desarrollo Sostenible. 5(3):17-22.

Recibido: Abril 1 de 2016
Aceptado: Octubre 21 de 2016

Cómo citar:

Barrera V., J.; Barraza A., F.; Campo A., R. 2016. Efecto del sombrío sobre la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano cv Hartón (*Musa* AAB Simmonds). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 317-323.

RESPUESTA MORFOAGRONÓMICA Y CALIDAD EN PROTEÍNA DE TRES ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN LA SABANA NORTE DE BOGOTÁ

MORPHOAGRONOMIC RESPONSE AND PROTEIN QUALITY OF THREE ACCESSIONS OF QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) IN THE NORTHERN SABANA OF BOGOTA

Claudia Veloza Ramírez[1], Gladys Romero Guerrero[2], John Jairo Gómez Piedras[3]

[1] Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, calle 222 No 54-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: claudiavelozr@gmail.com; [2] I.A., Ph.D. Docente Investigador, Facultad Ingeniería Agronómica U.D.C.A, e-mail: glromero@udca.edu.co; [3] I.A. Docente, Facultad de Ciencias, U.D.C.A, e-mail: jgomez@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 325-332, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd. es una planta dicotiledónea, considerada un pseudocereal, por las características del cultivo y formas de consumo, que ha pasado a ser de interés mundial en los últimos años, debido a su alta calidad nutritiva y de amplia adaptación ecológica. Con el objetivo de aportar al conocimiento del cultivo, se evaluaron características de rendimiento, de calidad, de variación morfológica y de desarrollo fenológico, de tres accesiones de quinua, denominadas Piartal, Nariño y Bolivia. El estudio, se llevó a cabo en la sede El Remanso de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, ubicada en el norte de Bogotá, con coordenadas geográficas 4°35' latitud norte y 74°04' longitud oeste. La evaluación fue realizada durante un ciclo de producción. Los resultados indicaron diferencias en rendimiento por planta, contenido de proteína, características morfológicas de la coloración del tallo, forma de la panoja y madurez fisiológica. El rendimiento promedio varió entre 140,09 a 260,74g por planta; los mayores rendimientos se presentaron en la accesión Piartal que, a su vez, reveló el desarrollo fenológico más corto, de seis meses. Las accesiones evaluadas mostraron alta homogeneidad fenotípica al interior de cada material, lo que permite su uso en cultivos comerciales directamente y también como parental, para hibridación dentro de programas de mejoramiento genético.

Palabras clave: Fenología, componentes de rendimiento, mejoramiento, calidad nutricional.

SUMMARY

Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd. is a dicotyledoneous plant, considered a pseudocereal, according to growth characteristics and forms of consume, has become of worldwide interest in recent years due to its high nutritional quality and wide ecological adaptation. In order to contribute to the knowledge of the crop, performance characteristics, quality, morphological variation and phenological development of three accessions of quinoa, Piartal, Nariño and Bolivia were evaluated. The study was conducted under conditions of the U.D.C.A, located in the north of Bogotá, with geographical coordinates 4° 35' latitude north and 74° 04' latitude west during a production cycle. The results showed differences in plant yield, protein content, and stem color characteristics, panicle shape and physiological maturity. The yield ranged from 140.09 to 260,74g per plant, the highest yield was obtained with the Piartal accession, which also showed the shortest phenological development, six months. The accessions evaluated showed high phenotypic homogeneity within materials, allowing its direct use in commercial crops, as well as parentals for hybridization in breeding programs.

Key words: Phenology, yield components, improvement, nutritional quality.

INTRODUCCIÓN

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd. es una especie vegetal originaria de la región andina. Es un cultivo en expansión, dada sus características nutritivas, medicinales y de adaptación a diferentes zonas agroecológicas; se documenta, como el único vegetal que provee todos los aminoácidos

esenciales (Gonzales *et al*. 2012). Contiene ácidos grasos, vitaminas y minerales, que la hace un complemento nutricional para el desarrollo y múltiples funciones del organismo; también, se le atribuyen propiedades medicinales, como cicatrizantes, desinflamatorias, analgésicas y desinfectantes (Mujica & Jellen, 2006).

Los procesos evolutivos y la diversidad genética han logrado la domesticación de muchas especies, entre ellas, la quinua, que se adapta a distintas condiciones agroecológicas, dada a su plasticidad (Mujica & Jellen, 2006). Se ha reportado la mayor diversidad de genotipos y progenitores silvestres, específicamente, en los alrededores del lago Titicaca, en Perú y Bolivia; de allí, se facilitó su distribución a los países andinos (Apaza *et al*. 2013).

La diversidad genética de la quinua, se asocia con cinco ecotipos (Jellen, 2014): Altiplano, en donde esta Perú y Bolivia; Valles_Inter-andinos, comprendido por Colombia, Ecuador y Perú; Salares, tierras de Bolivia, Chile y Argentina y Yungas, ubicado en Bolivia, zonas costeras y tierras bajas de Chile. Los valles inter- andinos están en zonas entre los 2.200 y 3.500 msnm y las plantas se caracterizan por tener un hábito de crecimiento ramificado hasta el segundo tercio, con una altura mayor a 1,5m; presenta abundante follaje y se desarrolla en franjas con altas precipitaciones y su ciclo vegetativo y maduración fisiológica es superior a 5 meses (Rojas *et al*. 2014).

Es una planta dicotiledónea, de la familia Amarantaceae, herbácea, anual o bianual; su morfología, coloración y fenología depende de las zonas agroecológicas donde se cultiva, ya que tiene una alta plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones edáficas, sequía, heladas y salinidad (Apaza *et al*. 2013). La adaptabilidad, se adquirió por procesos evolutivos, que implicaron cruzamientos con *Chenopodium carnosulum,* por ello, su resistencia a la salinidad; con *Chenopodium petiolare*, para tolerar la sequía y con *Chenopodium pallidicaule*, su resistencia a heladas (Mujica & Jellen, 2006). Su periodo vegetativo puede variar desde 90 hasta 240 días; se desarrolla, adecuadamente, con precipitaciones de 200 a 280 mm anuales; se adapta a cualquier textura de los suelos y niveles de pH, entre 4,5 y 9,0 y en su madurez fisiológica presenta varias coloraciones, dependiendo del genotipo (Apaza *et al*. 2013).

La diversidad genética inter e intraespecífica, así como entre cultivares, puede ser explicada por características fenotípicas, razón, por la cual, la caracterización morfoagronómica permite suministrar información sobre la identidad de cada una de las entradas o accesiones, a través del uso de descriptores, con el fin de contar con información base, para iniciar un programa de mejoramiento genético, establecimiento y purificación de bancos de germoplasma (Ramos & Queiroz, 1999; Becerra & Paredes, 2000).

La quinua fue consumida por los habitantes prehispánicos de los pueblos indígenas de las tierras altas de los Andes (Colombia, Argentina y Chile), hasta la llegada del trigo a estas regiones, también por el aumento en la siembra de cebada y pastoreos. El cultivo de esta planta disminuyó, a causa de la falta de información y de conocimiento; por ejemplo, la mezcla indiscriminada de accesiones provenientes de múltiples lugares, produjo un material de baja calidad, lo que acarrea altos costos de producción, poca rentabilidad y bajos rendimientos, al no contar con variedades de quinua homogéneas, que permitan al agricultor saber el comportamiento del cultivo.

La falta de transferencia de tecnología e investigación no permite que haya mejor aprovechamiento; se presentan altas pérdidas en cosecha y post cosecha, por la falta de maquinaria, métodos para el trillado y transformación del grano. La enfermedad más importante reportada en quinua es el mildiu, causado por *Peronospora farinosa chenopodii,* que afecta, principalmente, el follaje y puede disminuir el rendimiento de la planta (Danielsen & Ames, 2014).

La distribución geográfica de la quinua en América del sur comprende a los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile, con una altitud variable, desde cero hasta los 4.000 msnm. A partir de dicho acervo genético, se ha expandido, a nivel mundial, como cultivo comercial, en algunos países de América del Norte, Europa, Asia y África (Apaza *et al*. 2013).

En Colombia, los indígenas, como los Chibchas y habitantes de la meseta Cundiboyacense, cultivaban y consumían la quinua, tanto para comercio (trueque) como rituales de fertilidad de sus cultivos. También, en la zona del Huila, en San Agustín, se intercambiaban productos con la sabana de Bogotá y se cree que ayudaron con la dispersión de la quinua hacia Nariño sur de Colombia y de ahí hacia Ecuador (Tapia, 2014).

En el altiplano Cundiboyacense, la actividad agrícola se basa, esencialmente, en el cultivo de la papa, con cerca de 130.000ha (ICA, 2013), un cultivo intensivo con baja rotación, presentando efectos negativos para los ecosistemas y el manejo de plagas y de enfermedades. Se hace necesaria la diversificación de la agricultura y, por consecuencia, de la oferta alimenticia. Una de las alternativas es el cultivo de la quinua, por sus características nutricionales, de adaptación y valor social.

En la actualidad, se siembra quinua en los departamentos de Nariño, Cauca, Boyacá y Cundinamarca. En Boyacá, se reportan cultivos en la provincia centro, especialmente, en municipios de Toca, Chivata, Siachoque, Soraca, en un rango de altitud variable, desde 2.760 hasta 2.810msnm; en

la provincia Tundama, en el municipio de Belén, con una altitud de 2.650msnm; en la provincia Sugamuxi; en los municipios de Mongui, Topaga, Tibasosa, Gameza, Sogamoso y Aquitania, varía de una altitud desde 2.538 hasta 3.031 msnm; sin embargo, no existen estadísticas actualizadas de áreas cultivadas.

Los estudios de desarrollo del cultivo, en nuestro país, son deficientes. Relacionado con la caracterización accesiones y evaluación de líneas, se reportan los trabajos de Torres *et al*. (2000), quienes desarrollaron una evaluación de 19 accesiones en la Sabana de Bogotá, encontrando alta variabilidad, en cuanto a rendimiento en grano, biomasa, precocidad y porte bajo. Delgado *et al*. (2009) evaluaron 16 líneas de quinua dulce, pertenecientes a los genotipos Piartal, Tunkahuan y Blanca de Jericó, en cuanto a sus componentes de rendimiento y estados fenológicos, en el departamento de Nariño, encontrando líneas precoces menores a 130 días, con buenos rendimientos. Cortes & Rubiano (2007) estimaron el comportamiento agronómico de tres ecotipos de quinua, en dos municipios del centro de Cundinamarca y no encontraron diferencias en sus ciclos fenológicos; sin embargo, no se documenta procesos de selección ni mejoramiento genético de variedades, a partir de los anteriores resultados.

En general, para el país, es un cultivo de pequeña escala, con bajo nivel de tecnificación; no se cuenta con variedades seleccionadas y caracterizadas; el cultivo, se hace a partir de la mezcla de semillas, situación que afecta los rendimientos y la calidad del grano. Así, el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento morfoagronómico de tres accesiones de grano blanco, asociado a bajos contenidos de saponina y, de esta forma, aportar al conocimiento del cultivo, lo que aumenta las alternativas de rotación y de la región Cundiboyacense.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación, se llevó a cabo en la sede El Remanso de la universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, ubicada en la sabana norte de Bogotá, a una altitud de 2.560 msnm, con coordenadas geográficas de 4°35' latitud Norte y 74°04' longitud Oeste. Las condiciones climáticas para el periodo de evaluación, se caracterizaron por una temperatura media de 14,8°C y una precipitación de 877mm, en el 2014 y 506,5mm, en el 2015, con una distribución bimodal.

Se analizaron tres accesiones de quinua de grano blanco, cultivadas en la Sabana de Bogotá y en el departamento de Nariño y una con origen boliviano, denominadas Piartal, Nariño y Bolivia, respectivamente. Las dos primeras, adquiridas por productores de Cundinamarca e Ipiales; la accesión Bolivia fue donada por expositores Bolivianos, evento realizado en el Jardín Botánico de Bogotá. El experimento, se sembró en un diseño completamente aleatorio, donde los tratamientos fueron las accesiones, el área total de evaluación por cada accesión, que varió de 16 a 44m^2, dependiendo de la disponibilidad de semilla, la unidad de observación fue la planta, para un total de 100 plantas valoradas, por cada accesión. La siembra, se realizó en surcos a chorrillo, con una distancia de 0,8m. El suelo presentó un 20% de materia orgánica, pH de 7,04 y conductividad eléctrica de 0,6ds/m, textura franco-limosa; las prácticas agronómicas correspondieron al control de arvenses y no se realizó fertilización.

Se registró información de características, según los descriptores para quinua, propuestos por Bioversity International, FAO, PROIMPA, INIAF y FIDA (2013). Se evaluaron las variables: color de la panoja en floración (CPF) y en maduración fisiológica (CPM), utilizando el círculo cromático *natural color system*, designado para vegetales; forma de la panoja (FDP); color de estrías (CE) y color de axilas (CA), en estado de floración. Para los estados fenológicos, se cuantificó los días a seis hojas verdaderas (SHV), días a ramificación (DR), días a panojamiento (DP), días a floración (DF), días a grano lechoso (DGL), días a grano pastoso (DGP), días a madures fisiológica (MF); cada una de las fases, se tomó desde la siembra. En cuanto a los componentes de rendimiento, se midieron las variables: número de ramas (NR), rendimiento por planta (peso del grano seco en gramos por planta) (RP), peso de 1.000 granos (WG), Índice de cosecha (IC), según Bhargava *et al*. (2006).

Se tasó el contenido de proteína total en grano (PT) y en residuos de trilla, conocido como perigonio (PTP) sobre base seca, para las tres accesiones. La determinación de proteína, se realizó mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico, destilación en ácido bórico y titulación con ácido clorhídrico de normalidad 0,1 certificado, de acuerdo a la AOAC International (2003).

Se realizó un análisis descriptivo para las diferentes variables evaluadas; luego de verificar los supuestos para análisis paramétricos, se hizo transformación mediante raíz cuadrada de las variables rendimiento por planta (RP) e índice de cosecha (IC) y se practicó análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de Tukey; las variables número de ramas (NR) y peso de 1.000 granos (WG), así como todas las variables de fenología, no cumplieron los supuestos y se optó por comparación, mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Finalmente, para observar en conjunto la diferenciación de las accesiones, se ejecutó un análisis de componentes principales. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico R Core Team, 2015.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estados fenológicos y morfología: Las accesiones evaluadas llegaron al estado de seis hojas verdaderas (SHV), alrededor de 30 DDS, sin presentar evidencia de diferencias estadísticamente significativas, en tanto que las variables días a ramificación (DR), días a panojamiento (DP), días a floración (DF), días a grano lechoso (DGL) y días a grano pastoso (DGP), presentaron diferencias para las accesiones Nariño y Bolivia, respecto de Piartal (Tabla 1). La accesión Piartal, se caracterizó por lograr su madurez fisiológica (MF), a los 180 días, mientras que las accesiones Nariño y Bolivia alcanzaron su madurez a los siete meses, después de la siembra. Evaluaciones realizadas en el departamento de Nariño, a una altura de 2.400msnm, en selecciones de Piartal y materiales adaptados a la zona, encontraron ciclos a madurez fisiología de 160 a 178 días (Jacobsen *et al*. 2001). La quinua por su diversidad y evolución presenta alta adaptabilidad y plasticidad fenológica, encontrando accesiones que llegan a madurez fisiología desde los 119 a los 220 días, presentando diversidad en los ciclos productivos de cada accesión, debido a la genética de cada genotipo junto con las condiciones edafoclimáticas presentes en el desarrollo (Jacobsen *et al*. 2001).

La fenología de la quinua, se divide en tres fases (Figura 1): la fase vegetativa, comprendida desde los 15 DDS (días después de la siembra) hasta la ramificación; las accesiones variaron entre los 70 a 90 DDS. La fase reproductiva, comprendida entre el panojamiento y el estado fisiológico de grano pastoso, para el cual, las accesiones estuvieron entre 150 y 177 DDS y la fase de desarrollo y madurez fisiológica, caracterizada por una panoja con colores opacos, desde amarillos a cafés, la consistencia del grano es dura y no presenta cambio al ser oprimido (Gómez & Castellanos, 2016). Se han caracterizado accesiones de quinua, que presentan madurez fisiología desde los 119 hasta los 220 días (Rojas *et al*. 2014), por lo que las accesiones evaluadas pueden ser catalogadas como tardías, con posible origen en los valles interandinos, debido a su rango de distribución, hábitos de crecimiento ramificado y adaptación a altas precipitaciones.

Respecto a las variables morfológicas, las tres accesiones presentaron estrías, la accesión Piartal mostraron estrías de color verde (G40Y), según la tabla de natural color system y las demás accesiones con verde (G50Y). La accesión Bolivia y Nariño muestran axilas pigmentadas de color violeta (R20B), por el contrario, la accesión Piartal, no las presenta. Las panojas de las accesiones Piartal y Bolivia, se caracterizaron por ser glomeruladas, sus ejes son insertos y cortos, lucen una forma globosa; en cuanto al color en estado de floración, varií entre violeta (R40B) y verde (G30Y), respectivamente. La accesión Nariño presentó una panoja amarantiforme distinguida por que los glomérulos están insertos directamente en el eje secundario y exhiben una forma alargada, forma de panoja, característica de Quinua real, denominación dada por el tamaño de grano grande; el color de panoja en floración es similar a Piartal. Estudios indican que en la etapa de panoja e inicio de floración es posible observar variabilidad en color de verde, purpura a rojo; sin embargo, a medida que avanza el desarrollo hacia la fase de madurez fisiología, se presenta una mayor diversidad de colores, combinando claros a oscuros, cremas, amarillos, rojos, café hasta negro (Rojas *et al*. 2014).

Componentes de rendimiento y calidad: Para la variable número de ramas (NR), se encontró evidencia de diferencias altamente significativas entre las accesiones Piartal y Bolivia, respecto de Nariño, siendo el promedio 19,4 número de ramas menor, para esta última (Tabla 2). El peso de 1.000 granos (WG) mostró diferencias significativas, según prueba de comparación múltiple de Tukey, en donde observa que la accesión Bolivia refleja el menor peso (Tabla 2). El rendimiento por planta (RP), así como el índice de cosecha (IC), fueron superiores para la accesión Piartal, con 260,7 g/planta y 41,5%, en tanto que la variedad Nariño presento el

Tabla 1. Resultados de la comparación de promedios de estados fenológicos de las accesiones de quinua.

Accesión	Estados Fenológicos (DDS)						
	SHV	DR	DP	DF	DGL	DGP	MF
Piartal	30,0 a*	45,0 a	70,0 a	100,0 a	120,0 a	150,0 a	180,0 a
Nariño	30,8 a	50,6 b	80,8 b	115,8 b	146,8 b	176,8 b	210,8 b
Bolivia	29,8 a	49,8 b	79,8 b	114,8 b	145,8 b	175,8 b	209,8 b

SHV, Seis hojas verdaderas; DR, días a ramificación; DP, días a panojamiento; DF, días a floración; DGL, días a grano lechoso; DGP, días a grano pastoso; MF, días a madures fisiológica. *Promedios seguidos de la misma letra no presentan evidencia de diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Kruskal-Wallis con una confianza del 95%.

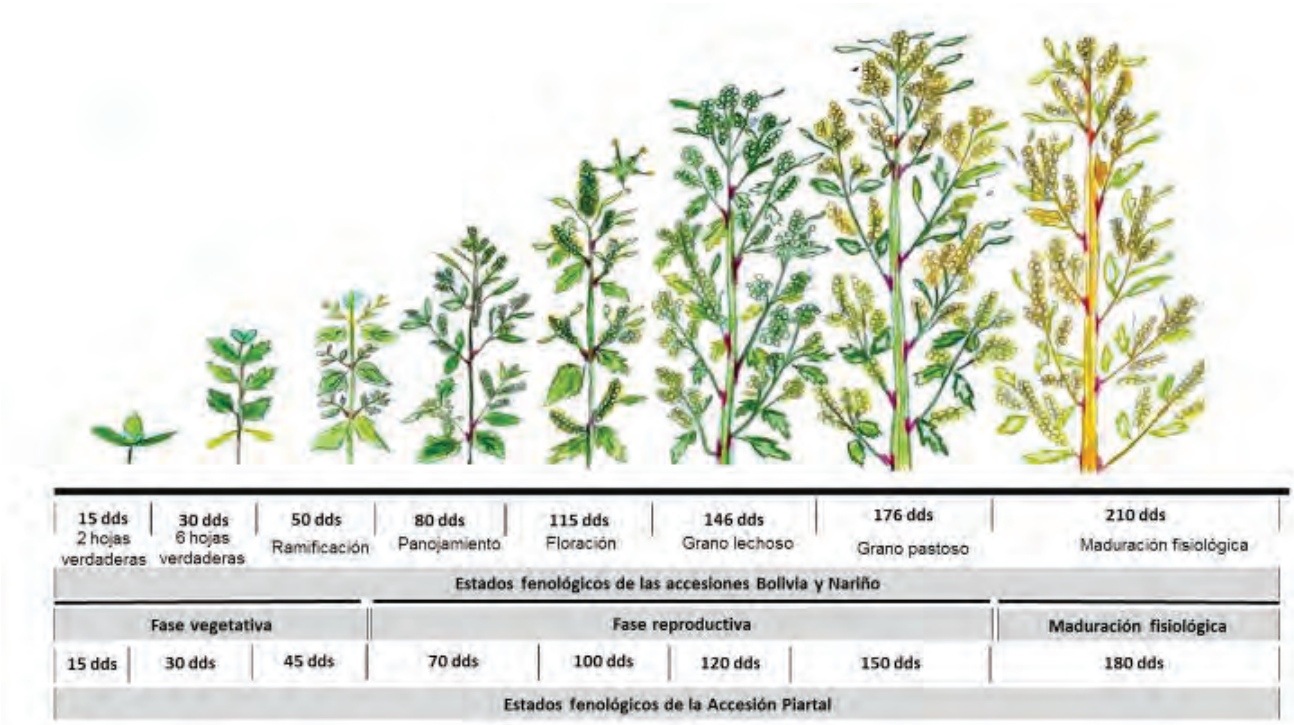


Figura 1. Estados fenológicos de tres accesiones de quinua, en condiciones en la Sabana Norte de Bogotá.

menor rendimiento, con 140,0 g/planta, mientras que no se encontró evidencia de diferencias significativas entre los índices de cosecha de Nariño y Bolivia (Tabla 2). Los registros de quinuas en Bolivia indican rendimientos promedio de 250g e IC de 40%; las caracterizaciones practicadas para accesiones Bolivianas indican que el IC puede variar desde 6 hasta 87% (Rojas *et al*. 2014), por lo cual, es posible indicar que las accesiones evaluadas manifiestan potencial para la producción extensiva, ya que sin manejo de fertilización expresaron rendimientos e índices de cosecha, dentro de los promedios reportados. Los componentes de rendimiento son determinantes de la calidad comercial del cultivo y son criterios de selección de materiales potenciales (Zurita *et al*. 2014).

La cuantificación del contenido de proteína en grano indicó que el mayor porcentaje lo presenta la accesión Piartal, con 16,3%, mientras Nariño el menor valor (Figura 2). Los contenidos de proteína en colecciones Bolivianas oscilan entre 10 y 18% (Rojas *et al*. 2014), mientras que en quinuas, de origen peruano, se ha reportado hasta un 21% de proteína, pero asociado a granos de color oscuro (Bhargava *et al*. 2007), probablemente con altos contenidos de saponina.

Tabla 2. Resultados de la comparación de medias de características de rendimiento y de calidad de proteína, en tres accesiones de quinua.

Accesión		Componentes Rendimiento		
	NR	RP[g/planta]	WG [g]	IC[%]
Piartal	24,7 a*	260,7 a*	2,9 a**	41,5 a*
Nariño	19,4 b	140,0 b	2,9 a	34,2 b
Bolivia	24,6 a	169,1 c	2,8 b	34.2 b

NR, número de ramas; RP, rendimiento por planta; WG, peso de 1000 granos; IC, Índice de cosecha. Promedios seguidos de la misma letra no presentan evidencia de diferencias estadísticamente significativas por la prueba de *Tukey HSD o **Kruskal-Wallis con una confianza del 95%.

Es importante indicar que en los residuos de trilla, el perigonio, un subproducto, se presentaron altos contenidos de proteína, superior al 10%, con lo que se reconoce potencial y se recomienda evaluar para ser incorporado en bloques nutricionales para animales; también puede tener potencial como sustrato en la producción de hongos comestibles y germinación de semillas, por su estructura gruesa, para dar aireación y retención de humedad.

Componentes principales: El análisis de componentes principales para variables de rendimiento y características morfológicas de coloración y de forma de la panoja, indicó que son suficientes dos dimensiones (ejes) para explicar el 64,4% de la variación total, como se muestra en la figura 3. Se evidencian diferencias morfológicas y de componentes de rendimiento para las tres accesiones, lo que hace que se ubiquen distanciadas en el plano factorial (Figura 3A); a su vez, al interior de cada accesión, se aprecia homogeneidad en los genotipos al ser agrupados, condición importante para realizar una caracterización y poder asociar variables morfológicas y agronómicas a los genotipos.

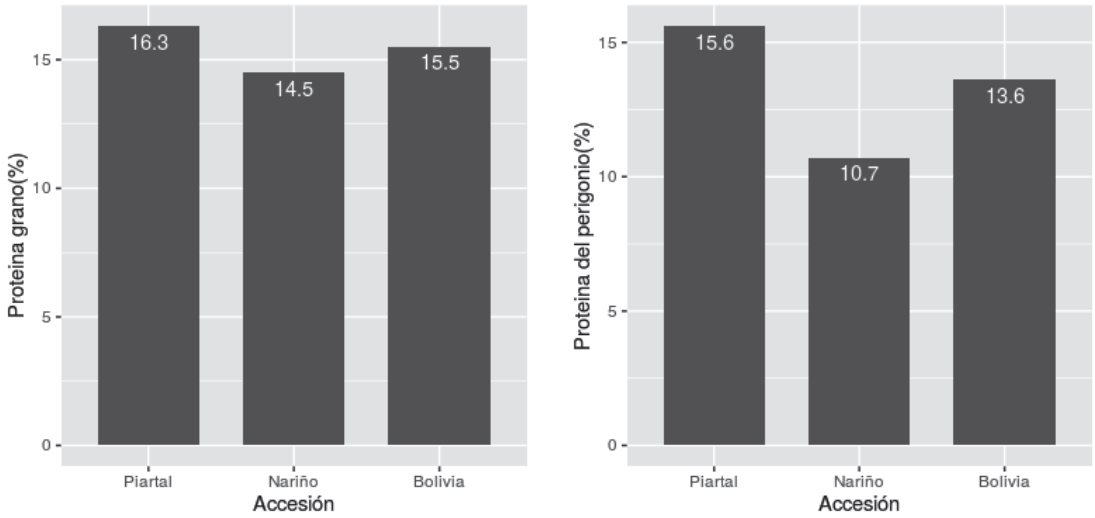


Figura 2. Comparación de los contenidos de proteína en grano y en perigonio, de las tres accesiones de quinua.

En la figura 3B, se muestra el análisis de correlaciones entre las variables que explican la variación entre accesiones. El genotipo Piartal, se destaca porque presenta los mejores componentes de rendimiento (RP, IC) y se diferencia de las

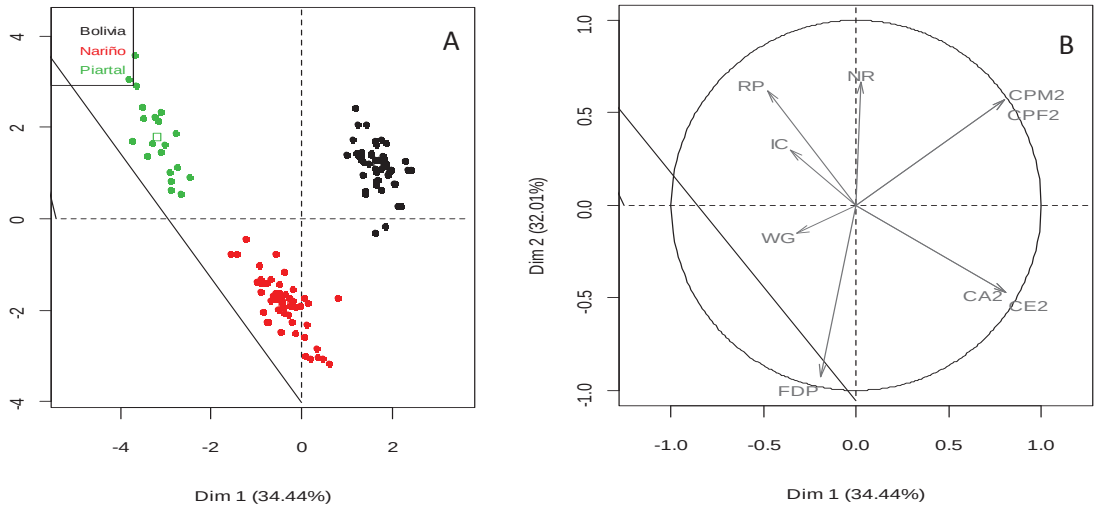


Figura 3. A) Plano factorial de análisis de componentes principales, para medidas, en tres accesiones de Quinua y B) Círculo de correlaciones para variables, medidas en tres accesiones de quinua.

otras dos accesiones. El peso de 1.000 granos (WG) no está bien representada en el plano, debido a su corto vector y ubicación negativa; como se evidenció en los resultados, no presentó diferencias entre los materiales y no se relacionó con rendimiento, resultados similares obtenidos por Bertero *et al*. (2004) y Delgado *et al*. (2009). El número de ramas (NR) no se correlacionó con componentes de rendimiento, aunque asoció a las accesiones Piartal y Bolivia, en la dimensión 1. Las características morfológicas (CPF, CPM, CA, CE) muestran diferencias para las tres accesiones; sin embargo, no se asocian con componentes de rendimiento. Los materiales estudiados presentaron características de rendimiento y de calidad destacados, comparado con genotipos bolivianos, de amplia variabilidad.

La demanda de la quinua ha aumentado en el mundo, en los últimos años, siendo insuficiente la exportación de los países de América del Sur, a los países de América del Norte y la Unión Europea (Jacobsen *et al*. 2001). Lo que requiere un incremento en el área, la tecnificación y desarrollo de los cultivos, a su vez, la introducción de la quinua a otros países diferentes a la región Andina (Bazile, 2014), como lo muestran Italia y Grecia, donde se tienen resultados de rendimiento de 2 y 3t/ha (Jacobsen, 2014), manifestando la amplia adaptación de la planta a diferentes condiciones de cultivo.

Agradecimientos: Los autores expresan los agradecimientos a la Doctora Aurora Cuesta, del laboratorio de nutrición animal de la U.D.C.A, por su apoyo con la cuantificación de proteína, a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, por la financiación y al estudiante Jean Pierre Ronderos, por su ayuda en la toma de los datos en campo. Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes manifiestan que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados o la publicación de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC International. 2003. Official Methods of Analysis of AOAC International 17th edition. 2nd Revision. Gaithersburg, USA. Association of Analytical Communities.

2. APAZA, V.; CACERES, G.; ESTRADA, R.; PINEDO, R. 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). p.15-82.

3. BAZILE, D. 2014. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. Chile- Francia: CIRAD-FAO. p.1-27.

4. BECERRA, V.; PAREDES, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultura Técnica. 60(3):270-281.

5. BERTERO, H.D.; DE LA VEGA, A.J.; CORREA, G.; JACOBSEN, S.E.; MUJICA, A. 2004. Genotype and genotype-by environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Res. 89:299-318.

6. BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium* Willd.). Field Crops Res. 101:104-116.

7. BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. 2006. Karyotipoc studies on some cultivated and wild species of *Chenopodium* (Chenopodiaceae). Genet. Res. Crop Evol. 53:1309-1320.

8. BIOVERSITY INTERNATIONAL; FAO; PROINPA; INIAF; FIDA. 2013. Descriptores para quinua *Chenopodium quinoa* Willd. y sus parientes silvestres. Roma-Italia-La Paz-Bolivia-Chile: Bioversity International. p.30-40.

9. CORTES, A.; RUBIANO, A. 2007. Caracterización de tres ecotipos de Quinua *Chenopodium quinoa* Willd mediante técnicas agroecológicas, en dos zonas agroclimatologicamente diferentes del Departamento de Cundinamarca. Inventum. 4(2):1-10.

10. DANIELSEN, D.; AMES, T. 2014. Mildiu *Peronospora farinosa* de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd. en la zona andina, Manual técnico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Perú: Centro Internacional de la papa (CIP) Royal Danish ministry of foreign affairs the royal veterinary and agricultural university. p.1-11.

11. DELGADO P., A.I.; PALACIOS C., J.H.; BETANCOURT G., C. 2009. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). Agronomía Colombiana. 27(2):159-167.

12. GÓMEZ, L.; CASTELLANOS, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. Lima-Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía. p.17-24.

13. GONZALES, J.; KONISHI, Y.; VALOY, M.; PADRO, F. 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. cultivars from two different agroecological regions. J. Science Food Agriculture. 92(6):1222-1229.

14. ICA, 2013. ICA advierte sobre el riesgo sanitario en los cultivos de papa, cebolla y ajo que no se recojan a tiempo. Minagricultura, disponible desde Internet en: http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/ICA-advierte-sobre-el-riesgo-sanitario-en-los-cult.aspx (con acceso: 18/10/15).

15. JACOBSEN, S.E.; QUISPE, H.; MUJICA, A. 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. Scientist and Farmer, CIP Program Report 1999–2000. p.403-408.

16. JACOBSEN, S. 2014. Adaptación y posibilidades para la quinua en las latitudes septentrionales de Europa. Capítulo 6.11. In: Bazile, D.; Bertero, D.; Nieto, C. (eds). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p.520-533.

17. JELLEN, E. 2014. Botanica, Filogenia y Evolución. En: Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Chile-Francia: FAO- CIRAD. p.12-13.

18. MUJICA, A.; JELLEN, S. 2006. La quinua *Chenopodium* sp y sus parientes silvestres. La Paz: Universidad Mayor de San Andres. p.1-22.

19. R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

20. RAMOS, S.; QUEIROZ, M. 1999. Caracterizaçao morfológica: experiencia do BAG de cucurbitáceas da EMBRAPA Semiárido, com accesos de abóbora e moranga. Horticultura Brasileira. 7:9-12.

21. ROJAS, W.; PINTO, M.; ALANOCA, C.; GÓMEZ, L.; LOBOS, P.; ALERCIA, A.; DIULGHEROFF, S.; PADULOSI, S.; BAZILE, D. 2014. Estado de la conservación es situ de los recursos genéticos de la quinua. Capítulo 1.5. In: Bazile, D.; Bertero, D.; Nieto, C. (eds). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p.65-94.

22. TAPIA, M. 2014. El largo camino de la Quinoa: ¿quiénes escribieron su historia? In: Bazile, D.; Bertero, D.; Nieto, C. (eds). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 3-10.

23. TORRES, J.; VARGAS, H.; CORREDOR, G.; REYES, L. 2000. Caracterizacion morfoagronomica de diecinueve cultivares de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. en la sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana. 17:60-68.

24. ZURITA, A.; JACOBSEN, S.; RAZZAGHI, F.; ÁLVAREZ, R.; RUIZ, K., MORALES, A.; SILVA, H. 2014. Respuestas a la sequia y adaptación de la quinua. Capitulo 2.4. In: Bazile, D.; Bertero, D.; Nieto, C. (eds). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p.185-202.

Recibido: Octubre 5 de 2016
Aceptado: Noviembre 30 de 2016

Cómo citar:

Veloza Ramírez, C.; Romero Guerrero, G.; Gómez Piedras, J.J. 2016. Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Sabana norte de Bogotá. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 325-332.

ACTIVIDAD *IN VITRO* DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE PROPÓLEOS DEL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO SOBRE DOS HONGOS FILAMENTOSOS Y UNO LEVADURIFORME

IN VITRO ACTIVITY OF ETHANOLIC EXTRACTS OF PROPOLIS FROM EL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO REGION AGAINST TWO FILAMENTOUS FUNGI AND A YEAST

Jesús Viloria-Barragán[1], Jesús Gil-González[2], Diego Durango-Restrepo[3], Juan Marín-Loaiza[4], Guillermo Correa-Londoño[5]

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 333-340, Julio-Diciembre, 2016

[1] M.Sc. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Medellín, Colombia, e-mail: jdviloriab@unal.edu.co; [2] Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín, Colombia; e-mail: jhgilg@unal.edu.co; [3] Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Medellín, Colombia, e-mail: dldurango@unal.edu.co; [4] Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Farmacia. Bogotá, Colombia, carrera 30 No. 45-03. Edificio 450, e-mail: jcmarinlo@unal.edu.co; [5] Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, calle 59A No.63-20, Autopista Norte. Medellín, Colombia, e-mail: gcorrea@unal.edu.co

RESUMEN

El propóleos es una resina colectada por las abejas *Apis mellifera* de especies botánicas, próximas a los apiarios. Este material resinoso es ampliamente reconocido por sus propiedades antimicrobianas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos etanólicos de propóleos (EEP), obtenidos a partir de muestras provenientes de apiarios experimentales de investigación, ubicados en la región del Bajo Cauca antioqueño, sobre dos hongos filamentosos, *Botryodiplodia theobromae* y *Fusarium oxysporum* y un hongo levaduriforme, *Candida albicans*. El propóleos fue recolectado por los métodos de malla y de raspado, durante diferentes periodos del año. Mediante la técnica de macrodilución en caldo, se evaluaron seis dosis de EEP, en un rango de156 a 5000μgmL^{-1} y se determinó la concentración que inhibió el 80 y el 50% del crecimiento del hongo. Los resultados indican que el método de recolección del propóleos presentó diferencias significativas con respecto al crecimiento de *C. albicans* y no para *B. theobromae* y *F. oxysporum*. Las CMI$_{80}$ estuvieron entre 1211 a 4050μgmL^{-1}, 1567 a 5016μgmL^{-1} y 1529 a 3568μgmL^{-1} para *B. theobromae*, *F. oxysporum* y *C. albicans*, respectivamente. En conclusión, los extractos evaluados exhibieron un actividad inhibitoria del crecimiento moderada, en comparación con el control y el hongo levaduriforme, *C. albicans* presentó la mayor sensibilidad frente a los EEP analizados. Adicionalmente, el método de recolección del propóleos solo presentó diferencias significativas respecto a la concentración mínima inhibitoria, encontrada para *C. albicans*.

Palabras clave: *B. theobromae*, *F. oxysporum*, *C. albicans*, Agentes antimicóticos.

SUMMARY

Propolis is a resin collected by the *Apis mellifera* bees from botanical species surrounding the apiaries. This resinous material is widely renowned by its antimicrobial properties. The aim of this research was to evaluate the *in vitro* activity of ethanolic extracts from propolis (EEP), obtained from experimental research apiaries located in the Bajo Cauca antioqueño region, against two filamentous fungi, *Botryodiplodia theobromae* and *Fusarium oxysporum*, and a yeast, *Candida albicans*. Propolis were collected in different periods of the year, by methods of scraping and mesh. Using the macrodilution technique, six doses of EEP ranging from 156 to 5000μgmL^{-1} were evaluated and minimal inhibitory concentration 80 and inhibitory concentration 50 were determined. Results indicated that the harvest method showed a significant effect on *C. albicans* growth, but not for *B. theobromae* and *F. oxysporum*. The MICs$_{80}$ observed were between 1211 to 4050μgmL^{-1}, 1567 to 5016μgmL^{-1} and 1529 to 3568μgmL^{-1} for *B. theobromae*, *F. oxysporum* and *C. albicans*, respectively. In conclusion, the extracts tested showed a moderate inhibitory growth activity, in comparison with the control; the yeast, *C. albicans*, showed the highest

sensibility to the EEP evaluated. Additionally, the collection methods only showed significant differences with respect to minimal inhibitory concentration found for *C. albicans*.

Key words: *B. theobromae*, *F. oxysporum*, *C. albicans*, Antifungal agents.

INTRODUCCIÓN

La contaminación fúngica de los alimentos conlleva no solo a deterioro, alteraciones, podredumbre de tejidos y apariencia poco agradable en las materias primas y productos manufacturados, sino también a la capacidad de algunos hongos de provocar afecciones clínicas, debido a metabolitos, como por ejemplo, las micotoxinas. Entre los hongos filamentosos y fitopatógenos que mayormente afectan los alimentos, se encuentra *Fusarium oxysporum*, que produce marchitamientos vasculares en cultivos económicamente importantes, como el tomate, el plátano, el garbanzo y el maíz, entre otros (Agrios, 2004; Gómez-Tenorio *et al*. 2015). Otro hongo fitopatógeno de alta incidencia en cultivos y productos alimenticios es el *Botryodiplodia theobromae,* moho causante de la pudrición de frutos, como el mango, el banano y el cacao (Twumasi *et al*. 2014).

Por otra parte, diversos géneros de hongos levaduriformes, como *Candida*, *Cryptococcus* y *Rhodotorula*, son reconocidos por ocasionar alteraciones en los alimentos y las bebidas, causando deterioro y cambios en sus características organolépticas (Orberá-Ratón, 2004). Las levaduras son resistentes a condiciones ambientales extremas, bajo las cuales, otros tipos de microorganismos no se pueden desarrollar (Gouma *et al*. 2015). Muchas de estas condiciones se ven favorecidas cuando se realizan procesos de conservación en alimentos, tales como la adición de ácidos orgánicos, la concentración con solutos y la evaporación, entre otros; sin embargo, hay alimentos que se ven más afectados por hongos levaduriformes, como es el caso de los jugos, concentrados de frutas, los quesos, las frutas y los vegetales (Orberá-Ratón, 2004; Ceugniez *et al*. 2015).

Debido al alto grado de residualidad, el uso excesivo de preservantes y de conservantes sintéticos en la industria alimenticia ha generado problemas adversos en la salud del consumidor (Shahmihammadi *et al*. 2016) y, en otros casos, han propiciado ambientes favorables para el crecimiento de microorganismos alteradores (Orberá-Ratón, 2004). Adicional a estos inconvenientes, las empresas de alimentos se encuentran con leyes cada vez más estrictas y con la necesidad de suplir la gran demanda, por parte de los consumidores, de conservantes y de preservantes, de origen natural. En los últimos años, productos como quitosano, bacteriocinas, aceites esenciales, propóleos, entre otros, han surgido como una alternativa a los métodos de control microbiano tradicionales, debido a las ventajas, como bajos costos, biodegradabilidad y biocompatibilidad, que presenta el empleo de productos de origen natural (Gyawali & Ibrahim, 2014; Siripatrawan & Vitchayakitti, 2016).

El propóleos es un producto natural resinoso, acopiado por las abejas *Apis mellifera*, a partir de heridas y de exudados de diversas especies botánicas. A este producto de la colmena, se le han atribuido múltiples beneficios y actividades biológicas, tales como antioxidante, antibacteriana, antifúngica, entre otras (Yang *et al*. 2011; Graikou *et al*. 2016). Diversos autores consideran que este material resinoso puede ser considerado como una alternativa promisoria para el control de hongos fitopatógenos, que podría ser empleada en el ámbito industrial (Jiao & Yuan, 2004). Asimismo, un gran número de estudios llevados a cabo contra hongos fitopatógenos de diversos géneros, como *Fusarium*, *Botryodiplodia*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Candida* y otros, validan la actividad antimicótica que el propóleos presenta (Quiroga *et al*. 2006; Meneses *et al*. 2009; Palomino *et al*. 2010; Freires *et al*. 2016).

Teniendo en cuenta que los estudios para establecer el efecto antifúngico de propóleos de origen colombiano son incipientes, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la actividad de los extractos etanólicos obtenidos, a partir de propóleos recolectados en la región del Bajo Cauca antioqueño, frente a hongos filamentosos y uno levaduriforme.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las muestras de propóleos. El propóleos crudo, se recolectó en la subregión del Bajo Cauca antioqueño-Colombia. Tres apiarios, ubicados en los municipios de Zaragoza, El Bagre y Caucasia, fueron elegidos al azar y denominados como Llanta Azul (LA), Doña María (DM) y Coco Hondo (CH), respectivamente. Las muestras, se cosecharon por los métodos de raspado (R) y malla (M), durante tres periodos: junio-agosto 2009 (periodo 1), agosto-noviembre 2009 (periodo 2) y marzo-mayo 2010 (periodo 3). El muestreo, se efectuó de forma aleatoria en las diferentes colmenas de los apiarios. En el área de ubicación de los apiarios predominaron las especies vegetales *Acacia mangium, Mimosa pigra* y matorrales. Un total de 18 muestras fueron almacenadas y conservadas a -18°C.

Preparación de los extractos etanólicos de los propóleos (EEP). A 10g del propóleos crudo se le adicionaron 300mL de etanol acuoso, al 70% (v/v). La mezcla obtenida fue sometida a ultrasonido durante 3h; posteriormente, se retiró el material insoluble mediante filtración; el filtrado fue enfriado a -18°C durante 24h, para precipitar las ceras, que fueron eliminadas por filtración. La solución se evaporó a sequedad bajo presión reducida a 45°C y el residuo (EEP) fue almacenado a -18°C, hasta su utilización.

Material biológico. Para la evaluación de la actividad antifúngica *in vitro*, se utilizaron cepas de los hongos *Botryodiplodia theobromae*, donado por el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia –sede Medellín-; *Fusarium oxysporum,* proporcionado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA-, sede Palmira y la cepa de referencia ATCC 102321 de *Candida albicans*. Las esporas de los hongos filamentosos *B. theobromae* y *F. oxysporum* fueron obtenidas de acuerdo con la metodología descrita por Rivillas-Acevedo & Soriano-García (2007) y fueron almacenadas a -20°C. Para *C. albicans*, se preparó una concentración de $1x10^4$UFC/mL, a partir de una concentración conocida de $1x10^8$UFC/mL, correspondiente al patrón McFarland 0,5.

Evaluación de la actividad antifúngica. Las pruebas de actividad antifúngica, se realizaron en tubos de ensayo, siguiendo la metodología desarrollada por Rivillas-Acevedo & Soriano-García (2007) y los protocolos de macrodilución M38-A (CLSI, 2002) y M27-A (CLSI, 1997), para hongos filamentosos y levaduras, respectivamente. Un total de seis concentraciones de EEP, en el rango de 156 a 5000μgmL^{-1}, fueron utilizadas para evaluar la inhibición del crecimiento de los hongos *B. theobromae, F. oxysporum* y *C. albicans*. 100mg de EEP disueltos en 250μL de dimetilsulfóxido (DMSO) y 50mg de Tween 80 se diluyeron, hasta 1000μL con agua destilada estéril; a partir de esta disolución, se preparó 400μL de la solución de concentración 5000μgmL^{-1} y mediante dobles diluciones seriadas con agua destilada estéril, se prepararon 200μL de las dosis inferiores, hasta una concentración de156μgmL$^{-1.}$ Seguidamente, en cada tubo se adicionaron 700μL de caldo Sabouraud y 100μL de inóculo, que contenía $2x10^4$esporas/mL, para los hongos filamentosos o $1,5x10^4$ levaduras/mL, para el hongo levaduriforme. Como control negativo, se emplearon 200μL de la solución dispersante en 700μL de medio de cultivo y como control positivo timol (Abaquin Ltda.).

Los tratamientos y los controles fueron incubados a 37°C durante 24h, para el hongo levaduriforme y a 25°C por 48h, para los hongos filamentosos (CLSI, 2002). Los bioensayos fueron realizados por triplicado. Las absorbancias fueron leídas en un espectrómetro UV-1800 Shimadzu, a una longitud de onda de 600nm.

La inhibición del crecimiento microbiano se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición (\%)} = (((Ac_x - Ac_y) - (At_x - At_y))/(Ac_x - Ac_y))) \times 100$$

Dónde: Ac_x y At_x son las absorbancias del control negativo y el tratamiento, respectivamente, calculadas al final del periodo de crecimiento de los microrganismos y Ac_y y At_y, absorbancia del control negativo y el tratamiento, medidas a los 30min de iniciada la evaluación. El denominador está determinado por la diferencia de la absorbancia corregida del control negativo menos la absorbancia corregida de los tratamientos. La absorbancia corregida, se definió como la diferencia entre la absorbancia medida al final del periodo de crecimiento de los microorganismos y la absorbancia a los 30 minutos de iniciado el ensayo.

La concentración mínima inhibitoria 80 (CMI_{80}) se definió como la concentración que inhibió el 80% del crecimiento del hongo y la concentración inhibitoria 50 (CI_{50}) fue considerada como la dosis responsable del 50% de la inhibición del hongo. La concentración fue determinada mediante un análisis de regresión lineal, realizada entre los porcentajes de inhibición y la dosis. La curva se interpoló a un porcentaje de inhibición del 50% y se leyó la concentración correspondiente.

Análisis estadístico. Se evaluó la actividad antifúngica del propóleos sobre tres hongos, a través de la CMI_{80} y la CI_{50}. En cada apiario, se evaluaron dos técnicas de recolección de los propóleos: raspado y malla, durante tres periodos. Al considerar que los apiarios y los periodos de recolección son factores aleatorios, únicamente se evaluaron los dos niveles del método de recolección, empleando un diseño de bloques completos al azar, con nueve repeticiones. El Anava, se llevó a cabo siguiendo el procedimiento Mixed del software SAS, versión 9.00. Adicionalmente, se elaboró una representación HJ-Biplot (Galindo, 1986), para las dos variables respuesta, en cada uno de los tres hongos y las 18 observaciones, mediante una rutina elaborada en el software Matlab, versión 7.6.0.32.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se aprecia que los EEP mostraron una actividad antifúngica moderada frente a los hongos filamentosos y la levadura. Los valores CMI_{80} más bajos fueron de 1211 y 1567μg/mL, para *B. theobromae* y *F.oxysporum*, a las 48h, respectivamente y 1529μg/mL, para *C. albicans*, a las 24h. Respecto a los métodos de recolección malla y raspado, solo se observó una diferencia significativa en la CMI_{80} para *C. albicans*, valor P=0,03.

Las CMI_{80} para el fitopatógeno *B. theobromae* variaron en un rango amplio, con valores comprendidos entre 1211 y 4050μgmL^{-1} (Tabla 1). Adicionalmente, se observó que, en promedio, las muestras colectadas por el método de malla presentan valores de CMI_{80} inferiores a los arrojados por el método de raspado. Los valores de CI_{50} para *B. theobromae* oscilaron entre 163 y 1522μgmL^{-1} (Tabla 1) y no se detectaron diferencias significativas entre los métodos de recolección, valor P=0,15.

Tabla 1. Determinación de la concentración mínima inhibitoria 80 y concentración de inhibición 50, para los extractos etanólicos de propóleos, de la región del Bajo Cauca antioqueño.

MUESTRA	Microorganismos					
	B. theobromae		*F. oxysporum*		*C. albicans*	
	CMI_{80} (μg/mL)	CI_{50} (μg/mL)	CMI_{80} (μg/mL)	CI_{50} (μg/mL)	CMI_{80} (μg/mL)	CI_{50} (μg/mL)
LA1R	3477	908	5016	1872	2236	657
LA1M	2302	645	4581	1943	3288	1502
DM1R	2427	620	4000	1097	1667	759
DM1M	2725	780	4595	1817	2673	811
CH1R	3650	1127	2654	730	2459	1134
CH1M	1364	163	3459	1493	1529	632
LA2R	4050	1522	2880	859	2659	1215
LA2M	2991	810	4828	1707	3467	1232
DM2R	2239	641	2418	771	2884	920
DM2M	2590	574	4290	1007	3568	1056
CH2R	1211	182	3144	621	3219	1091
CH2M	1531	634	2322	931	2883	895
LA3R	4043	1509	2224	467	2203	618
LA3M	2522	477	1858	470	3174	748
DM3R	3788	880	2125	558	1884	475
DM3M	2801	766	3610	941	3097	919
CH3R	3377	829	1567	264	2431	606
CH3M	2258	556	1745	285	2952	498
Control^{+}	67		105		81	

$^{+}$Control positivo Timol (Abaquin, Ltda.). LA, DM y CH corresponde al nombre de los apiarios Llanta Azul, Doña María y Coco Hondo, respectivamente. M y R indican el método de recolección del propóleos (malla o raspado) y la numeración 1, 2 y 3 hace referencia al periodo de recolección.

En los bioensayos realizados con *F. oxysporum*, las CMI_{80} fluctuaron en valores comprendidos entre 1567 y 5016μgmL^{-1} (Tabla 1). Los propóleos colectados por el método de raspado exhibieron concentraciones de inhibición menores contra *F. oxysporum*, que las muestras colectadas por el método de malla; no obstante, no se presentaron diferencias estadísticas. Por su parte, los valores de CI_{50} para *F. oxysporum* se encontraron en el rango de 264 y 1943μgmL^{-1} (Tabla 1), apreciándose diferencias significativas entre los propóleos colectados por los métodos de malla y raspado, valor P=0,009.

En las evaluaciones de los EEP realizadas sobre la cepa de referencia *C. albicans* ATCC 102321, se observó que el rango de concentraciones, en donde se inhibía el 80% de la germinación de la levadura, comprende desde 1529 hasta 3568μgmL^{-1} (Tabla 1). En general, para la evaluación antifúngica sobre *C. albicans* los resultados evidenciaron que los EEP colectados por el método de raspado presentaron valores promedios de CMI_{80} menores, con respecto a los mostrados por los EEP colectados por el método de malla. A su vez, los valores de CI_{50} estuvieron en el rango de 475 a 1502μgmL^{-1} (Tabla 1); no obstante, no se presentaron diferencias significativas entre los

métodos de recolección para los valores de CI_{50} reportados para *C. albicans*, valor P=0,43.

Finalmente, se construyó una representación HJ-Biplot (Figura 1), con el fin de visualizar las relaciones entre las variables evaluadas sobre los tres tipos de hongos y su posible asociación con los métodos de recolección (raspado y malla). No se observó que el método de recolección haya generado diferencias en CMI_{80} y CI_{50} para los hongos filamentosos *B. theobromae* y *F. oxysporum*; esto se colige del hecho de que los métodos de recolección no se separan al ser proyectados sobre cualquiera de los vectores correspondientes a los parámetros evaluados, sobre estos dos hongos. Asimismo, el estrecho ángulo que para cada uno de estos dos hongos forman los vectores correspondientes a los parámetros CMI_{80} y CI_{50} es reflejo de la alta correlación positiva existente, entre tales parámetros. Al evaluar los propóleos sobre el hongo levaduriforme *C. albicans*, los métodos sí adquieren un buen nivel de separación al ser proyectados sobre el vector correspondiente a la CMI_{80}, siendo mayor cuando se utiliza el método de raspado. Para este hongo, la correlación entre parámetros no es tan fuerte.

Los hongos *B. theobromae* y *F. oxysporum*, afectan grandes extensiones de cultivos de importancia económica en Colombia, como es el caso de aguacate, mango, maíz, entre otros. Por otra parte, los hongos levaduriformes, particularmente los pertenecientes al género *Candida*, se pueden encontrar como contaminadores de alimentos procesados. Debido a los problemas que son inherentes a las sustancias conservantes de origen sintético (Pop *et al*. 2016), actualmente el uso de productos de origen natural se ha convertido en una alternativa para controlar estos microorganismos (Lucera *et al*. 2012). Dentro de los productos naturales, se registran los propóleos, sustancias resinosas ampliamente reconocidas por sus propiedades antimicrobianas (Bankova *et al*. 2014). Por otro lado, diversos autores han reportado la actividad antifúngica de los propóleos frente a hongos filamentosos fitopatógenos, como *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Botryodiplodia* spp. y hongos levaduriformes, especialmente, los del género *Candida* (Quiroga *et al*. 2006; Meneses *et al*. 2009; Agüero *et al*. 2011; Yang *et al*. 2011).

En este estudio, se determinó el efecto antifúngico de los EEP de la región del Bajo Cauca antioqueño. La actividad antimicrobiana del propóleos se halla íntimamente relacionada con la composición química (Toreti *et al*. 2013), la cual, puede variar de acuerdo a su lugar de origen; por ejemplo, los propóleos de origen europeo están compuestos, en la mayoría, por sustancias fenólicas, principalmente flavonoi-

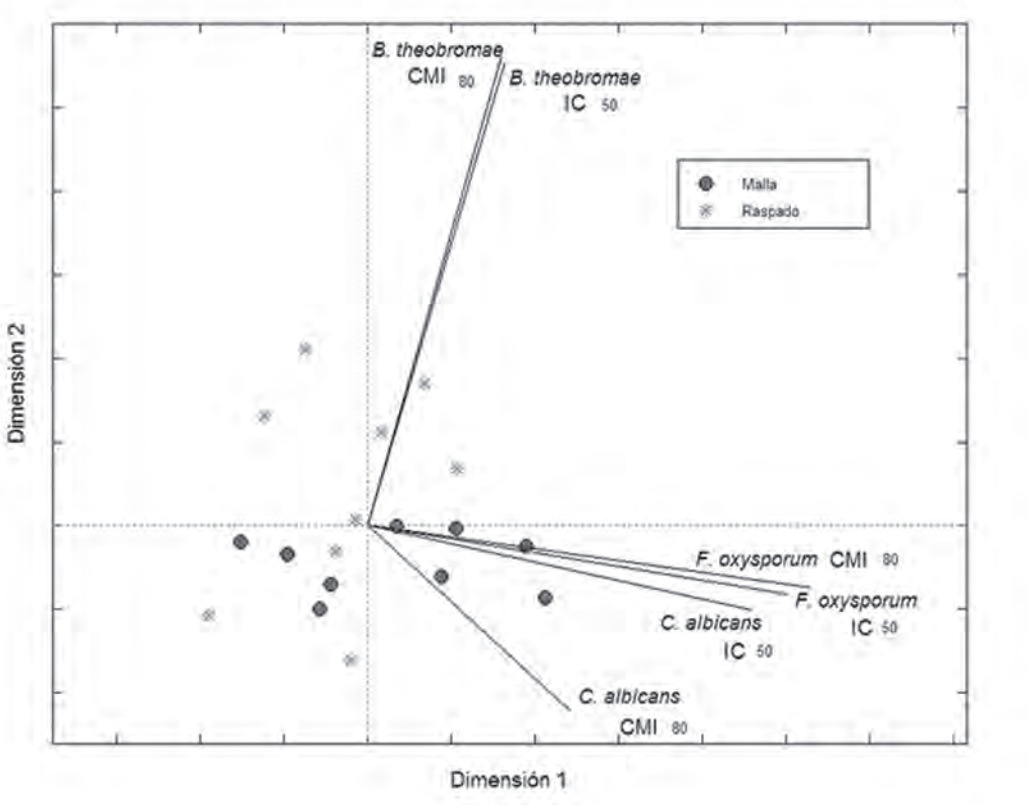


Figura 1. Representación Biplot de la población muestral frente a los patrones CMI_{80} e IC_{50}.

des, como galangina y pinocembrina (Salatino *et al*. 2011). Por su parte, Melliou *et al*. (2007) estudiaron la actividad antimicrobiana de los constituyentes del propóleos de varias regiones de Grecia, en los cuales, predominaron terpenoides, y mostraron mayor actividad sobre los hongos. Para el caso colombiano, Meneses *et al*. (2009) y Palomino *et al*. (2010) caracterizaron propóleos colectados en Antioquia, Colombia y establecieron que la actividad antimicrobiana apreciada frente a los hongos de los géneros *Botryodiplodia*, *Colletotrichum*, *Aspergillus* y *Penicillum*, puede estar relacionada con el contenido de diterpenos tipo labdano o al sinergismo de éstos con otros componentes. Además, se estima que no es solo una sustancia la responsable de la actividad, sino más bien que es debida al efecto sinérgico de diferentes compuestos (Barbarić *et al*. 2011). Estudios complementarios de la composición química de los propóleos del Bajo Cauca antioqueño permitirán vislumbrar la relación presente entre la actividad manifestada por los EEP con sus constituyentes.

Por otro lado, no se establecieron resultados concluyentes respecto a la influencia del método de recolección sobre la actividad biológica; solo en el hongo levaduriforme, se presentaron diferencias significativas en la CMI_{80}, respecto al método de recolección. Posiblemente, *C. albicans* es un microorganismo más sensible al EEP que los hongos filamentosos y, por lo tanto, su crecimiento es afectado, aún con sutiles diferencias en la concentración y en la composición del extracto. Papotti *et al*. (2012) establecieron que la composición y la actividad biológica de los extractos depende del método de recolección del propóleos, debido a que hay variaciones en la concentración de resinas y de bálsamos, que son las fracciones que contienen las sustancias bioactivas, entre las muestras, obtenidas por malla y por raspado.

El hongo *F. oxysporum* fue la especie menos sensible al EEP del Bajo Cauca antioqueño, con valores de CMI_{80}, entre 1567 y 5016μgmL^{-1}. Estos resultados son comparables a los presentados por extractos metanólicos de propóleos provenientes de cinco regiones de Turquía, frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Özcan *et al*. 2004), donde la concentración de 2000μgmL^{-1} fue efectiva para la inhibición del hongo, en un 50%. De igual forma, Özcan (1999) registró porcentajes de inhibición de *F. oxysporum* superiores al 50%, cuando evaluó extractos acuosos de propóleos colectados en Konya-Turquía, a concentraciones de 4000μgmL^{-1}. Los EEP del Bajo Cauca probados a dosis inferiores a 4000μgmL^{-1} inhibieron el 80% de la germinación de los conidios del fitopatógeno *F. oxysporum*. Por su parte, Quiroga *et al*. (2006) hallaron concentraciones mínimas inhibitorias de 349, 310 y 194μgmL^{-1}, para *Fusarium* sp., obtenido de tres aislados de *Glycine max*; no obstante, los autores utilizaron un extracto etanólico de propóleos parcialmente purificado, que presentaba, como compuestos mayoritarios, pinocembrina y galangina.

Son pocos los reportes relacionados con la actividad antifúngica de EEP frente a *B. theobromae;* sin embargo, autores como Meneses *et al.* (2009), cuando utilizaron extractos de propóleos procedentes de Antioquia, Colombia, a una concentración de 1000μgmL^{-1}, reportaron inhibición en el crecimiento micelial, del 29%.

El potencial antifúngico de EEP frente al hongo levaduriforme *C. albicans* ha sido estudiado por diversos autores (Agra *et al*. 2006; Suleman *et al*. 2015; Freires *et al*. 2016). La levadura *C. albicans* fue la especie más susceptible al EEP del Bajo Cauca, con valores CMI_{80}, entre 1529 y 3568μgmL^{-1}. Stepanović *et al*. (2003) indicaron que los EEP colectados en diferentes regiones de Serbia mostraron CMI en el rango de 0,31 a 2,5%; adicionalmente, Abd & Hegazi (2000) encontraron valores CMI entre 1320 y 3380μgmL^{-1}, en EEP, provenientes de Egipto, rango similar al hallado para EEP del Bajo Cauca. Por otra parte, autores como Herrera *et al*. (2010), han reportado rangos de CMI entre 197 y 441μgmL^{-1}, de extractos líquidos comerciales de propóleos chilenos, para la inhibición del hongo levaduriforme *C. albicans*, al emplear la técnica de microdilución.

Este hecho sugiere el potencial de los EEP como alternativa para el tratamiento de enfermedades, de alteraciones y de contaminaciones causadas por hongos filamentosos y levaduras, que atacan frutos, hortalizas, granos, alimentos preparados, entre otros. Igualmente, será de gran relevancia estudios adicionales *in vivo*, que sustenten estas afirmaciones.

En conclusión, los extractos exhibieron una actividad moderada, en comparación con el control, contra los hongos *B. theobromae*, *F. oxysporum*, y *C. albicans*; además, el microorganismo levaduriforme presentó la mayor sensibilidad frente a los EEP evaluados *in vitro*. De igual manera, se evidenció que el método de recolección del propóleos solo mostró diferencias significativas respecto a la concentración mínima inhibitoria encontrada para *C. albicans*.

Agradecimientos: La presente investigación, se realizó gracias a la financiación otorgada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, por la Universidad Nacional de Colombia y por la empresa Promoción de Proyectos Mineros S.A.S., a través del proyecto 003-2008C3783-3453.
Conflicto de intereses: Los autores declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABD, E.; HEGAZI, A. 2000. Egyptian Propolis: 2. Chemical composition, antiviral and antimicrobial activities of East Nile Delta propolis. Z. Naturforsch. (Germany). 57c(3-4):386-394.

2. AGRA, R.; RODRIGUES, E.; MARCUCCI, M.; RAMALHO, A.; DOMINGUES, N.; ESFRAIM, W. 2006. Características físico-químicas e atividade antimicrobiana de extratos de própolis da Paraíba, Brasil. Ciência Rural. (Brasil). 36(6):1842-1848.

3. AGRIOS, G.N. 2004. Fitopatología. Ed. Limusa. (México D.C.). 838p.

4. AGÜERO, M.B.; SVETAZ, L.; SÁNCHEZ, M.; LUNA, L.; LIMA, B.; LÓPEZ, M.L.; ZACCHINO, S.; PALERMO, J.; WUNDERLIN, D.; FERESIN, G.E.; TAPIA, A. 2011. Argentinean andean propolis associated with the medicinal plant *Larrea nitida* Cav. (Zygophyllaceae). HPLC-MS and GC-MS characterization and antifungal activity. Food Chem Toxicol. (Netherlands). 49(9):1970-1978.

5. BANKOVA, V.; POPOVA, M.; TRUSHEVA, B. 2014. Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. Chem. Cent. J. (United States). 8(28):1-8.

6. BARBARIĆ, M.; MIŠKOVIĆ, K.; BOJIĆ, M.; LONČAR, M.B.; SMOLČIĆ-BUBALO, A.; DEBELJAK, Z.; MEDIĆ-ŠARIĆ, M. 2011. Chemical composition of the ethanolic propolis extracts and its effect on HeLa cells. J. Ethnopharmacol. (Netherlands). 135(3):772-778.

7. CEUGNIEZ, A.; DRIDER, D.; JACQUES, P.; COUCHENEY, F. 2015. Yeast diversity in a traditional French cheese "Tomme d'orchies"reveals infrequent and frequent species with associated benefits. Food Microbiology. (Netherlands). 52(1):177-184.

8. CLINIC AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE –CLSI-. 1997. Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing for yeasts. Approved standard document M27-A. CLSI. 17(9):1-29.

9. CLINIC AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE –CLSI-. 2002. Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of filamentous fungi. Approved standard M38-A, CLSI. 22(16):1-22.

10. FREIRES, I.A.; QUEIROZ, V.C.P.P.; FURLETTI, V.F.; IKEGAKI, M.; DE ALENCAR, S.M.; DUARTE, M.C.T.; ROSALEN, P.L. 2016. Chemical composition and antifungal potential of Brazilian propolis against *Candida* spp. J. Mycologie Médicale. (Netherlands). 26(2):122-132.

11. GALINDO, M.P. 1986. Una alternativa de representación simultánea: HJ-biplot. Questió. 10(1):13-23.

12. GÓMEZ-TENORIO, M.A.; ZANÓN, M.J.; DE CARA, M.; LUPIÓN, B.; TELLO, J.C. 2015. Efficacy of dimethyl disulfide (DMDS) against Meloidogyne sp. and three formae speciales of *Fusarium oxysporum* under controlled conditions. Crop Protection. (Netherlands). 78(1):263-269.

13. GOUMA, M.; GAYÁN, E.; RASOA, J.; CONDÓN, S.; ÁLVAREZ, I. 2015. Inactivation of spoilage yeasts in apple juice by UV–C light and in combination with mild heat. Innovative Food Science and Emerging Technologies. (Netherlands). 32(1):146-155.

14. GRAIKOU, K.; POPOVA, M.; GORTZI, O.; BANKOVA, V.; CHINOU, I. 2016. Characterization and biological evaluation of selected Mediterranean propolis samples. Is it a new type? LWT-Food Science and Technology. (Netherlands). 65(1):261-267.

15. GYAWALI, R.; IBRAHIM, S.A. 2014. Natural products as antimicrobial agents. Food Control. (Netherlands). 46(1):412-429.

16. HERRERA, C.; ALVEAR, M.; BARRIENTOS, L.; MONTENEGRO, G.; SALAZAR, L. 2010. The antifungal effect of six commercial extracts of Chilean propolis on *Candida* spp. Cien. Inv. Agr. (Chile). 37(1):75-84.

17. JIAO, L.; YUAN, W. 2004. Study on application of propolis in food industry. Food Sci. Technol. (Canada). 1(12):55-57.

18. LUCERA, A.; COSTA, C.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M.A. 2012. Food applications of natural antimicrobial compounds. Front. Microbiol. (Switzerland). 3(287):1-13.

19. MENESES, E.A.; DURANGO, D.; GARCÍA, C.M. 2009. Antifungal activity against postharvest fungi by extracts from Colombian propolis. Quím. Nova. (Brasil). 32(8):2011-2017.

20. MELLIOU, E.; STRATIS, E.; CHINOU, I. 2007. Volatile constituents of propolis from various regions of Greece-antimicrobial activity. Food Chem. (Netherlands). 103(2):375-380.

21. ORBERÁ-RATÓN, T.M. 2004. Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. Rev. Cubana Salud Pública. (Cuba). 30(3):1-5.

22. ÖZCAN, M.; UNVER, A.; CEYLAN, D.A.; YETIŞIR, R. 2004. Inhibitory effect of pollen and propolis extracts. Nährung. (United States). 48(3):188-194.

23. ÖZCAN, M. 1999. Antifungal properties of propolis. Grasas y Aceites. (España). 50(5):395-398.

24. PALOMINO, L.; MARTÍNEZ, J.; GARCÍA, C.; GIL, J.; DURANGO, D. 2010. Physicochemical characterization and antimicrobial activity of propolis from municipality of Union (Antioquia, Colombia). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. (Colombia). 63(1):5373-5383.

25. PAPOTTI, G.; BERTELLI, D.; BORTOLOTTI, L.; PLESSI, M. 2012. Chemical and functional characterization of italian propolis obtained by different harvesting methods. J. Agric. Food. Chem. (United States). 60(11):2852-2862.

26. POP, A.; DRUGAN, T.; GUTLEB, A.C.; LUPU, D.; CHERFAN, J.; LOGHIN, F.; KISS, B. 2016. Individual and combined in vitro (anti)androgenic effects of certain food additives and cosmetic preservatives. Toxicology in Vitro. (Netherlands). 32(1):269-277.

27. QUIROGA, E.N.; SAMPIETRO, D.A.; SOBERON, J.R.; SGARIGLIA, M.A.; VATTUONE, M.A. 2006. Propolis from the northwest of Argentina as a source of antifungal principles. J. Appl. Microbiol. (United States). 101(1):103-110.

28. RIVILLAS-ACEVEDO, L.A.; SORIANO-GARCÍA, M. 2007. Isolation and biochemical characterization of an antifungal peptide from *Amaranthus hypochondriacus* seeds. J. Agric. Food. Chem. (United States). 55(25):10156-10161.

29. SALATINO, A.; FERNANDES-SILVA, C.C.; RIGHI, A.A.; SALATINO, M.L.F. 2011. Propolis research and the chemistry of plant products. Nat. Prod. Rep. (United Kingdom). 28(5):925-936.

30. SHAHMIHAMMADI, M.; JAVADI, M.; NASSIRI-ASL, M. 2016. An Overview on the Effects of Sodium Benzoate as a Preservative in Food Products. Biotech Health Sci. (Iran). In press.

31. SIRIPATRAWAN, U.; VITCHAYAKITTI, W. 2016. Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. Food Hydrocolloids. (Netherlands). 61(1):695-702.

32. STEPANOVIĆ, S.; ANTIĆ, N.; DAKIĆ, I.; ŠVABIĆ-VLAHOVIĆ, M. 2003. *In vitro* antimicrobial activity of propolis and synergism between propolis and antimicrobial drugs. Microbiol. Res. (Netherlands). 158(4):353-357.

33. SULEMAN, T.; VAN VUUREN, S.; SANDASI, M.; VILJOEN, A.M. 2015. Antimicrobial activity and chemometric modelling of South African propolis. J. of Applied Microbiology. (United States). 119(4):981-990.

34. TORETI, V.C.; SATO, H.H.; PASTORE, G.M.; PARK, Y.K. 2013. Recent Progress of propolis for its biological and chemical compositions and its botanical origin. Evid. Based Complement. Alternat. Medi. (Egypt). 2013(1):1-13.

35. TWUMASI, P.; OHENE-MENSAH, G.; MOSES E. 2014. The rot fungus *Botryodiplodia theobromae* strains cross infect cocoa, mango, banana and yam with significant tissue damage and economic losses. African J. Agr. Res. (Nigeria). 96(6):613-619.

36. YANG, S.Z.; PENG, L.T.; SU, X.J.; CHEN, F.; CHENG, Y.J.; FAN, G.; PAN, S.Y. 2011. Bioassay-guided isolation and identification of antifungal components from propolis against *Penicillium italicum*. Food. Chem. (Netherlands). 127(1):210-215.

Recibido: Junio 17 de 2016
Aceptado: Septiembre 30 de 2016

Cómo citar:

Viloria-Barragán, J.; Gil-González, J.; Durango-Restrepo, D.; Marín-Loaiza, J.; Correa-Londoño, G. 2016. Actividad *in vitro* de extractos etanólicos de propóleos del bajo Cauca antioqueño sobre dos hongos filamentosos y uno levaduriforme. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 333-340.

BIOCHAR COMO ENMIENDA EN UN OXISOL Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ

BIOCHAR AS AN AMENDMENT IN AN OXISOL AND ITS EFFECT ON THE GROWTH OF CORN

Leonardo Alonso-Gómez[1], Alejandra Cruz-Dominguez[2], Deicy Jiménez-Madrid[3], Álvaro Ocampo-Duran[4], Sergio Parra-González[5]

[1] Ing. Agroindustrial, MEng, Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Colombia, Km 12 Vía a Puerto López, Vereda Barcelona, C.P. 1745, e-mail: lalonso@unillanos.edu.co; [2] Ing. Agroindustrial. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Colombia, Km 12 Vía a Puerto López, Vereda Barcelona, C.P. 1745, e-mail: malejacruz@gmail.com; [3] Ing. Agrónoma. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Colombia, Km 12 Vía a Puerto López, Vereda Barcelona, C.P. 1745, e-mail: deicy.jimenez@unillanos.edu.co; [4] Zootecnista, MSc., PH.D., Profesor Titular. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Colombia, Km 12 Vía a Puerto López, Vereda Barcelona, C.P. 1745, e-mail: aocampo@unillanos.edu.co; [5] Ing. Agrónomo, MSc Suelos, Laboratorio de Suelos. Universidad de Los Llanos, Villavicencio, Colombia, Km 12 Vía a Puerto López, Vereda Barcelona, C.P. 1745, e-mail: sdparra@unillanos.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 341-349, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Hay una creciente preocupación, a nivel mundial, por la declinación de la calidad de los suelos. Numerosos reportes sugieren la adición de biochar, para incrementar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. Se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes niveles de biochar, en un oxisol representativo de la Altillanura Colombiana y su efecto en el crecimiento del maíz. Las muestras de suelo fueron recolectadas y tratadas con biochar de cuesco de palma africana procesado, en un reactor termoquímico cilíndrico de lecho fijo; se manejó régimen de flujo concurrente y diferentes temperaturas, para priorizar la obtención de biochar. Se utilizaron dosis de biochar (masa/masa) de 0, 2, 5 y 10% y se compararon con tratamiento con cal. Después de incubación por 45 días bajo condiciones ambientales exteriores, cuatro semillas de maíz (*Zea maíz* L.) variedad Guacavía fueron sembradas en cada recipiente, sin adición de fertilizante o enmienda. Las unidades experimentales fueron contenedores plásticos de 5kg. El material vegetal, aunque se recolectó a los 90 días después de la siembra, presentaba una fase vegetativa V5. Se analizó absorción de nutrientes por el maíz en planta entera. Independiente, se analizaron muestras del biochar, encontrándose que predominaron las cargas negativas. En la mezcla suelo-biochar, se observó incremento de P, Ca, Mg y K, pero el Na no tuvo incremento; se redujo el Al^{+3} proporcional a la aplicación de biochar. La absorción de Zn y Mg aumentó notablemente en el maíz, pero también la absorción de Fe se incrementó, a niveles tóxicos.

Palabras clave: Pirolisis, cuesco palma de aceite, suelos arcillosos, absorción de nutrientes.

SUMMARY

There is growing concern worldwide for the decline of soil quality. Numerous reports suggest the addition of biochar to increase soil fertility and crop productivity. The effect of applying different levels of biochar in a representative oxisol of Colombian Altillanura and its effect on corn growth was evaluated. Soil samples were collected and treated with African palm shell biochar, thermochemically obtained in a cylindrical fixed bed reactor, in a concurrent flow regime. Different temperatures were handled to prioritize obtaining biochar. Doses of biochar (m/m) of 0, 2, 5 and 10% were used and compared with treatment with lime. After 45 days incubation, under external environmental conditions, seeds of maize (*Zea mays* L.), Guacavía variety were planted in each container, without addition of fertilizer or amendment. The experimental units were plastic containers of 5kg. Although the plant material was collected 90 days after planting, it presented a vegetative phase V5. Nutrient uptake by corn was analyzed in whole plant. Independent biochar samples were analyzed and found predominance negative charges. In the mix biochar-soil increased P, Ca, Mg and K was observed, but did not increase Na. Al^{+3} proportional to the application of biochar was reduced. The Zn and Mg absorption increased significantly in maize, but also Fe uptake increased to toxic levels.

Key words: Pyrolysis, plant uptake, palm kernel shell, clay soil.

INTRODUCCIÓN

El biochar, que es un producto de la pirolisis, recientemente se ha comenzado a utilizar, como enmienda del suelo. Se ha propuesto, para mejorar las propiedades del suelo y para darles valor agregado, cuando tiene deficiencias físicas y químicas. El biochar ha demostrado tener un efecto positivo en las propiedades químicas y físicas de los suelos, además de contribuir a mejorar la producción de biomasa y rendimiento de los cultivos (Petter *et al.* 2012); sin embargo, se presentan vacíos en el conocimiento, respecto a su efecto en Oxisoles, como los de la Altillanura Colombiana.

Los Llanos Orientales de Colombia cuentan con zonas subutilizadas en ganadería extensiva, como la Altillanura, debido, principalmente, a los altos costos de acondicionamiento físico y químico de los suelos, para el establecimiento de cultivos, dada su condición de alta acidez y compactación (Lavelle *et al*. 2014). Adicionalmente, los suelos de la Altillanura Colombiana tienen otros factores limitantes para los cultivos, como son: el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes, la baja capacidad de aireación, el elevado contenido de aluminio intercambiable (alrededor del 80% de su capacidad de intercambio catiónico) y su pH extremadamente ácido (3,8 a 5,0). Estas características repercuten en: que las raíces de las plantas que allí crecen penetren con dificultad, la toxicidad directa, debida al pH y, además, en que se tengan bajos rendimientos en biomasa y en productividad de los cultivos. Estos factores hacen que las prácticas agrícolas tradicionales no permitan mantener la capacidad productiva del suelo, porque se deteriora en poco tiempo y su desempeño agrícola disminuye (Vanegas *et al.* 2013). Entidades, como La Universidad de los Llanos, el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA y la Universidad Nacional de Colombia, han desarrollado investigaciones encaminadas a conocer y mejorar las condiciones de estos suelos, para su mejor aprovechamiento (Alarcón-Jiménez *et al.* 2016; Jamioy Orozco *et al.* 2015; Malagón Castro, 2003). Estas entidades han llegado a la conclusión que, para convertir estos suelos a una agricultura comercialmente viable, se requiere de la formación de una capa de suelo cultivable, a través de labranza profunda, para mejorar la estructura de los suelos y la aplicación de correctores, como la cal, para incrementar el pH.

Un residuo de la Agroindustria del aceite con alta disponibilidad en la Altillanura es el cuesco de palma africana, la conversión de este cuesco en biochar vía pirolisis y su posterior aplicación a los suelos de la región, puede ser una manera alternativa de mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo. El biochar es un material rico en carbono, obtenido mediante la descomposición térmica (pirolisis) de biomasa, que se lleva a cabo típicamente, a temperaturas entre 400 y 600°C y bajo limitado suministro de oxígeno, es decir, en condiciones subestequiométricas (Liaw *et al.* 2012). Debido a su estructura aromática, el biochar es química y biológicamente más estable que la materia orgánica de la que proviene; el carbono contenido en el biochar, siendo escasamente mineralizado a CO_2, permite aumentar las reservas de carbono en el suelo, a largo plazo, porque el biochar es la forma en que el C puede quedar secuestrado por largos periodos. El equipo para la producción de biochar, en este estudio, corresponde a un gasificador. Las variables que afectan comúnmente el proceso de pirolisis para la producción de biochar son: la temperatura máxima de procesado, el tiempo de residencia y el tamaño de partícula de la biomasa, con la que se alimenta el gasificador; por ejemplo, Tripathi *et al.* (2016) encontraron que con altas temperaturas, se consiguen bajos rendimientos de biochar y alto rendimiento en gas de síntesis y alquitranes, pero gran parte de los informes sobre pirolisis han indicado que bajas temperaturas, cortos periodos de calentamiento y pequeños tamaños de partícula promueven la descomposición de los polímeros de la biomasa, disminuyen la producción de gases pirolíticos y maximizan la producción del biochar (Lee *et al.* 2013). Siendo el biochar el producto de interés para este proyecto, estas últimas condiciones de pirolisis fueron las aplicadas al cuesco.

La adición de biochar a suelos poco fértiles ha sido documentada con efectos positivos, como por ejemplo, el aumento de la capacidad de retención de fosforo (P) y la disminución en la lixiviación de nitrógeno (Kong *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2016). También, se han encontrado evidencias que la adición de biochar contribuye a la biodisponibilidad del nitrógeno (N) en los suelos agrícolas y, potencialmente su aplicación, puede disminuir la demanda de fertilizantes nitrogenados, para el crecimiento de los cultivos (Zheng *et al.* 2013). Los suelos arenosos también han sido objeto de estudio, tras la adición de biochar, Mohamed *et al*. (2016) encontraron que el biochar de pasto varilla (*Panicum virgatum*) mejoró la capacidad de retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico en suelos arenosos y arcillosos. He *et al*. (2016) demostraron que con la adición de biochar en Oxisoles, con características similares a los de la Altillanura Colombiana, mejora la nitrificación, la actividad nitrificante y la reducción de emisiones de N_2O, bajo condiciones de incubación, a corto plazo. Asimismo, se ha demostrado que el biochar mejora la disponibilidad de P en la marga arcillosa, por ser adsorbente de fosfato y fuente de fósforo disponible (Zhang *et al*. 2016); sin embargo, aunque se han estudiado diferentes tipos de biomasas residuales, hay poca evidencia del efecto del biochar de cuesco de palma africana, usado como enmienda en Oxisoles.

El presente trabajo propone el uso del biochar de cuesco de palma africana, como enmienda en un Oxisol, representativo de los suelos de Altillanura; se prepararon diferentes

mezclas de suelo y de biochar, al igual, que mezclas de suelo con cal dolomítica, como testigo; su efecto fue evaluado en el crecimiento y en la absorción de nutrientes de un cultivo indicador, en este caso, el maíz Guacavía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima. Como materia prima para producir el biochar, se empleó la cáscara de la almendra del fruto de la palma (cuesco), que se obtuvo de la empresa Unipalama de los Llanos S.A., ubicada en los Llanos Orientales de Colombia, en el municipio de Cumaral (Meta).

Caracterización del cuesco de palma. La materia prima (cuesco) se tamizó, para remover los excesos de impurezas y utilizar partículas de tamaño inferior a 4mm, acorde al objetivo de obtener la mayor cantidad de biochar, en el proceso de caracterización y de pirolisis. El cuesco tamizado se caracterizó, realizando análisis proximal, elemental y poder calorífico. En el análisis proximal, se determinó la humedad, usando la norma ASTM D3173-11; el material volátil, según la norma ASTM D3175-1; el material contenido de cenizas, con base en los parámetros establecidos en la norma ASTM D3174-11 y el poder calorífico, según la norma ASTM D-5865-11a. El análisis elementar, se realizó acorde al procedimiento descrito en la norma ASTM D5373-08 y el contenido de azufre, de acuerdo a la norma ASTM D4239-08 y así determinar el contenido de C%, H%, %O, %N y S%.

Obtención y caracterización del Biochar. El cuesco tamizado se pirolizó, a régimen de flujo concurrente, en un gasificador cilíndrico de lecho fijo, con capacidad de 7380cm^{-3}, sin entrada de aire, dos resistencias eléctricas alrededor del cuerpo del gasificador lo calientan, estimándose la temperatura mediante una termocúpla, que se incorporó en la tapa. La parte superior del equipo presentaba una salida de gas, que se conectaba al sistema de limpieza de gases, donde hay agua con hielo (burbujeador o "scrubber"), que baja la temperatura del gas a 25°C y condensa los alquitranes. El scrubber, se conectó con una manguera al medidor de caudal de gas producido. Después de realizada la pirolisis, se dejó enfriar el equipo por 24 horas, a temperatura ambiente, para proceder a la medición de los pesos de los productos sólido y líquido; la masa del gas producida, se determinó por balance de materia. Con esta información, se procedió a calcular el rendimiento del sólido, líquido y gas.

Una vez obtenido el biochar, se le aplicaron los mismos análisis proximal, elemental y poder calorífico, usando los métodos mencionados en la sección anterior. El poder calorífico y el contenido porcentual de los componentes del gas de pirolisis producido, se realizó con un Analizador de gases portátil marca Wuhan Cubic 3200L. El esquema del proceso es sintetizado en la figura 1.

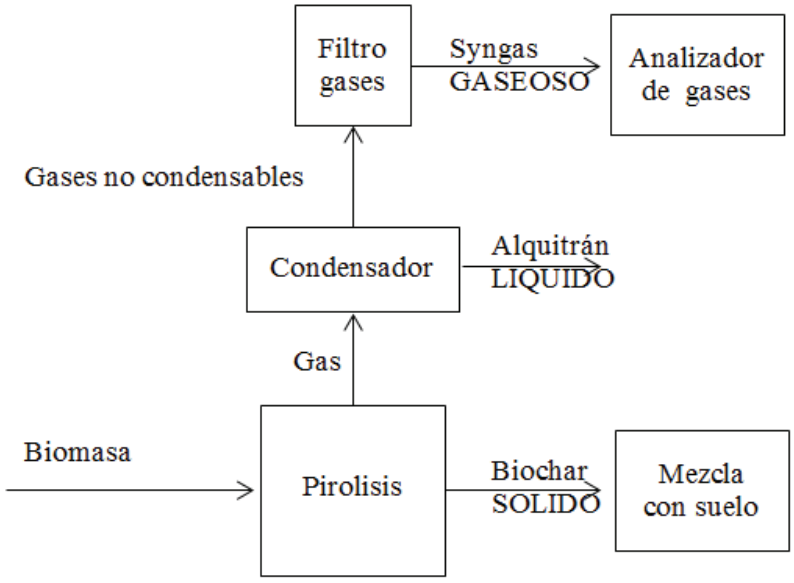


Figura 1. Esquema del montaje para el proceso de pirolisis.

El rendimiento energético, se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Yang *et al*. (2016) y se definió como la fracción de energía que figura en la alimentación de biomasa recuperada en los productos de la pirolisis, usando la Ecuación (1).

(Ec.1)

$$Rendimiento\ energético\ (\%) = \frac{Rendimiento\ en\ peso\ \left(\%\frac{p}{p}\right) \times PCS_{producto}}{PCS_{biomasa}} \times 100$$

Dónde: PCS $_{producto}$ = poder calorífico superior de los productos de pirolisis (Mj kg^{-1}) y PCS $_{biomasa}$ = poder calorífico superior de la biomasa (Mj kg^{-1}).

Finalmente, al Biochar se le determinó el pH en relación (1:2.5), en agua y en cloruro de potasio 1N (KCl); esta información se sustituyó en la ecuación (2), con la finalidad de determinar la carga líquida, es decir, si es electronegativo u electropositivo (Souza *et al*. 2007; Department of Agriculture, 2001).

$$\Delta\ pH = pH\ KCl - pH\ H_2O \qquad (Ec.2)$$

Obtención del suelo. El suelo utilizado, se recolectó en la finca El Antojo, Vereda Remolino, ubicada en Puerto López Meta, con coordenadas latitud 04° 12' 49,053"N, longitud 72° 40' 41,778"E, altitud 212m, taxonómicamente el suelo corresponde a un Plinthic Hapludox con epipedon óxico (Olarte *et al*. 1979). La colecta, se realizó en una zona prístina, retirando la vegetación de la capa superficial y a una profundidad de 0 a 20cm. Después de la colecta, el suelo se secó a la sombra, desterronó y tamizó en malla de 2mm de apertura. El suelo, se caracterizó para conocer los siguientes parámetros: textura (bouyoucos); pH en agua (método potenciométrico relación 1:1); M.O. (Walkley Black); S (Fosfato monobásico de Calcio); Ca, Mg, K, Na (acetato de amonio 1N pH 7,0); P (Bray II); Al (Cloruro de potasio 1N); elementos menores (DTPA); B (ácido clorhídrico); la determinación de: M.O., Ca, Mg y Al, se efectuó por titulación; P, B, S, por espectrofotometría uv-bis y Cu, Fe, Mn, Zn, por espectrofotometría de absorción atómica. Las extracciones y las determinaciones, siguieron las recomendaciones consignadas en Olarte *et al*. (1979).

Tratamientos aplicados al suelo. El biochar, obtenido de la pirolisis, se molió y tamizó en malla de 2mm de apertura y se adicionó al suelo, en las siguientes proporciones (masa/masa): 0, 2, 5 y 10%; simultáneamente, a una parte del suelo colectado al que no se le aplicó Biochar, se le adicionó cal dolomítica ($CaCO_3$ 55% y $MgCO_3$ 55%, especificaciones del fabricante), para elevar el contenido de bases al 70% de la Capacidad de intercambio catiónico. El suelo con el biochar y el suelo con cal se incubaron, por un periodo de 45 días, bajo condiciones ambientales exteriores, normales de Villavicencio, sin cubierta, a sol y lluvia directa. Ninguna otra adición de fertilizante o enmiendas se realizó en el desarrollo del experimento, para no generar resultados alterados por factores externos al mismo.

Siembra del material vegetal. Después de la incubación, el suelo se depositó en cinco contenedores plásticos, por tratamiento evaluado; cada contenedor tenía capacidad para 5kg. Cuatro semillas de maíz, variedad Guacavía, fueron sembradas en cada recipiente; esta variedad criolla colombiana es conocida por adaptarse a las condiciones de suelo, como las encontradas en los Llanos Orientales y por ser poco exigente en cuidados para plagas y enfermedades. Después de 15 días de la emergencia, se ralearon tres plantas y transcurridos 90 días después de la siembra, se recolectó la planta entera, para realizar el análisis de tejido vegetal. El material vegetal, después de colectado, se lavó con abundante agua destilada y se secó en estufa, a temperatura de 40°C, por un periodo de 48 horas; se molió, en molino tipo Wiley. Al triturado, se le realizó digestión nitro-perclórica, para determinar los contenidos de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B; las determinaciones, se realizaron usando las mismas técnicas aplicadas en suelo y descritas anteriormente (Olarte *et al*. 1979).

Caracterización final del suelo. Al finalizar del experimento, el suelo de cada una de las repeticiones de los tratamientos aplicados se homogenizó, con la finalidad de obtener una muestra compuesta por tratamiento, para evaluar las mismas características analizadas inicialmente (M.O., pH, Al, Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Zn, Mn, B, S), usando los mismas técnicas de extracción y de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del cuesco y el biochar. Luego de haber realizado el proceso de pirolisis, se presenta en la tabla 1, la caracterización de la materia prima y el biochar de cada prueba y los rendimientos, el peso de cada subproducto y el potencial energético del sólido y gas producido en las diferentes pruebas de pirolisis, en la tabla 2.

Como en la gran mayoría de las biomasas, el contenido de azufre tiende a cero, que hace de estas biomasas una materia prima poco contaminante. También, se observa que parte del material volátil fue convertido en gas de síntesis, por lo que en el biochar, se disminuye casi a la mitad el contenido de material volátil; el bajo contenido de cenizas de los productos, le da un valor agregado, pues hace también de este biochar, un residuo potencial, para su uso en combustión. Los elevados valores de contenido de carbón fijo ratifican el secuestro de carbono, que contribuiría a la disminución de gases de efecto invernadero, pues al agregarlo a los suelos, se convertirían en sumideros de carbono.

Tabla 1. Datos de los análisis elemental y proximal de la materia prima y el biochar.

Prueba	Análisis elemental				Análisis proximal			
	C (%)	H (%)	N (%)	O* (%)	Humedad (%)	Material Volátil (%)	Ceniza (%)	Carbón Fijo* (%)
Cuesco	46,3±1,5	6,5±0,2	0,6±0,1	46,6 ±1,4	9,12±1,3	68,8±4,2	1,5±0,5	20,4±3,0
Biochar	74,8±1,5	4,8±0,3	0,7±0,1	19,3±1,5	-	35,8±4,4	2,8±0,4	61,4±4,0

Cada valor de la tabla es la media ± desviación estándar de seis repeticiones. No detectado

* Valores calculados por diferencia

Tabla 2: Datos del peso, rendimiento y poder calorífico de los productos de la pirolisis del cuesco de palma de aceite.

Peso			Rendimiento			Poder calorífico	
Biochar (kg)	Alquitrán (kg)	Gas (kg)	Biochar (%)	Alquitrán (%)	Gas (%)	Char (MJ/kg)	Gas (MJ/kg)
1,0±0,1	0,7±0,3	0,7±0,3	41,2	29,5	29,2	29,2±0,6	3,7±0,4

Los valores de peso y poder calorífico de la tabla son la media ± desviación estándar de seis repeticiones.

La celulosa por su composición semicristalina es térmicamente más estable, por ende, se descompone entre 305 y 375°C (Abdullah *et al.* 2010) y la lignina, se descompone, de forma constante, entre 250 y 500°C; esta estructura es más compleja, ya que es la que genera resistencia de las paredes celulares vegetales (Cui & Cheng, 2015). Durante la pirolisis, la celulosa y la hemicelulosa son los constituyentes de la biomasa que producen la mayoría de volátiles, mientras que la lignina es la principal responsable de la producción de biochar (Yang *et al.* 2007). El poder calorífico del biochar expresa su potencial energético, para un posterior uso como combustible. El poder calorífico tiene una relación directamente proporcional con el contenido de carbono fijo (Okoroigwe & Saffron, 2012), a mayor contenido de carbono fijo, mayor es el poder calorífico del biochar; para la presente investigación, el biochar producido a 320°C y 80 minutos presenta el mayor valor de poder calorífico. Otro de los productos obtenidos durante la pirolisis de cuesco de palma de aceite es el gas, se obtiene una menor proporción comparada a la gasificación, debido al rango de temperatura, en el cual, se desarrolla el proceso; el gas obtenido está compuesto por CO, CO_2, H_2, O_2, CH_4 y C_nH_m. El CH_4 es uno de los componentes que hacen que el gas sea combustible; la producción gradual del mismo puede estar dada con la descomposición de la lignina. El CH_4 presenta una relación directamente proporcional con el poder calorífico de los gases, por lo tanto, a mayor contenido de CH_4, mayor es el poder calorífico del gas (Chen *et al.* 2015); para la presente investigación, la prueba a 320°C y 80 minutos también resultó ser el gas con mayor poder calorífico. Son resaltados los aspectos energéticos, debido a que la obtención del biochar para los suelos, que tendría una doble finalidad: el aprovechamiento de la energía y el mejoramiento de los suelos, lo que ratifica el beneficio de este material.

Análisis de suelo. El P es un elemento que tiene una estrecha interacción con compuestos orgánicos (materia orgánica del suelo) e inorgánicos (aluminosilicatos e oxihidróxidos de hierro y aluminio) y disminuye su disponibilidad con la disminución del pH en el suelo; en esta condición, se favorece la absorción específica (enlaces covalentes), entre el fósforo (P) y los oxihidróxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), impidiendo la disponibilidad de este nutriente (Bohn *et al*. 2015; Novais *et al.* 2007). En la tabla 3, se observa un incremento del P disponible y una reducción de Al^{+3} con el aumento del porcentaje de biochar adicionado en el suelo, a pesar que, en este trabajo, no se tiene información acerca del contenido de P en el biochar producido; se ha reportado que este tipo de enmiendas pude ser fuente de P y potasio (Chan *et al.* 2007; Petter *et al*. 2012). Otra explicación al incremento del P disponible es el aumento del pH, que acrecienta las cargas negativas en las arcillas, generando repulsión entre fosfato y la superficie del colide mineral que, finalmente, aumenta la disponibilidad de este elemento (Novais *et al.* 2007). Comparando el contenido del P con los cánones de interpretación del ICA (1981), se observa que al adicionar 10% de Biochar (masa/masa), el contenido de este nutriente, pasó del nivel bajo a medio.

En los sistemas coloidales, la naturaleza de las cargas netas (capacidad de intercambio catiónico o aniónico) puede ser determinada por la comparación del pH determinado en cloruro de potasio 1N y el pH medido en agua (Δ pH, ecuación 2) (Department of Agriculture, 2001; Souza *et al.* 2007); al

Tabla 3. Análisis final de suelo, después de 45 días de incubación.

Porcentaje de mezcla Biochar	Text Tacto	M.O. %	P. ppm	pH 1:1	CATIONES meq/100g					CATIONES p.p.m.					
					Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
0%	Ar	0,80	1,20	4,8	1,50	0,30	0,01	0,07	0,01	0,02	9,35	1,55	0,05	0,04	5,34
2%	Ar	0,80	2.90	5,0	1,45	0,40	0,05	0,21	0,03	0,25	9,75	1,80	0,65	0,20	5,91
5%	Ar	1,10	2,90	5,3	0,80	0,40	0,30	0,47	0,03	0,40	16,25	2,95	1,50	0,07	7,06
10%	FArA	1,90	10,60	5,4	0,40	0,80	0,20	0,77	0,03	0,70	18,12	3,80	11,00	0,11	13,26
Cal	Ar	0,60	0,80	5,9	0,10	2,50	1,00	0,05	0,02	0,05	6,30	0,85	0,05	0,11	8,84

aplicar este cálculo para el Biochar, el resultado fue -0,87, de acuerdo a lo expuesto. Inicialmente, se puede deducir, que el Biochar tiene una carga líquida negativa.

Los suelos de la Altillanura en Colombia, se caracterizan por ser de carga variable, con altos contenidos de arcillas de baja actividad, como la caolinita, la gibsita y presencia de oxihidróxidos de Al y Fe; además, tienen una baja capacidad de intercambio catiónico, incidiendo en una baja retención de nutrientes (Malagón Castro, 2003). Al calcular la CIC efectiva (Al^{+3}+Ca+Mg+K+Na) para los diferentes tratamientos aplicados (0%= 1,89; 2%= 2,14; 5%= 2,00; 10%= 2,20; Cal 3,67meq 100g de $suelo^{-1}$), se observa un incremento en la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes de la fase intercambiable a la soluble, tanto para plantas como para microorganismos, en función de la aplicación del biochar, algo que es deseable en suelos altamente evolucionados.

Un resultado destacado es la reducción de los contenidos de Al^{+3} con la adición de biochar al suelo (Tabla 3), considerando que el Al^{+3} es un limitante químico en la productividad de Oxisoles y Ultisoles y que, típicamente, este problema se maneja con la adición de cales, que actúan como bases fuertes, que hidrolizan el agua y producen iones hidroxilos (OH^-), que neutraliza la acidez activa (H^+) y precipita el Al en forma oxihidróxidos ($Al(OH)_3$) (Souza *et al*. 2007). Los resultados sugieren, que el biochar reduciría la necesidad de uso de cales, ya que la cantidad a aplicar para controlar el Al^{+3} es menor, debido al poder encalante del biochar.

A pH ácido y extremadamente ácido típico de los suelos tropicales, altamente lixiviados, aumenta la solubilidad de algunos metales, como Al, Mn, Fe, Cu, B y Ni, que pueden causar fitotoxicidad y afectar el crecimiento y la fisiología de la planta (Bohn *et al*. 2015); con la adición del biochar, se observó un aumento en el pH, que redujo el riesgo de desbalances nutricionales y estrés a las plantas, por alta concentración de los elementos mencionados. Los resultados (Tabla 3) muestran un aumento de la disponibilidad de Ca y Mg, elementos altamente demandados por la mayoría de las plantas, cultivadas en la zona de estudio; es de resaltar que el Na no incrementó.

El incremento en la disponibilidad de K fue notable (Tabla 3), indicando que este tipo de biochar aplicado, periódicamente, puede ser recomendado para cultivos de yuca y de palma africana en tiempos de fructificación o cultivos de plátano y caña, que tienen alta demanda de este elemento. La periodicidad de aplicación del biochar es un tema que ofrece posibilidades de investigación posteriores y está ligado a su perdurabilidad en el tiempo en los suelos. Efectos sobre la disponibilidad de P y K y aumento en el pH, como los descritos en este trabajo y en otros parámetros asociados a la fertilidad del suelo, también fueron reportados en los trabajos de Petter *et al*. (2012) y Chan *et al*. (2007).

Análisis tejido vegetal del maíz. A pesar que las plantas estuvieron plantadas durante 90 días, solamente lograron alcanzar una fase vegetativa V5, debido a que no se fertilizó con nitrógeno, elemento que es esencial y requerido en altas dosis, para el óptimo crecimiento y desarrollo de esta especie; las plantas no alcanzaron el nivel de estado fenológico correspondiente a los 90 días, después de plantado, que correspondería a las primeras fases de la etapa reproductiva. En la tabla 4, se observa aumento en la absorción de potasio (K) con el aumento de biochar aplicado al suelo; comparando el contenido de K en la planta, con los niveles críticos, indicados por Cantarutti *et al*. (2007), las plantas tratadas con biochar no fueron deficitarias en este nutriente, en comparación con las no tratadas. A pesar del incremento de los contenidos de P en el suelo con la adición de biochar (Tabla 3), este nutriente no alcanzó el nivel de suficiencia en la planta (Cantarutti *et al*. 2007), efecto que puede ser explicado por la también alta absorción de zinc (Zn), que es antagonista de la absorción de P, cuando sus concentraciones

son muy altas.

También, hay un aumento notable en la absorción de Mg con el uso del biochar, un hecho positivo al ayudar este elemento en la formación de ATP en los cloroplastos, en la fijación fotosintética del dióxido de carbono, a la síntesis de proteínas y clorofila, a la recarga de floema, a la activación de reacciones enzimáticas y, en general, a la asimilación de los productos de la fotosíntesis (Bryson & Barker, 2007); sin embargo, llama la atención el aumento observado en la absorción de Fe, a niveles que pueden generar toxicidad (Howeler, 1983; Furlani, 2004), lo cual, puede ser contrarrestado con la aplicación simultánea de cal-biochar, en condiciones de campo. El Mn influencia el sistema enzimático de la planta; las reacciones metabólicas, como la conversión de N a nitratos (Bryson & Barker, 2007) y la absorción de Mn mayor en las plantas que recibieron tratamiento con biochar, en comparación de aquellas que solo recibieron cal (Tabla 4), este comportamiento puede ser explicado, a que en pH superior 5,5, como el alcanzado con la aplicación de cal, se reduce la disponibilidad de este elemento (Dechen & Nachtigall, 2007). A pesar de estos resultados, aún es necesario adelantar otros estudios, para evaluar las interacciones del biochar en combinación con enmiendas y fertilizantes, con la finalidad de obtener mejores recomendaciones, para el uso de esta enmienda, que permita un mejor manejo del suelo.

Tabla 4. Análisis Vegetal Maíz Guacavía, después de 90 días de siembra.

Análisis foliar muestra Maíz Guacavía								
Identificación en campo	**MACRONUTRIENTES (%)**				**MICRONUTRIENTES p.p.m.**			
Porcentaje de mezcla Biochar	**Ca**	**Mg**	**K**	**P**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
0%	0,19	0,06	0,84	0,02	8,00	5910,0	64,50	32,00
2%	0,18	0,08	2,64	0,04	8,50	3730,0	57,00	62,00
5%	0,18	0,10	2,19	0,04	6,00	3690,0	60,00	58,50
10%	0,20	0,12	1,86	0,05	6,50	6380,0	72,00	100,00
Cal	0,62	0,22	1,01	0,03	5,50	5365,0	40,00	23,50

Se concluye, que el uso de biochar mejoró algunas propiedades químicas del suelo, que son de interés agronómico: pH, CIC, contenido de P, Ca, Mg, K, Zn (Plinthic Hapludox); sin embargo, el biochar, como no es fuente de N, elemento muy limitante en la producción, no permitió sostener el óptimo desarrollo del maíz, planta susceptible a la falta de este nutriente.

Este experimento permite inferir, además que el biochar se puede recomendar para neutralizar altos contenidos de Al que afecta el crecimiento de las raíces de las plantas, mejorar el pH y, probablemente, mejorar la capacidad de retención de nutrientes y, a la vez, secuestrar carbono, a largo plazo. Desde el punto de vista de corrección de condiciones de pH, el uso de biochar podría ser una alternativa a la cal. Finalmente, se recomienda estudiar a fondo las interacciones del biochar, a través del tiempo y su dinámica con nutrientes, como P, K, Ca, Mg, Fe y Mn.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Ingeniero Fernando Castro Jurado, Director del programa Mejoramiento y Semillas de la empresa Unipalma S.A., por facilitar el cuesco de palma para esta investigación y al Ingeniero Carlos Armando Medina Polo, de la empresa Bioenergy, por su colaboración en la obtención de las muestras de suelo de Altillanura. Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad de los Llanos, en Convocatoria año 2014, para apoyar económicamente la ejecución de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, dirigida a docentes, código FCARN-24-14.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABDULLAH, N.; GERHAUSER, H.; SULAIMAN, F. 2010. Fast pyrolysis of empty fruit bunches. Fuel. 89(8):2166-2169.

2. ALARCÓN-JIMÉNEZ, M.F.; CAMACHO-TAMAYO, J.H.; BERNAL, J.H. 2016. Management zones based on corn yield and soil physical attributes. Agronomía Colombiana. 33(3):373-382.

3. BOHN, H.L.; STRAWN, D.G.; O'CONNOR, G.A. 2015. Soil chemistry. John Wiley & Sons. 392p.

4. BRYSON, G.; BARKER, A. 2007. Effect of nitrogen fertilizers on zinc accumulation in fescue. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 38(1):217-228.

5. CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F. 2007. Avaliação da fertilidade de solo e recomendação de fertilizantes.In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes,R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS. p.769-850

6. CHAN, K.Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian J. Soil Res. 45(8):629-634.

7. CHEN, D.; LIU, D.; ZHANG, H.; CHEN, Y.; LI, Q. 2015. Bamboo pyrolysis using TG-FTIR and a lab-scale reactor: Analysis of pyrolysis behavior, product properties, and carbon and energy yields. Fuel. 148:79-86.

8. CUI, W.; CHENG, J.J. 2015. Growing duckweed for biofuel production: A review. Plant Biol (Stuttg). Suppl. 1:16-23.

9. DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. 2007. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.L.(eds). Fertilidade do solo. 1. Ed. Viçosa, MG: SBCS. p.92-129.

10. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, U.S. 2001. Soil Survey Technical Note 8. NRCS Soils.

11. FURLANI, A.M.C. 2004. Nutrição mineral. In: Kerbauy, G.B. (ed). Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p.40-75.

12. HE, L.; ZHAO, X.; WANG, S.; XING, G. 2016. The effects of rice-straw biochar addition on nitrification activity and nitrous oxide emissions in two Oxisols. Soil and Tillage Research. 164:52-62.

13. HOWELER, R.H. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnostico de problemas nutricionales algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 31p.

14. ICA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1981. Fertilización de diversos cultivos 4ª aproximación. Ica, Bogotá, 56p.

15. JAMIOY OROZCO, D.D.; MENJIVAR FLORES, J.C.; RUBIANO SANABRIA, Y. 2015. Indicadores químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. Acta Agronómica. 64(4):302-307.

16. KONG, S.H.; LOH, S.K.; BACHMANN, R.T.; RAHIM, S.A.; SALIMON, J. 2014. Biochar from oil palm biomass: A review of its potential and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 39:729-739.

17. LAVELLE, P.; RODRÍGUEZ, N.; ARGUELLO, O.; BERNAL, J.; BOTERO, C.; CHAPARRO, P.; FONTE, S.J. 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. Agriculture, Ecosystems & Environment. 185:106-117.

18. LEE, Y.; PARK, J.; RYU, C.; GANG, K.S.; YANG, W.; PARK, Y.K.; HYUN, S. 2013. Comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500°C. Biores. Techn. 148:196-201.

19. LIAW, S.-S.; WANG, Z.; NDEGWA, P.; FREAR, C.; HA, S.; LI, C.-Z.; GARCIA-PEREZ, M. 2012. Effect of pyrolysis temperature on the yield and properties of bio-oils obtained from the auger pyrolysis of Douglas Fir wood. J. Analytical and Applied Pyrolysis. 93:52-62.

20. MALAGÓN CASTRO, D. 2003. Ensayo Sobre tipología de suelos Colombianos - énfasis en génesis y aspectos ambientales. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 27(104):319-341.

21. MOHAMED, B.A.; ELLIS, N.; KIM, C.S.; BI, X.; EMAM, A.E. 2016. Engineered biochar from microwave-assisted catalytic pyrolysis of switchgrass for increasing water-holding capacity and fertility of sandy soil. Science Total Environment. 566:387-397.

22. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C. 2007. Relação solo-planta. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J.L.(eds). Fertilidade do solo. 1. Ed. Viçosa, MG: SBCS. p.276–374.

23. OKOROIGWE, E.C.; SAFFRON, C.M. 2012. Determination of bio-energy potential of palm kernel shell by physicochemical characterization. Nigerian J. Technol. 31(3):329-335.

24. OLARTE, L.J.; MUÑOZ, B.M.; BENAVIDES, G.E.; GARAVITO, F.; LUNA, C.; MEJÍA, L.; ROZO, E. 1979. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 4a. Ed. Bogotá, Colombia. JOUR.

25. PETTER, F.A.; MADARI, B.E.; SILVA, M.A.S. DA.; CARNEIRO, M.A.C.; CARVALHO, M.T. DE M.; MARIMON JÚNIOR, B.H.; PACHECO, L.P. 2012. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. Pesquisa Agropec. Bras. 47(5):699-706.

26. SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. 2007. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(eds). Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.205-274.

27. TRIPATHI, M.; SAHU, J.N.; GANESAN, P. 2016. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. Renew. Sustain. Energy Reviews. 55:467-481.

28. VANEGAS, J.; LANDAZABAL, G.; MELGAREJO, L.M.; BELTRAN, M.L.; URIBE-VÉLEZ, D. 2013. Structural and functional characterization of the microbial communities associated with the upland and irrigated rice rhizospheres in a neotropical Colombian savannah. Eur. J. Soil Biology. 55:1-8.

29. YANG, H.; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D.H.; ZHENG, C. 2007. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel. 86(12–13):1781-1788.

30. YANG, Z.; KUMAR, A.; HUHNKE, R.L.; BUSER, M.; CAPAREDA, S. 2016. Pyrolysis of eastern redcedar: Distribution and characteristics of fast and slow pyrolysis products. Fuel. 166:157-165.

31. ZHANG, H.; CHEN, C.; GRAY, E.M.; BOYD, S.E.; YANG, H.; ZHANG, D. 2016. Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. Geoderma. 276:1-6.

32. ZHENG, H.; WANG, Z.; DENG, X.; HERBERT, S.; XING, B. 2013. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. Geoderma. 206:32-39.

Recibido: Julio 13 de 2016
Aceptado: Noviembre 9 de 2016

Cómo citar.

Alonso-Gómez, L.; Cruz-Dominguez, A.; Jiménez-Madrid, D.; Ocampo-Duran, Á.; Parra-González, S. 2016. Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 341-349.

FIJACIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO EN LA BIOMASA TOTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA

ATMOSPHERIC CARBON FIXATION IN THE TOTAL BIOMASS WITHIN COCOA PRODUCTION SYSTEMS IN THE DEPARTMENT OF TOLIMA, COLOMBIA

María del Pilar Marín Q.[1], Hernán J. Andrade[2], Angélica P. Sandoval[3]

[1] Biologa. Universidad del Tolima, sede principal, barrio Santa Elena, parte alta, Ibagué, Tolima, Colombia, e-mail: mdpmarinq@ut.edu.co; [2] Ingeniero Agrónomo, Magister en Agroforestería, Doctor en Agroforestería, Profesor Asociado, Líder Grupo de Investigación PROECUT. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica, sede principal, barrio Santa Elena, parte alta, Ibagué, Tolima, Colombia, e-mail: hjandrade@ut.edu.co; [3] Ingeniera Química, Doctora en Ingeniería de Alimentos, Profesora Asistente. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica, sede principal, barrio Santa Elena, parte alta, Ibagué, Tolima, Colombia, e-mail: apsandovala@ut.edu.co

Rev. .U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 351-360, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Los sistemas de uso del suelo con leñosas perennes, como cacaotales, mitigan el cambio climático, al capturar CO_2 atmosférico. El objetivo del estudio fue estimar la fijación de carbono en biomasa total en los sistemas de producción de cacao, dominantes del Tolima, Colombia. El estudio, se realizó en Rovira y Falan, empleando un diseño experimental, completamente al azar, con seis sistemas de producción de cacao: monocultivo, sistema agroforestal (SAF) con maderables, SAF con aguacate, SAF con cítricos, SAF con frutales, y SAF con maderables y frutales y tres repeticiones. Se establecieron dos parcelas de muestreo rectangulares, de 1.000m^2 por unidad de muestreo, donde se identificaron y midieron los árboles con dap ≥ 10cm (diámetro del tronco a la altura del pecho -dap- y altura total -ht). Se establecieron dos sub-parcelas de 256m^2, por parcela principal, para medir arbustos de cacao: ht y diámetro del tronco, a 30 cm de altura (D_{30}). Se emplearon modelos alométricos, para estimar la biomasa. El SAF con maderables y frutales y SAF con frutales presentaron la mayor biomasa total (122,0 y 72,5t/ha). En el SAF con maderables y frutales, se evidenció el mayor almacenamiento de carbono, con 61,0t C/ha, mientras que la mayor tasa de fijación de carbono fue de 17,7t/ha/año, para el SAF con cítricos. Los resultados sugieren que la producción de cacao, que incluyen otras especies vegetales, diversifica la producción e incrementa la seguridad alimentaria y la generación de servicios ambientales, tal como la captura de carbono atmosférico.

Palabras clave: Altura total, modelos alométricos, dap, gases de efecto invernadero, sistemas agroforestales.

SUMMARY

The land use systems with woody perennials species, such as cacao plantations, mitigate climate change by capturing atmospheric CO_2. The aim of the study was to estimate the fixation of atmospheric carbon in total biomass in the most dominant cocoa production systems in Tolima, Colombia. The study was carried out in Rovira and Falan using a completely randomized experimental design with six cocoa production systems: monoculture, agroforestry system (SAF) with timber trees, SAF with avocado, SAF with citrus species, SAF with fruit trees and SAF with timber and fruit species with three replications. Two rectangular sampling plots 1000m^2 were established by sampling unit where trees with diameter of trunk at breast height (dbh) ≥ 10cm were identified and measured (dbh and total height – th). Two subplots of 256 m^2 by main plot, for measuring cocoa bushes were established: ht and trunk diameter at 30cm height (D_{30}). Allometric models to estimate biomass were used. The AFS with timber and fruit species and AFS with fruit species had the greatest biomass (122.0 and 72.5t/ha). In the AFS with timber and fruit species presented the highest carbon storage in biomass with 61.0t C/ha; whereas the greatest carbon fixation rate was 17.7 t/ha/year in AFS with citrus species. The results suggest that cocoa plantations that include other plant species diversify the production and increase food security and generation of environmental services, such as capturing atmospheric carbon.

Key words: Total height, biomass, dbh, greenhouse gases, agroforestry systems.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático, generado por el incremento en las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, ha producido continuos acontecimientos climáticos, como el aumento global de la temperatura del aire, océanos, el derretimiento de nieve y hielo y consecuente acrecentamiento del nivel del mar (Panel Intergubernamental en Cambio Climático –IPCC-, 2007). Entre los principales GEI responsables, se tienen el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3) y los halocarbonos, cuyos niveles elevados tienen una relación directa con el incremento de la temperatura media global, en 0,6 ± 0,2°C, a partir del siglo XX (IPCC, 2001); por tal motivo, la contribución de las actividades antropogénicas han acentuado las concentraciones de CO_2, CH_4 y cloroflurocarbonos en la atmósfera, lo cual, intensifica el efecto invernadero y, con ello, eleva la temperatura de la superficie de la tierra (Cifuentes, 2010).

Las especies vegetales, como un medio importante para captar y almacenar el carbono, ha sido reconocida ampliamente en la producción agrícola y forestal y fue aprobada como una estrategia importante de mitigación del cambio climático (Nair *et al.* 2009). El secuestro de carbono, por medio de los sistemas de uso de la tierra, incluido los sistemas agroforestales (SAF), gira en torno a la interacción de procesos ecológicos y biológicos, como la fotosíntesis, la respiración y la descomposición (Montagnini & Nair, 2004). Se ha registrado que los SAF pueden modificar el microclima, es decir, mitigar las condiciones climáticas extremas de temperatura, de precipitación, de vientos fuertes o de alta radiación solar; asimismo, son viables para la agricultura, por la combinación de especies leñosas maderables, cultivos agrícolas y ganado (Andrade *et al*. 2013); por lo anterior, estos sistemas de producción se pueden adecuar a las exigencias del ambiente. Cultivos como el cacao, el café y el aguacate aparecen como insignias y tradicionales en el Tolima y pueden, perfectamente, ser producidos bajo estos sistemas de producción (Andrade *et al*. 2013).

En la actualidad, las decisiones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de reducir las emisiones de la deforestación y degradación (REDD+), alientan a los países en desarrollo a contribuir con acciones de mitigación. De hecho, la reducción de estas emisiones, derivadas de la deforestación y la degradación forestal, tal como la conservación de las reservas forestales de carbono, el manejo sostenible de los bosques y el incremento de las reservas forestales de carbono, emprenden, de forma voluntaria, actividades que reducen los GEI y que incrementen los sumideros de carbono en el sector forestal (Sandker *et al.* 2015).

Los sistemas de uso del suelo acumulan carbono en cuatro componentes: biomasa sobre el suelo, biomasa abajo del suelo (sistema radicular), necromasa y carbono orgánico del suelo. Segura & Andrade (2012) estimaron tasas de fijación de carbono en la biomasa total en sistemas SAF con café, en un rango de 5,9 a 13,8t CO_2e/ha/año. Por su parte, Arce *et al.* (2008) encontraron en Talamanca, Costa Rica, que los árboles maderables de sombrío en cacaotales, almacenaron 32t C/ha, en la biomasa arriba del suelo. Las estimaciones del carbono almacenado en sistemas arbóreos asumen, en su mayoría, un valor de 0,5; sin embargo, la fracción de carbono puede variar típicamente entre 0,42 y 0,47, en el fuste de árboles (Brown & Lugo, 1984).

La principal característica de los SAF es que presentan interacciones ecológicas y económicas entre sus componentes, lo que permite la obtención de diversos bienes y beneficios, tal como la madera, el forraje, la leña, la materia orgánica, la medicina, los cosméticos y los aceites (Nair, 1993). Además, estos sistemas son proveedores importantes de servicios, como seguridad alimenticia, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, recuperación de tierras degradadas y control de arvenses (Andrade *et al.* 2013). Este trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de estimar la fijación de carbono atmosférico en biomasa arriba y abajo del suelo, en los sistemas de producción de cacao más dominantes del Departamento del Tolima. Con base en esto, se identificaran los sistemas de producción que representan una alternativa para los agricultores, en cuanto a la producción y generación de servicios ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y área de estudio. El estudio, se desarrolló en las veredas La Selva, Pueblo Nuevo, Pijaito y Llanitos Predio Dos, del municipio de Rovira y Lajas, Piedra Negra y la Yuca, en el municipio de Falan, en el departamento del Tolima, Colombia (Figura 1). De acuerdo al Proyecto Integral Único de Falan (2009), el municipio se encuentra ubicado en el área de la Región Andina, sobre las estribaciones finales de la Cordillera de los Andes y al noroeste de la ciudad de Ibagué, colindando con los municipios de Fresno, Villahermosa y Casabianca (5° 08' N y 74° 57' O). La altitud promedio del municipio es de 983 m; sin embargo, posee áreas desde los 350 m, en el sector nororiental del municipio, hasta los 1850 m de altitud (Reyes, 2012). El municipio de Falan posee dos pisos térmicos (cálido y templado), con una temperatura media de 23°C y precipitaciones que oscilan alrededor de 2179mm. La economía del municipio gira alrededor del sector agropecuario, presentándose diversidad de productos, localizados, mayormente, en la zona marginal baja, tal como el café, la yuca, el plátano, los frutales, el cacao, el maíz, las hortalizas y pastos. Estos cultivos, se pueden presentar en

forma asociada con árboles o en monocultivo y se propagan en las partes con mayor pendiente (40 al 70%) (PIU, 2009).

El municipio de Rovira, se encuentra situado en el centro del departamento del Tolima (Figura 1). Su cabecera municipal tiene por coordenadas 04° 14' 34" N y 75° 14' 35" O, con una altitud de 900m, una temperatura media de 24ºC y una precipitación media anual de 1848mm (Plan de Ordenamiento Territorial –POT-, 2011). La agricultura es la actividad más importante, porque vincula el mayor número de habitantes y genera excedentes económicos de relevancia al municipio. Esta actividad está conformada por cultivos asociados e intercalados a los cultivos comerciales permanentes, para que sean productivos en los primeros años. Los cultivos asociados son muy valiosos, como bienes alimentarios básicos en la canasta familiar de los pequeños agricultores, para el intercambio de productos, generando ingresos adicionales, con la venta de los excedentes, siendo los cultivos de hortalizas, maíz, plátano, arveja, yuca, aguacate, arracacha, banano, cacao y frutales, como cítricos, guanábano, mora y curuba, los más representativos (PIU, 2009).

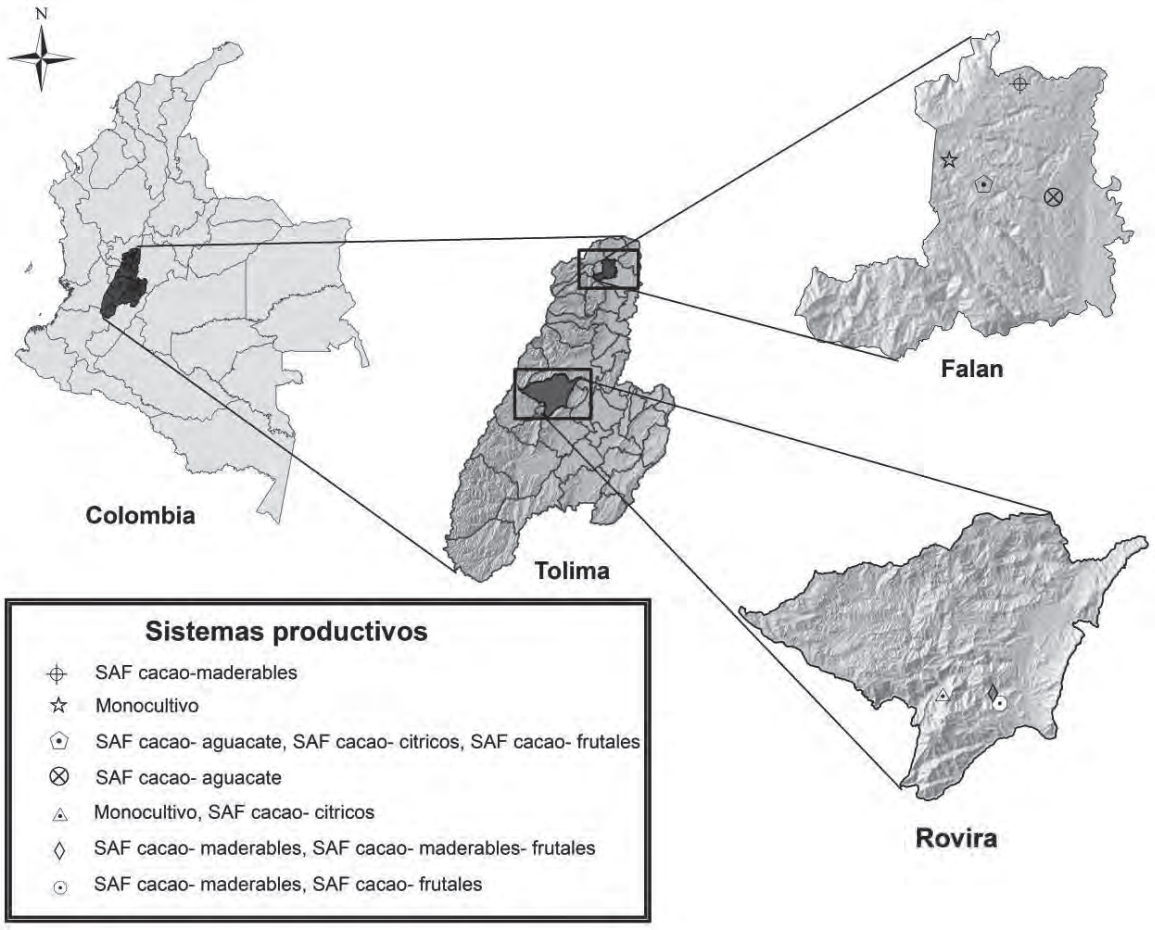


Figura 1. Localización geográfica y sistemas de producción de cacao más dominantes, de los municipios de Rovira y Falan, en el departamento del Tolima.

Selección de sistemas de producción y fincas. Se seleccionó un total de 18 fincas cacaoteras, distribuidas en los dos municipios, con los sistemas de producción de cacao más representativos de la zona. Se empleó un diseño experimental, completamente al azar, con seis tratamientos, consistentes en seis sistemas de producción de cacao: 1) monocultivo (Mo); 2) SAF con maderables (SAF- Ma); 3) SAF con maderables y frutales (SAF- MaFr); 4) SAF con aguacate (SAF- Ag); 5) SAF con cítricos (SAF- Ci) y 6) SAF con frutales SAF- Fr) con tres repeticiones.

Estimación del almacenamiento y tasas de fijación de carbono en biomasa. La biomasa aérea, se estimó mediante el establecimiento de dos parcelas temporales de muestreo rectangulares, de 20 x 50m (1000m^2), por unidad muestral, para la medición de la altura total (ht) y el diámetro a la altura

del pecho (DAP), de todos los árboles de sombrío (leñosas perennes), con DAP ≥ 10. Asimismo, dentro de cada unidad muestral, se establecieron dos sub-parcelas, de 16 x 16m (256m^2), para medir todos los individuos de cacao (diámetro a 30cm de altura - D_{30}- y la altura total - ht) (Figura 2). La biomasa aérea por individuo fue estimada con base en las dimensiones ht y dap o D_{30} y el uso de modelos alométricos, reportados en la literatura, que han sido desarrollados en condiciones similares (Tabla 1). La biomasa abajo del suelo o de raíces, se estimó con el modelo desarrollado por Cairns *et al*. (1997) y recomendada por el IPCC (2003), que emplea la biomasa aérea.

$$Br = e^{(-1,0587+0,8836*Ln(Ba))}$$

Donde, Br es la biomasa bajo el suelo (t/ha) y Ba es la biomasa aérea (t/ha).

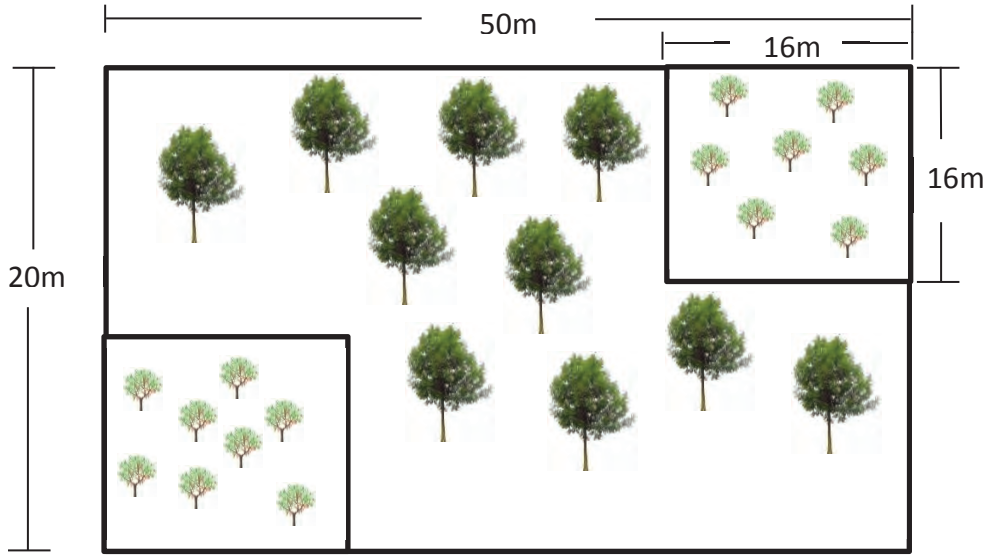


Figura 2. Tamaño de las parcelas de muestreo, de 50 x 20 (1000m^2), para medición de árboles de sombra y sub-parcelas, de 16 x 16 (256m^2), para medición de árboles de cacao, en los sistemas de producción de cacao más dominantes, de la zona de Rovira y Falan, Tolima.

Tabla 1. Ecuaciones alométricas empleadas para estimar la biomasa arriba de árboles, con dap ≥ 10 cm, en sistemas de producción de cacao, en los municipios de Rovira y Falan, Tolima, Colombia.

Especies	Modelo	R^2	Fuente
Árboles frutales (Modelos multiespecies)	$B = 10^{((1,12+2,62*Log(dap)+0,03*Log(h_t)))}$	0,95	Andrade *et al*. (2008)
Árboles maderables *(Cordia alliodora, Cedrela odorata)*	$B = 10^{((-0,94+1,32*Log(dap)+1,14*Log(h_t))}$	0,96	Segura (2005)
Pithecellobium guachapele, acacia glomerata, Croton sp, *Carica papaya, Guarea trichiliodes*	$B = 21,30 - 6,95 * (dap) + 0,74 * (dap)^2$	0,92	Brown & Iverson (1992)
Theobroma cacao	$B = 10^{((-1,625+2,63*Log(dap_{30}))}$	0,98	Andrade *et al*. (2008)

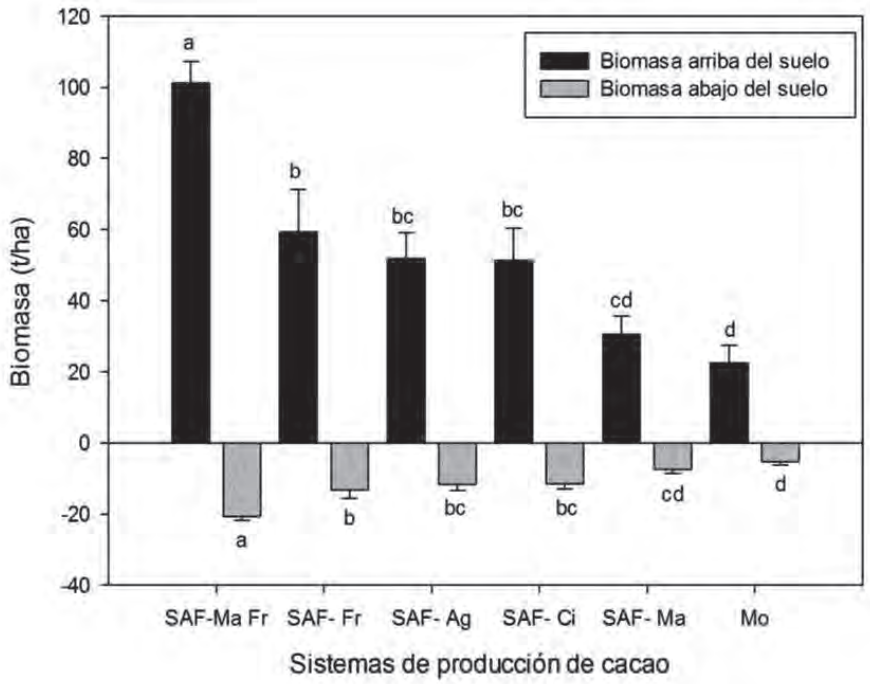
B: biomasa aérea total (kg/árbol); dap: diámetro a la altura del pecho (1,30m) (cm); h_t: altura total (m); Log: Logaritmo base 10; dap_{30}: diámetro del tronco a 30cm de altura (cm).

La biomasa total es el resultado de la suma de la biomasa aérea y abajo del suelo. El almacenamiento de carbono en la biomasa, se calculó utilizando el valor *default* de fracción de carbono (0,5) (IPCC, 2003). La tasa de fijación de carbono para árboles de sombrío e individuos de cacao fue estimada dividiendo el almacenamiento de carbono entre la edad promedio de cada componente, la cual, fue valorada mediante una entrevista al productor o administrador de la finca. La tasa de fijación fue cuantificada en términos de CO_2e, usando una constante de 3,67 (IPCC, 2006), que consiste en la relación de pesos moleculares del CO_2 y el C. Consecuentemente, la producción anual de cacao fue consultada a los productores y fue empleada para estimar la tasa de fijación de carbono, por unidad de cacao producido.

Análisis estadístico. Los datos colectados fueron analizados con un diseño experimental, completamente al azar, mediante un análisis de varianza. Se realizó la prueba de Shapiro Wilk, para determinar la normalidad de los datos y, para evaluar la significancia estadística, se realizó una comparación de medias, empleando la prueba LSD Fisher ($p < 0,05$). Los análisis estadísticos se ejecutaron en el software Infostat (Di Rienzo *et al*. 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa arriba y abajo del suelo en plantaciones de cacao. En general, en términos de biomasa total, el estudio presentó valores notables, tanto para los SAF, que incluyen especies maderables con frutales (SAF- MaFr), tal como iguá (*Albizia guachapele*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), bayo (*Acacia glomerata Benth*), jobo (*Spondias mombim*), papayo (*Carica papaya*) y aguacate (*Persea americana*), con 122t/ha, así como los SAF, que solo albergan especies frutales (SAF-Fr), fijando 72,5t/ha. La biomasa aérea de estos dos sistemas de producción (101,2 y 59,5t/ha, respectivamente) superó estadísticamente ($p < 0,05$), en un 7 a 16%, a la los SAF- Aguacate (SAF- Ag), SAF-Cítricos, SAF- Maderables (SAF- Ma) y sistema en monocultivo (Mo) (Figura 3) y fue el principal componente de biomasa, tal como afirman otros autores (Andrade *et al*. 2014; Andrade *et al*. 2013; Segura & Andrade, 2008). De igual forma, se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la biomasa abajo del suelo, entre sistemas de producción, en un rango entre 5,3 y 20,8t/ha (Figura 3).



SAF- Ma Fr: cacao maderables frutales; SAF- Fr: cacao frutales; SAF- Ag: cacao aguacate; SAF-Ci: cacao cítricos; SAF-Ma: cacao maderables; Mo: Monocultivo. Las barras de error corresponden al error estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción de cacao.

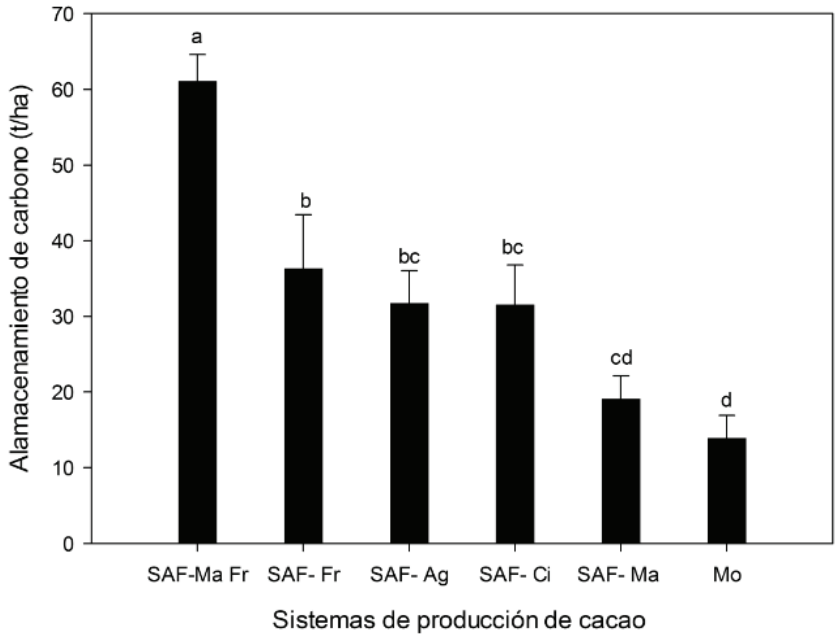
Figura 3. Biomasa arriba y abajo del suelo, en sistemas de producción de cacao más dominantes, de las zonas de Rovira y Falan, Tolima.

Los hallazgos de este estudio guardan relación con la investigación desarrollada por Albrecht & Kandji (2003), en SAF, en zonas bajas húmedas de Sudamérica, entre 39 y 102t C/ha; sin embargo, Corral *et al.* (2006) reportan 121t C/ha, en SAF con cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral Ecuatoriano. Por su parte, Arce *et al.* (2008) encontraron mayor carbono en biomasa arriba del suelo, en SAF con cacao, que en SAF con banano y rastrojos, en fincas indígenas de Talamanca, Costa Rica (36,5 vs 24,0 vs 23,5t C/ha, respectivamente). Andrade *et al.* (2013) estimaron almacenamientos de carbono, de 28,8 y 33,6t C/ha, en cacaotales arbolados del norte del Tolima, Colombia.

Almacenamiento y tasa de fijación de carbono en biomasa en plantaciones de cacao. Se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el almacenamiento de carbono en biomasa total, entre los diferentes tratamientos. El sistema SAF con maderables y frutales (SAF- MaFr) presentó la mayor acumulación de carbono, seguido del SAF con frutales (SAF- Fr), SAF con aguacate (SAF- Ag) y SAF con cítricos (SAF- Ci) (61,0 vs 36,3 vs 31,7 vs 31,5t C/ha, respectivamente). Los SAF con maderables (SAF- Ma) y los cacaotales en monocultivo (Mo) presentaron los menores almacenamientos de carbono, en este componente (19,0 vs 13,8t C/ha, respectivamente) (Figura 4).

El alto almacenamiento de carbono en los SAF con maderables y frutales, se debió a la cantidad de especies forestales asociadas a las plantas de cacao. Estos sistemas presentan maderables, tal como como iguá (*Albizia guachapele*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y bayo (*Acacia glomerata* Benth) y frutales, como jobo o ciruela (*Spondias mombim*), papayo (*Carica papaya*) y aguacate (*Persea americana*). Estas especies son las más representativas, con edades de entre 15 y 20 años y almacenan gran cantidad de carbono en su biomasa.

Ortiz *et al.* (2008) estimaron valores similares, en SAF con cacao y *Cordia alliodora*, de 25 años de edad, en Changuinola, Panamá (43 y 62t C/ha). Estos resultados, también son similares a los hallazgos de Andrade *et al.* (2008), en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica: 100 y 50t C/ha, en bosques de galería y SAF con cacao, respectivamente. En la región de San Martín (Perú), Concha *et al.* (2007) reportaron datos superiores a 40 t C/ha, para SAF con cacao, de 12 y 20 años. Estos sistemas incluían especies, como el cedro (*Cedrela odorata*), shaina (*Colubrina glandulosa*) y frutales, como guamo *(Inga* sp.), papaya (*Carica papaya*) y mango (*Mangifera indica*). Estos resultados son similares a los hallazgos del presente estudio en SAF, con frutales de 20 años de edad (61,0t C/ha). Estas estimaciones y la literatura



SAF- Ma Fr: cacao maderables frutales; SAF- Fr: cacao frutales; SAF-Ag: cacao aguacate; SAF-Ci: cacao cítricos; SAF-Ma: cacao maderables; Mo: Monocultivo. Las barras de error corresponden al error estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción de cacao.

Figura 4. Almacenamiento de carbono en biomasa total, en los sistemas de producción de cacao más dominantes, de Falan y Rovira, Tolima.

científica confirman la importancia de los SAF, como estrategias para mitigar el cambio climático (Segura & Andrade, 2008; 2012; Andrade *et al*. 2014).

La producción de cacao fue estadísticamente similar ($p > 0,05$) en los sistemas de producción, evaluados: entre 308 ± 36 y a 592 ± 308kg/ha/año (Tabla 2). Estos valores resultan bajos respecto a la producción en otras zonas y países, posiblemente, debido a deficiencias en el manejo, tal como el retraso en la recolección de mazorcas maduras, errores en el proceso de injertación de plantas, condiciones climáticas no apropiadas y ataque de enfermedades, como la *Monilia*; por ejemplo, Segura (2005) reporta valores de rendimiento similares en SAF con cacao, en la zona de Talamanca, Costa Rica (500 kg/ha/año), una de las zonas de menor producción en el país.

Se estimó, que los sistemas de producción de cacao fijan carbono atmosférico en biomasa total, a una tasa que varía estadísticamente ($p < 0,05$), entre ellos: 8,3 a 17,7t CO_2/ha/año (Tabla 2). El SAF con cítricos y el SAF con aguacate presentaron la mayor fijación de carbono (17,7 y 16,9t CO_2/ha/año, lo que corresponde a 64,3 y 46,3 kg CO_2e/kg cacao producido, respectivamente), mientras que los de menor tasa resultaron ser el SAF con frutales, el SAF con maderables y frutales, el SAF con maderables y el monocultivo (13,5; 13,3; 9,4 y 8,3t CO_2e/ha/año, respectivamente). Lapeyre *et al*. (2004) estimaron tasas de fijación de 11,4t CO_2/ha/año, para SAF con cacao, de 15 años de edad, en San Martin, Perú. Andrade *et al*. (2013) valoraron en 1,1t/ha/año, la fijación de carbono, en cacaotales del norte del Tolima, Colombia.

Las máximas tasas de fijación, se mostraron en los primeros 8 años; tal es el caso de los SAF con cítricos, que tiene especies, como *Citrus reticulata* y *C. sinensis* y los SAF con aguacate, con edades entre 4 y 8 años. Resultados similares los reporta Pocomucha & Alegre (2013), donde determinaron que la edad del sistema agroforestal y densidad de árboles forestales son las variables que indican una correlación significativa con el potencial de carbono almacenado. Umaña & Conde (2013), por su parte, reportaron 15,5t CO_2e/ha/año, para el SAF con cacao y aguacate, en Falan, Tolima. Estos hallazgos concuerdan totalmente con los resultados

Tabla 2. Fijación de carbono en biomasa total de SAF, en plantaciones de cacao en Rovira y Falan, Tolima, Colombia.

	SAF-Maderables	**SAF Maderables - frutales**	**SAF-Frutales**	**SAF-Aguacate**	**SAF-Cítricos**	**Monocultivo**
	kg/ha/año					
Producción de cacao	316 ± 101,3 a	366 ± 66,6 a	308 ± 36,3 a	591 ± 308,3 a	525 ± 338,1 a	312 ± 62,5 a
Arbustos de cacao	t CO_2e/ha/año					
Arriba del suelo	5,55 ± 1,2 ab	2,8 ± 0,5 bc	5,3 ± 0,8 ab	2,1 ± 0,3 c	2,9 ± 0,3 bc	7,6 ± 2,0 a
Abajo del suelo	1,3 ± 0,3 ab	0,75 ± 0,1 bc	1,3 ± 0,2 ab	0,6 ± 0,1 c	0,8 ± 0,1 bc	1,8 ± 0,4 a
Total	6,9 ± 1,4 ab	3,6 ± 0,6 bc	6,6 ± 0,9 ab	2,7 ± 0,4 c	3,7 ± 0,4 bc	9,4 ± 2,4 a
Árboles de sombra						
Arriba del suelo	1,3 ± 0,6 c	9,6 ± 1,1 ab	6,5 ± 1,4 b	13,2 ± 1,8 a	12,6 ± 2.9 a	0,0 ± 0,0 c
Abajo del suelo	0,0 ± 0,0 b	0,3 ± 0,0 b	0,3 ± 1,0 b	1,1 ± 0,3 a	1,5 ± 0,4 a	0,0 ± 0,0 b
Total	1,3 ± 0,6 c	9,9 ± 1,1 b	6,8 ± 1,5 b	14,3 ± 1,9 a	14,1 ± 3,1 a	0,0 ± 0,0 c
Total						
Arriba del suelo	6,9 ± 1,5 c	12,5 ± 1,1 ab	11,7 ± 1,6 a	15,3 ± 1,6 a	15,4 ± 2,8 a	7,6 ± 2,0 bc
Abajo del suelo	1,4 ± 0,3 bc	1,0 ± 0,1 c	1,7 ± 0,2 abc	1,7 ± 0,2 abc	2,3 ± 0,3 a	1,8 ± 0,4 ab
Total	8,3 ± 1,8 b	13,5 ± 1,2 ab	13,3 ± 1,7 a	16,9 ± 1,8 a	17,7 ± 2,9 a	9,4 ± 2,4 b
Total	kg CO_2e/kg					
	31,7 ± 6,84 b	39,3 ± 5,7 ab	46,0 ± 8,7 ab	46,3 ± 13,8 ab	64,3 ± 17,4 a	30,0 ± 7,8 b

SAF: sistemas agroforestales. Los valores corresponden a la media ± error estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción de cacao.

de esta investigación (Tabla 2) e indican la importancia de la edad y el tipo de asociación en la fijación de carbono, servicio ecosistémico, importante en la actualidad (Andrade *et al*. 2014); por otro lado, Concha *et al*. (2007), para SAF con cacao–guamo, de 5 años y SAF con cacao y frutales, con guamo, mandarina y naranja, en la región de San Martin - Perú (21,3 y 7,3t CO_2/ha/año, respectivamente).

De acuerdo con los resultados anteriores, las plantaciones de cacao en SAF y monocultivo secuestraron carbono atmosférico, en un rango de 8,3 a 17,7t CO_2e/ha/año. El SAF con cítricos y el SAF con aguacate, que tienen árboles de *Citrus reticulata*, *C. sinensis* y *Persea americana,* presentaron la mayor tasa de fijación, con valores de 17,7 y 16,9t CO_2/ha/año, correspondiente a 64,3 y 46,3kg CO_2e/kg cacao, respectivamente. De la misma forma, los SAF con maderables y frutales contuvieron el mayor carbono, con valores de 61,0t C/ha.

El uso de árboles en las plantaciones de cacao favorece la diversificación de la producción, la seguridad alimentaria y la generación de servicios ecosistémicos. Los SAF con cítricos y aguacate aportaron más al almacenamiento de carbono en la biomasa total, destacando que los sistemas, en general, son ambientalmente sostenibles, en términos de mitigación, al cambio climático. Estos sistemas tendrían un potencial importante para involucrarlos en proyectos REDD+.

Es importante incentivar el desarrollo de investigaciones, que permitan identificar la importancia de la fijación de carbono en los SAF con cacao, más dominantes del país y, de esta manera, generar proyecciones futuras y negociaciones, por pago de servicios ambientales. Se recomienda a los productores de cacao, de la zona de Rovira y Falan, el establecimiento de SAF, especialmente, con árboles frutales, en principio, por especies, como el mango (*Manguifera indica*) la Guanabana (*Annona muricata*), el Aguacate (*Persea americana*), la Papaya (*Carica papaya*) y la Mandarina (*Citrus sinensis*), como una estrategia para la captura de carbono, en la cadena de producción de chocolate en Colombia.

Agradecimientos: Los autores agradecen al comité central de investigaciones de la Universidad del Tolima, por la financiación del proyecto de investigación número 1330213, a través de la convocatoria 011-13 de 2013. A los productores cacaoteros de las zonas de Falan y Rovira, quienes facilitaron el ingreso a las plantaciones, para el desarrollo experimental del estudio. Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALBRECHT, A.; KANDJI, S.T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 99(3):15-27.

2. ANDRADE, H.J.; SEGURA, M.; SOMARRIBA, E.; VILLALOBOS, M. 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. Agrofor. Américas. 46:89-96.

3. ANDRADE, H.J.; FIGUEROA, J.; SILVA, D. 2013. Almacenamiento de carbono en cacaotales (*Theobroma cacao*) en Armero-Guayabal (Tolima-Colombia). Scientia Agroalimentaria. 1:6-10.

4. ANDRADE, H.J.; SEGURA, M.; CANAL, D.S.; GÓMEZ, M.; MARÍN, M.; SIERRA, E.; GUEPENDO, I.; ALVARADO, J.; FERIA, M. 2013. Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola y forestal en el departamento del Tolima. Ibagué. Colombia. Sello editorial Universidad del Tolima. 99p.

5. ANDRADE, H.J.; SEGURA, MA.; CANAL, D.S.; FERIA, M.; ALVARADO, J.J.; MARÍN, L.; PACHÓN, D.; GÓMEZ, M. 2014. The carbon footprint of coffee productive chains in Tolima, Colombia. En: Oelbermann, M (ed.). Sustainable agroecosystems in climate change mitigation. Ed. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. p.53-66.

6. ARCE, N.; ORTIZ, E.; VILLALOBOS, M.; CORDERO, S. 2008. Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica. Agrofor. Américas. 46:30-33.

7. BROWN, S.; IVERSON, L.R. 1992. Biomass estimates for tropical forests. World Resources Review 4:366-384.

8. BROWN, S.; LUGO, A. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. Ed. Science.1293p.

9. CAIRNS, M.A., BROWN, S.; HELMER, E.H.; BAUMGARDNER, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. Oecologia 111:1-11.

10. CIFUENTES, M. 2010. ABC del cambio climático en Mesoamérica. Turrialba, Costa Rica. Ed. CATIE. 83p.

11. CONCHA, J.; ALEGRE, J.C.; POCOMUCHA, V. 2007. Determinación de las reservas de Carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. Ecología Aplicada. 6(2):75-82.

12. CORRAL, R.; DUICELA, L.; MAZA, H. 2006. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. Ed. Cofenaco (Ecuador). 3p.

13. DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, MG.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2009. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible desde internet: http://www.infostat.com.ar [con acceso el 13/06/2016].

14. LAPEYRE, T.; ALEGRE, J.; AREVALO, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Ecología Aplicada. 3(2):36-44.

15. MONTAGNINI, F.; NAIR, P. 2004. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. Agroforest. 61:281-295.

16. NAIR, P. 1993. An introduction to Agroforestry. Ed 2.Kluwer Academic Publishers (Netherlands).499p.

17. NAIR, P.; NAIR, V.D.; KUMAR, B.M.; HAILE, S.G. 2009. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. Environ. Sci. Policy. 10:10-16.

18. ORTIZ, A.; RIASCOS, L.; SOMARRIBA, E. 2008. Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y Laurel (*Cordia alliodora*). Agrofor. Américas. (46):26-29.

19. PANEL INTERGUBERNAMENTAL EN CAMBIO CLIMÁTICO –IPCC-. 2001. Tercer Informe de Evaluación. Cambio climático Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Disponible desde internet en: http://www.ipcc.ch/ [con acceso el 13/06/2016].

20. PANEL INTERGUBERNAMENTAL EN CAMBIO CLIMÁTICO –IPCC-. 2003. Los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Programa intergubernamentales. Guía de Buenas Prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso y Silvicultura. Hayama, Kanagawa, Japón. p.113-116.

21. PANEL INTERGUBERNAMENTAL EN CAMBIO CLIMÁTICO –IPCC-. 2006. Guía de las buenas prácticas. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Hayama. p. 51-574 p.

22. PANEL INTERGUBERNAMENTAL EN CAMBIO CLIMÁTICO –IPCC-. 2007. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, SH. 104p.

23. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL –POT-. 2011. Esquema de ordenamiento territorial municipio de Rovira. Disponible desde Internet en: http://cdim.esap.edu.co [con acceso el 06/06/2016].

24. PLAN INTEGRAL ÚNICO DE FALAN –PIU-. 2009. Municipio de Falan plan integral único. Disponible desde Internet en: http://cdim.esap.edu.co/ [con acceso el 06/06/2016].

25. POCOMUCHA, V.; ALEGRE, J. 2013. La interacción de carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao)* en Huanúco, Perú.. Investigación y Amazonía. 3(1):36-46.

26. REYES, F.H. 2012. Plan de desarrollo del municipio de Falan, Tolima: Alcaldía de Falan. Disponible desde Internet en: http://cdim.esap.edu.co [con acceso el 13/06/2016].

27. SANDKER, M.; CRETE, P.; LEE, D.; SANZ, M. 2015. Consideraciones técnicas para la elaboración de niveles de referencia de emisiones forestales/Niveles de referencia forestales en el marco de la CMNUCC. Ed. ONU-REDD+ (Suiza). 44p.

28. SEGURA, M.A.; ANDRADE, H.J. 2012. Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica*) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica. Costa Rica. Luna Azul. 35:60-77.

29. SEGURA, M.; ANDRADE, H.J. 2008. ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? Agrofor. Américas. 46:89-96.

30. SEGURA, M.A. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Informe final de consultoría para Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p.1-147.

31. UMAÑA, J.; CONDE, A. 2013. Huella de carbono en los sistemas de producción agrícola dominantes en el municipio de Falan, Tolima. Rev. Ciencia Animal. 6:11-27.

Recibido: Agosto 4 de 2016
Aceptado: Octubre 28 de 2016

Cómo citar:

Marín Q., M. del P.; Andrade, H.J.; Sandoval, A.P. 2016. Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 351-360.

EVALUACIÓN DEL EFECTO AUXIN-LIKE DE ÁCIDOS HÚMICOS EN MAÍZ MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES

EVALUATION OF AUXIN-LIKE EFFECT OF HUMIC ACIDS ON MAIZE THROUGH DIGITAL IMAGE ANALYSIS

Manuel Pantoja Guerra[1], Yezid Almanza Pérez[2], Nelson Valero Valero[3].

[1] Microbiólogo, cM.Sc. Ciencias – Biotecnología, Docente, Grupo de Investigación Microbiología Agrícola y Ambiental (MAGYA), Programa de Microbiología. Universidad Popular del Cesar, Valledupar – Cesar, Colombia, email: manuelpantojag@unicesar.edu.co; [2] Ingeniero Electrónico, cM.Sc. Enseñanza de las Ciencias, Docente, Grupo de Investigación DSP-ASIC Builder Group, Departamento de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingenierías. Universidad Popular del Cesar, Valledupar – Cesar, Colombia, email: yezidalmanza@unicesar.edu.co; [3] Biólogo, M.Sc., Ph.D, Docente, Facultad de Ciencias. Universidad de La Guajira, Riohacha – La Guajira, Colombia, email: nvalerov@uniguajira.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 361-369, Julio- Diciembre, 2016

RESUMEN

El efecto auxin-like consiste en la promoción del crecimiento vegetal por ácidos húmicos (AH). En este trabajo, se evaluó el efecto auxin-like de ácidos húmicos, mediante la determinación del área foliar y la superficie radicular de plántulas de maíz. Los AH fueron obtenidos por solubilización alcalina de carbón, denominados AH-NaOH y mediante solubilización bacteriana de carbón, designados AH-BSC3 y AH-BSC25. Se probó la aplicación de AH, mediante inmersión de semillas en soluciones de 20, 80 y 150mgAH/L y por aspersión foliar sobre plántulas de dos semanas. El ensayo, se desarrolló bajo condiciones de casa de malla y constó de cinco repeticiones por tratamiento; 30 días después de la siembra en suelo, se determinó el área foliar, utilizando el software ImageJ y la superficie total de raíces, mediante un algoritmo desarrollado en Matlab. Se registraron incrementos significativos en el área foliar de plantas tratadas mediante la inmersión de semillas, en soluciones de AH-BSC-3-80mg/L y 150mg/L, AH-BSC-25-20mg/L y 150mg/L, y AH-NaOH-80mg/L y plantas tratadas mediante aspersión foliar de AH-BSC-3-150mg/L, AH-BSC-25-150mg/L y AH-NaOH-150mg/L. También, se evidenciaron incrementos significativos en la superficie total de raíces de plántulas tratadas con AH-BSC25-150mg/L, AH-NaOH-80mg/L y AH-BSC3-80mg/L y todos los tratamientos de AH por aspersión. Se presentó el efecto auxin-like de AH sobre el desarrollo radicular y foliar de plántulas de maíz, a través del análisis digital de imágenes; esta herramienta puede producir información precisa para medir algunos parámetros del proceso vegetal.

Palabras clave: Procesamiento digital, sustancias húmicas, Matlab, ImageJ.

SUMMARY

The auxin-like effect consists in plant growth promotion by humic acids (HA). In this research the auxin-like effect was determined by digital image processing, both foliar and root surface of corn plants were assessed. The HA were obtained through alcaline solubilization coal, HA-NaOH and through coal bacterial solubilization, HA-CSB3 and HA-CSB25. The application of the HA solutions of 20, 80 and 150mgHA/L was evaluated through seed immersion and foliar spray on two week-old plants. The experiment was carried out under shade cloth with five replicates by treatments; 30 days after planting in soil, leaf area was measured using ImageJ software and total root surface through an algorithm of Matlab. Significant increase in leaf area of plants treated by immersion of seeds in HA-BSC3-80mg/L and 150mg/L, AH-CSB25-20mg/L and 150mg/L, and HA-NaOH-80mg/L was found, as well as in plants treated by foliar aspersion of HA-CSB3-150mg/L, AH-CSB 25-150mg/L and HA-NaOH-150mg/L. Moreover significant increase in total root surface of plants treated with HA-CSB25-150mg/L, HA-NaOH-80mg/L and HA-CSB3-80mg/L and all treatments of HA by aspersion was found. The auxin-like effect of humic acids on maize plants was evidenced through digital image analysis; this tool can produce accurate information to measure some plant development parameters.

Key words: Digital processing, humic substances, Matlab, ImageJ.

INTRODUCCIÓN

El análisis de imágenes constituye una herramienta útil en el estudio de algunas variables biométricas, en áreas como la medicina, las ciencias biológicas y la agricultura (Abramoff *et al*. 2004). En la investigación con plantas, las mediciones de área foliar y radicular también pueden ser desarrolladas mediante análisis de imágenes; estas variables resultan de mucho interés en el campo de la fisiología vegetal, debido a que son sensibles a cambios biológicos y ecofisiológicos del desarrollo vegetal, tales como el contenido hormonal, distribución de la radiación solar y del agua, nutrición mineral, eficiencia fotosintética, calidad del suelo, entre otros (Galindo & Clavijo, 2007; Cabezas-Gutiérrez *et al*. 2009; Rincón *et al*. 2012).

La medición de las áreas radicular y foliar tienen particular importancia en trabajos relacionados con la microbiología agrícola, en los que se evalúa el efecto de diferentes sustancias y microorganismos sobre el desarrollo vegetal, sustancias, como las sales minerales y las fracciones de la materia orgánica humificada, dentro de la que sobresalen los ácidos húmicos (AH); para monitorear efectos deletéreos de microorganismos patógenos en plantas, de acuerdo con Herre *et al*. (2007), hongos endófitos, conforme al reporte de Arnold (2007), microorganismos, tales como bacterias promotoras de crecimiento vegetal, conforme el estudio de Gholami *et al*. (2009) y micorrizas, según Porras *et al*. (2009) y Wang *et al*. (2011)

Los ácidos húmicos son una fracción de las sustancias húmicas, conformados por núcleos aromáticos y poliaromáticos, unidos a través de cadenas alifáticas. Estos poseen una diversidad de grupos funcionales, que les permiten ejercer varias funciones en la relación suelo – planta (Peña *et al*. 2005; Canellas *et al*. 2010). Asociado al complejo supramolecular de los AH, se ha detectado la presencia de moléculas similares al ácido indol acético (AIA) (Canellas *et al*. 2002), una hormona inductora del crecimiento vegetal; debido a esta similaridad entre AH y AIA, se ha demostrado la bioactividad y la capacidad de promoción de crecimiento vegetal de los AH, efecto denominado auxin-like (Canellas & Olivares, 2014).

El efecto auxin-like consiste en el incremento de la actividad de la enzima H^+-ATPasa de la membrana plasmática, que acidifica el apoplasto (Canellas *et al*. 2002) y genera un aumento de concentración de las giberelinas, que favorece la actividad de enzimas, que debilitan la pared celular y permiten el alargamiento de la célula (Bohórquez *et al*. 2011). Estos cambios, se reflejan en el crecimiento y en la proliferación de raíces y un consecuente incremento del área radicular y foliar (Canellas & Olivares, 2014). Los AH, se obtienen a partir del suelo, residuos de materia orgánica compostados o carbones de bajo rango, mediante extracción con compuestos alcalinos; sin embargo, recientemente se ha descrito la obtención de AH, mediante la solubilización bacteriana de carbones de bajo rango (Valero *et al*. 2014), por lo tanto, existe el interés de comparar la diferencia entre los efectos y la bioactividad que, tanto los AH obtenidos por extracción alcalina como los obtenidos por solubilización bacteriana de carbón de bajo rango, ejercen sobre el crecimiento vegetal.

Los métodos tradicionalmente usados para medir el crecimiento de raíces y follaje en ensayos de crecimiento vegetal son la determinación de biomasa, número y longitud de raíces y área foliar por planimetría; sin embargo, en muchos estudios resulta de especial interés la determinación de la superficie total de las raíces, puesto que es un parámetro que está directamente relacionado con el área efectiva de contacto con el suelo, para la absorción de agua, nutrientes e interacciones con los microorganismos; por lo tanto, es más conveniente utilizar un método que evalúe el desarrollo radicular en función de la superficie.

Bajo el anterior contexto, este trabajo buscó evaluar el efecto auxin-like de ácidos húmicos obtenidos mediante extracción alcalina y solubilización bacteriana de carbón sobre el desarrollo de plántulas de maíz, a través del análisis y procesamiento de imágenes, con el fin de obtener un criterio más adecuado en la evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo, se desarrolló en el laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental de la Universidad Popular del Cesar y los ensayos de vivero, en la casa de malla del Centro Biotecnológico del Caribe – SENA, en Valledupar (norte de Colombia).

Semillas. Se utilizaron 115 semillas de maíz, variedad ICA V–109, las cuales, fueron previamente lavadas con agua destilada estéril, desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% por dos minutos y posteriormente enjuagadas en agua destilada estéril, siguiendo las recomendaciones de Cubillos *et al*. (2011).

Obtención de ácidos húmicos (AH). Se obtuvieron AH, tanto por el método clásico como por el de solubilización bacteriana del carbón. Por el método clásico, se utilizó lignito triturado y tamizado hasta llevarlo a un tamaño de partícula de 300μm y se aplicó el protocolo de extracción alcalina, descrito por Sharif *et al*. (2002). Se trabajó a una relación 1:10 p/v de lignito y NaOH 0,5N, se incubó a 100°C por diez horas; después de este tiempo, se dejó reposar durante 24 horas y se eliminaron por filtración los residuos no solubles de carbón; de esta forma, se obtuvo el extracto húmico total (EHT). Para obtener AH, se llevó el EHT hasta pH 2, median-

te la adición de HCl 1N; a este valor de pH, se separan dos fases: los AH que son insolubles, se precipitan y los ácidos fúlvicos (AF) solubles, quedan en el sobrenadante; la fracción de AF, se descartó y los AH fueron lavados y secados por liofilización. Para obtener AH por solubilización bacteriana del carbón, se utilizaron las cepas bacterianas *Bacillus mycoides* BSC25 y *Microbacterium* sp. BSC3, siguiendo el protocolo descrito por Valero *et al*. (2014).

Ensayo de bioactividad de AH sobre el desarrollo foliar y radicular de plántulas de *Z. mays*. Se ejecutaron dos ensayos bajo condiciones de casa de malla, probando dos formas de aplicación de los AH. En el primer ensayo, se probó el efecto de los AH, aplicados mediante la inmersión de las semillas de maíz pregerminadas, en soluciones con diferentes concentraciones de AH, obtenidos mediante extracción alcalina y AH obtenidos por solubilización bacteriana de lignito. En el segundo ensayo, se evaluó el efecto de los dos tipos de AH, pero aplicados mediante aspersión foliar sobre plántulas de maíz, después de dos semanas de haber germinado. Cada ensayo, se realizó bajo un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento y una duración de 30 días, al cabo de los cuales, se llevó a cabo la medición de las variables.

Aplicación de AH mediante inmersión de semillas en soluciones. Se utilizaron soluciones de AH de 20, 80 y 150mg/L, obtenidas por el método clásico, que fueron denominadas AH-NaOH y por solubilización bacteriana de lignito, llamadas AH–BSC3 y AH-BSC25 y soluciones de la auxina ácido 3-indol acético (AIA) a concentraciones de 2, 5 y 10mg/L. las soluciones de AIA, se utilizaron como un control positivo del efecto estimulador del crecimiento vegetal; como control absoluto, se utilizó agua destilada estéril. Las semillas de maíz pregerminadas fueron colocadas en imbibición por 3h, en cada una de las soluciones de AIA y AH; las semillas del tratamiento control fueron sumergidas en agua destilada estéril por el mismo tiempo; después, las semillas fueron sembradas en contenedores con 300g de suelo. De esta forma, el experimento constó de 13 tratamientos y cinco repeticiones, con una semilla por repetición. Después de 30 días, se tomaron las muestras del material vegetal de las 65 plántulas para la medición de variables.

Aplicación de AH mediante aspersión foliar. Se sembraron semillas pregerminadas de maíz en contenedores con 300g de suelo; se dejaron crecer las plántulas durante 15 días y se procedió a realizar la aplicación de 10mL de AH por planta, mediante aspersión foliar, utilizando un atomizador. Se asperjaron soluciones de AH-NaOH, AH–BSC3 y AH-BSC25 con concentraciones de 20, 80 y 150mg/L; el control absoluto fue asperjado con 10mL de agua destilada estéril. De esta forma, el ensayó constó de 10 tratamientos y cinco repeticiones; transcurridos 15 días después de la aplicación de AH, se tomaron muestras de material vegetal de las 50 plántulas, para la medición de variables.

Medición de variables. Después de 30 días de crecimiento, las plantas fueron desenterradas cuidadosamente y la parte foliar fue separada de las raíces, con un bisturí. Para evitar que la marchitez generara cambios en la forma de las hojas, éstas fueron fotografiadas en un lapso máximo de 10 minutos, después de haber desenterrado las plantas. Las hojas de cada planta fueron dispuestas paralelamente, de tal forma que se obtuvo un dato de área foliar por planta. La fotografía fue tomada sobre un fondo blanco, en una habitación cerrada, iluminada con luz blanca, con una cámara digital Cannon PowerShot SD 1300 IS, configurada en modo instantáneo nocturno, sin flash, con una distancia focal de 35cm, fijada con soporte universal. Durante el proceso, se evitó el efecto de la sombra, ajustando la dirección de incidencia de la luz. Paralelo a las hojas fue dispuesta una escala, con una longitud conocida de 10cm, como referencia en la conversión de pixeles a cm^2. En total, fueron analizadas 115 fotografías, para el análisis de área foliar.

El área foliar, se determinó mediante el procesamiento digital de imágenes, haciendo uso del software ImageJ (Abramoff *et al*. 2004; Rincón *et al*. 2012; Schneider *et al*. 2012). Primero, se seleccionó la imagen de los archivos obtenidos de la cámara, se fijó la escala de conversión de unidades y se convirtió la imagen a escala de grises; posteriormente, la imagen fue binarizada en dos fases, se seleccionó el área y se hizo la medición.

Por otra parte, las raíces fueron separadas cuidadosamente del suelo, evitando fragmentarlas; fueron sumergidas en agua, para facilitar la eliminación de las partículas de suelo; posteriormente, fueron mantenidas sobre papel absorbente en cámara de humedad, hasta ser procesadas. Para fotografiar las raíces fueron puestas sobre una superficie de color negro, lo que permitió obtener condiciones de contraste, que facilitaron la posterior binarización de la imagen y reducción del efecto de las sombras; se utilizaron las condiciones de cámara, luz y distancia focal, mencionadas anteriormente.

Para la determinación de la superficie total de raíces, se tomaron fotografías en formato JPG (Joint Photographic Experts Group). Las imágenes obtenidas fueron pretratadas en una computadora con procesador Athlon X2 y sistema operativo Windows 7, bajo el software Adobe Photoshop CS3 Extended®, para mejorar el brillo y el contraste. Posteriormente, el procesamiento de la imagen, para la determinación de la superficie de la raíz, se realizó por medio de un algoritmo desarrollado en Matlab®, que consistió en recortar la raíz de la imagen original, creando un marco desde una distancia inicial y final, magnificada sobre la regla, para reducir el error de la medida. Después, cada imagen fue convertida a escala

de grises y se transformó a blanco y negro, bajo el mismo parámetro escalar; finalmente, se le aplicaron filtros para el procesamiento morfológico. De esta forma, se logró obtener la dimensión del área ocupada por la raíz, a partir del número de pixeles blancos por unidad de área. En este trabajo, se procesaron 115 imágenes de raíces de plántulas de maíz, tratadas con AH, por inmersión y por aspersión foliar.

Analisis estadístico. Se utilizó el paquete estadístico IBPM SPSS Statistic Versión 22. Para los datos de cada variable obtenidos por experimento, se realizó verificación de la normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($P>0,05$). Posteriormente, se hizo análisis de varianza a una vía, por medio de la comparación de promedios entre tratamientos, con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los ensayos, se observó la tendencia a incrementar la superficie radicular y el área foliar, cuando las plántulas fueron tratadas con las concentraciones más altas de AH-BSC25, AH-BSC3 y AH-NaOH.

En la figura 1, se presenta el resultado de la medición de área foliar de plántulas de maíz, tratadas con los diferentes tipos de AH y AIA, mediante inmersión de semillas. Este resultado no muestra diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento control y los tratamientos con AIA, mientras que los tratamientos con AH-BSC3 80mg/L y 150mg/L, AH-BSC25 20mg/L y 150mg/L, y AH-NaOH 80mg/L sí generaron incrementos significativos en el área foliar, con respecto al control y a los demás tratamientos.

En la figura 2, se presenta el resultado de la medición de área foliar de las plantas tratadas mediante aspersión foliar, de los diferentes tipos de AH. El análisis de varianza mostró incrementos en el área foliar en todos los tratamientos, con diferencias significativas con respecto al control, exceptuando AH-BSC25 80mg/L; este resultado difiere de la tendencia del experimento, al presentar incrementos en el área foliar en respuesta a la aspersión foliar de AH. El mayor efecto fue ocasionado por los tratamientos AH-BSC3 150mg/L, AH-BSC25 150mg/L y AH-NaOH 150mg/L, los cuales, constituyen las concentraciones más altas y presentan áreas foliares de 130,9, 128,7 y 110,7cm^2, respectivamente, mientras que el área foliar en el tratamiento control fue de 20,2cm^2.

En el ensayo de bioactividad, mediante inmersión de semillas en soluciones de AH y AIA, se encontró que el uso de AIA en concentraciones de 2 y 5mg/L ocasiona incrementos significativos en la superficie total de raíces. Los tratamientos AH-BSC25 150mg/L, AH-NaOH 80mg/L y AH-BSC3

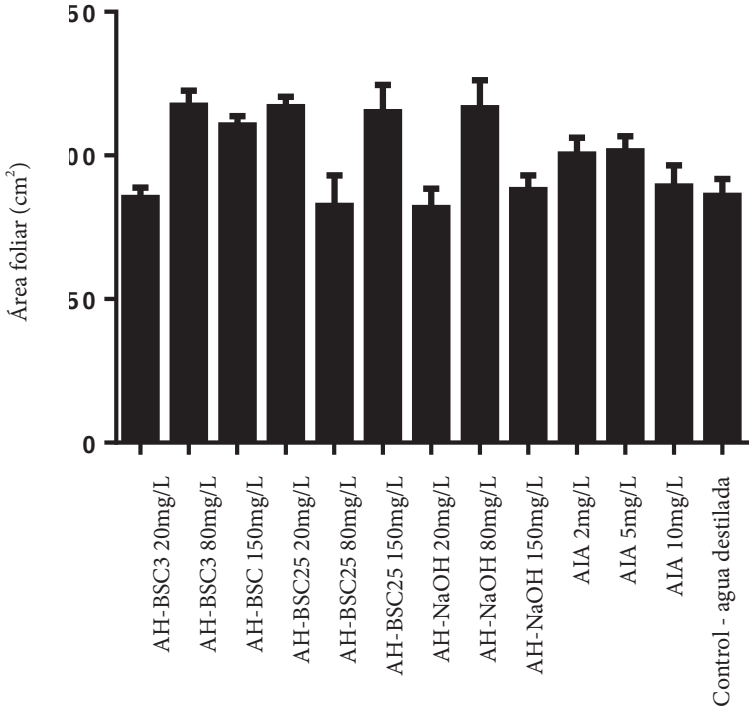


Figura 1. Área foliar de plántulas de maíz provenientes de semillas tratadas mediante inmersión en soluciones de AH-NaOH y AH-BSC. LSD ($p<0,05$).

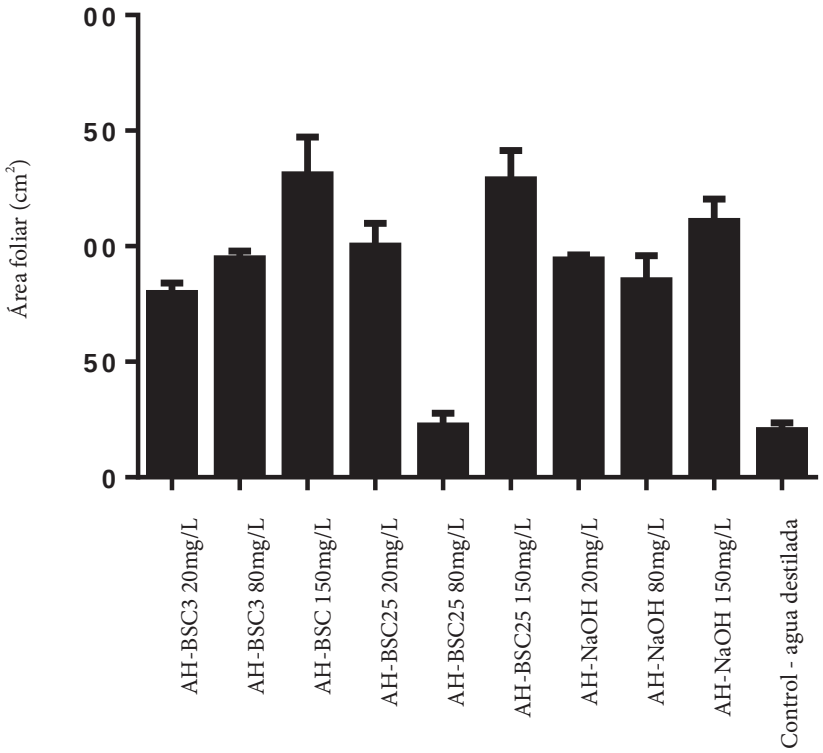


Figura 2. Área foliar de plántulas de maíz tratadas mediante aspersión foliar de soluciones de AH-NaOH y AH-BSC. LSD ($p<0,05$).

80mg/L también presentaron incrementos significativos con respecto al control (Figura 3). Estos resultados indican que el tratamiento con este tipo de AH induce en la raíz una respuesta morfométrica comparable a la que ocasiona la auxina AIA, que es la hormona natural que promueve el desarrollo de raíces (Canellas *et al*. 2014); los demás tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas con respecto al control.

Los resultados del ensayo de aplicación de AH mediante aspersión foliar, muestran que todos los tratamientos con AH ocasionan incrementos significativos en la superficie total de raíces. Los tratamientos con AH-BSC3 150mg/L y 80mg/L causaron la respuesta más alta en la superficie radicular. El tratamiento con AH-NaOH incrementa significativamente la superficie radicular, cuando se aplica a concentraciones de 20 y 80mg/L (Figura 4).

La figura 5A muestra la imagen binarizada utilizada en el análisis de imágenes, mediante Malab®, en la que se observa el incremento en la superficie radicular, debido a la proliferación de raíces, con los tratamientos AH–BSC25 150mg/L, AH–BSC3 80mg/L y AH–NaOH 80mg/L, que muestran una respuesta estadísticamente significativa superior al tratamiento control. En la figura 5B, se puede observar el incremento en la proliferación de raíces, con los tratamientos AH-BSC3 150mg/L, AH-BSC3 80mg/L y AH-NaOH 20mg/L.

El incremento en el área foliar y superficie total de la raíz, ocasionado por los tratamientos con los diferentes tipos de AH, contribuye a la hipótesis de una acción bioestimulante por parte de los AH, en el desarrollo vegetal. Según Barros *et al*. (2010), los AH influyen en la proliferación de raíces secundarias, en la absorción de nutrientes por la raíz y constituyen un factor importante en el establecimiento y en la adaptación de las plantas en el suelo bajo condiciones adversas.

El contacto directo de los AH con las semillas de maíz, durante el ensayo por inmersión, con los tratamientos AH-BSC25 150mg/L, AH-NaOH 80mg/L y AH-BSC3 80mg/L ocasionó un incremento en la proliferación de raíces, mientras que los tratamientos con AH-BSC3 80mg/L y 150mg/L, AH-BSC25 150mg/L, y AH-NaOH 80mg/L incrementaron significativamente el área foliar. Probablemente, estos cambios se deben a un aumento en la actividad de la ATPasa-H^+ en la membrana celular, lo cual, desencadena una serie de reacciones que finalizan en la división celular, lo que incrementa el número de puntos de mitosis activa y pelos radiculares, la tasa foto-

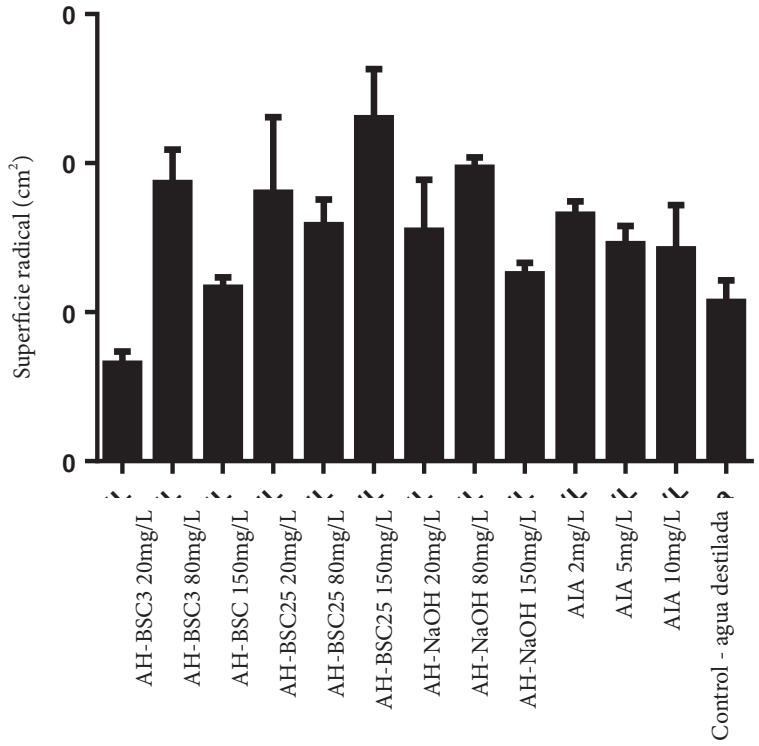


Figura 3. Efecto del tratamiento de semillas de *Zea mays* aplicando el método de inmersión de semillas, en soluciones de AH y AIA, sobre la superficie total de raíces. LSD ($p<0,05$).

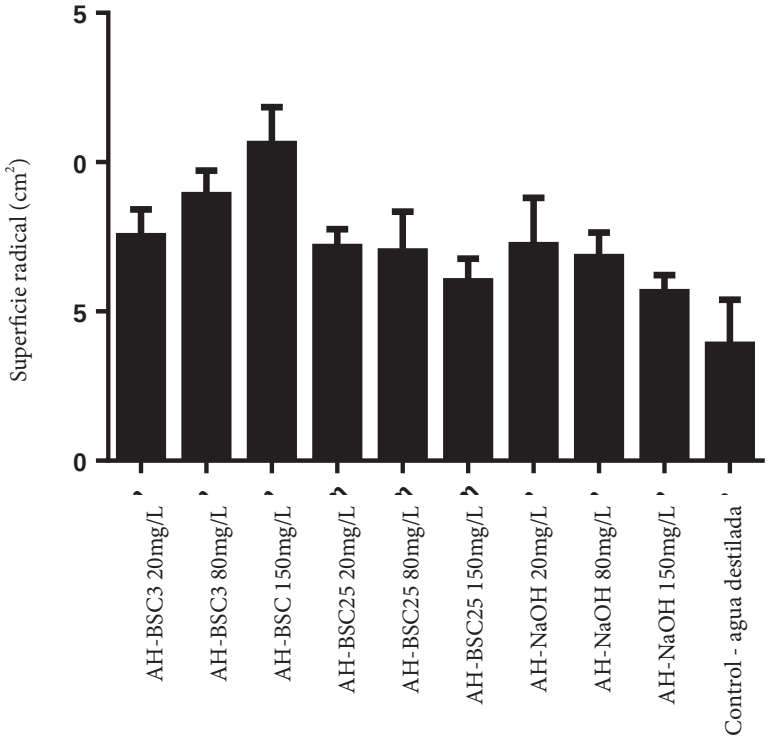


Figura 4. Efecto del tratamiento de *Zea mays* con AH-NaOH y AH-BSC, sobre la superficie total de raíz, mediante aspersión foliar. LSD ($p<0,05$).

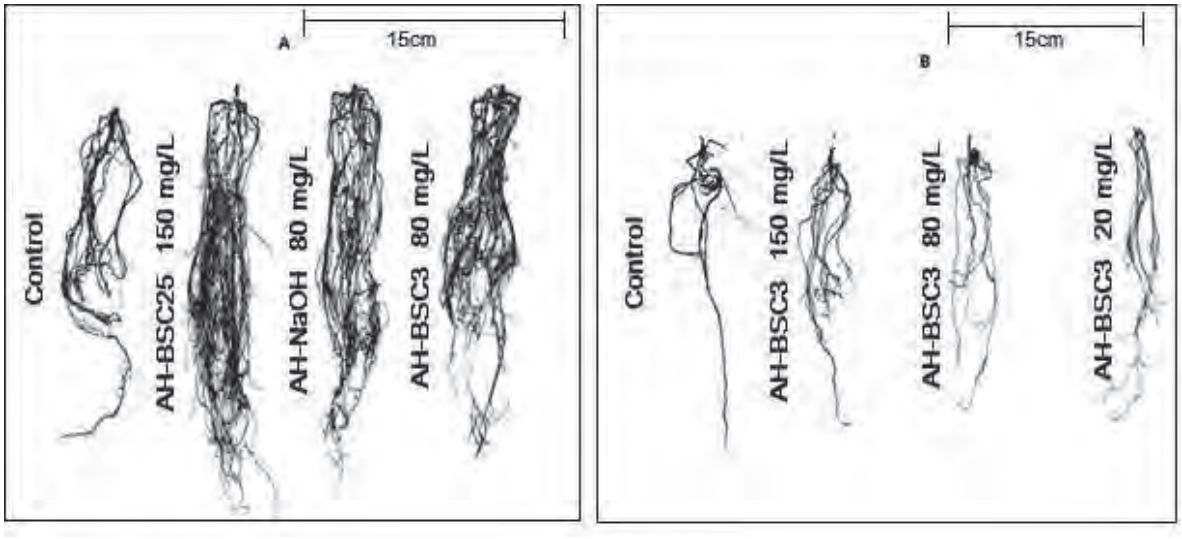


Figura 5. Imagen binarizada del sistema radicular de plantas de maíz tratadas con AH-BSC y AH-NaOH. A) aplicación de AH por inmersión de semillas en soluciones de AH; B) aplicación de AH mediante aspersión foliar.

sintética y movilización de nutrientes hacia la planta (Canellas *et al*. 2002; Canellas *et al*. 2010; Canellas & Olivares, 2014), de esta forma, aumenta la superficie radicular y el área foliar.

Evidencias recientes demuestran que los AH, al entrar en contacto con las células radiculares, estimulan el desarrollo vegetal, a través del mecanismo conocido como crecimiento ácido de la raíz; el incremento de H+ bombeados al apoplasto por la ATPasa-H^+ acidifican la pared celular, haciéndola más flexible, lo que facilita la elongación de las raíces y la aparición de puntos de mitosis activa, que se convierten en puntos de emergencia radicular(Canellas & Olivares, 2014; Canellas *et al*. 2015; Nardi *et al*. 2016); además, la acumulación de H+ en el apoplasto, inducida por la bioactividad de los AH, genera cambios en el potencial electroquímico de la membrana plasmática, lo que facilita el aumento en el flujo de elementos, a través de la membrana y se traduce en un incremento en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas; estos efectos fisiológicos han sido demostrados en maíz y se relacionan directamente con el incremento en la superficie radicular (Canellas & Olivares, 2014; Canellas *et al*. 2015). Este comportamiento, se ha observado solo para algunas concentraciones específicas de AH, por lo tanto, es posible obtener un comportamiento inverso con dosis muy altas de AH y, ello, se debe a la naturaleza hormonal del efecto auxin-like (Canellas *et al*. 2014).

El incremento en la superficie radicular y el área foliar también se puede explicar por el aumento en la capacidad de absorción calcio por parte de las plantas, por efecto de la bioactividad de los AH; Ramos *et al*. (2015) reportaron que en presencia de algunas fracciones de las sustancias húmicas, se genera la sobre expresión de unas proteínas de membrana encargadas del transporte de Ca, lo cual, aumenta el flujo de este elemento hacia el citosol de las células vegetales, necesario para activar una proteína kinasa dependiente de calcio, responsable de reacciones de fosforilación, útiles en el metabolismo primario y secundario de las plantas.

De igual forma, se presentaron cambios en el desarrollo foliar y radicular de las plántulas de maíz asperjadas con AH en la superficie de sus hojas; las plántulas tratadas con AH-BSC3 150mg/L y 80mg/L mostraron incrementos en la superficie radicular, mientras que las tratadas con AH-BSC3 150mg/L, AH-BSC25 150mg/L y AH-NaOH 150mg/L manifestaron el valor más alto de área foliar. Sani (2014) obtuvo incrementos en la altura y biomasa vegetal en plantas de canola, por la aspersión foliar de AH, obteniendo el valor más alto con la aplicación de una solución de AH de 2%. Canellas & Olivares (2014) describen cambios en el metabolismo primario en hojas de plantas de maíz tratadas con AH, tales como la reducción del contenido de carbohidratos (almidón, glucosa y fructosa), así como el incremento en la actividad de enzimas tipo amilasa, lo cual, está directamente relacionado con el incremento de la tasa fotosintética; de esta forma, el contacto de hojas de plántulas de maíz con AH desencadena reacciones, que conducen al incremento del desarrollo vegetal.

Los resultados demuestran que los AH obtenidos por extracción alcalina y por solubilización bacteriana de lignito ejercen un efecto estimulador del desarrollo radicular y foliar de plán-

tulas de maíz; además, este efecto puede ser determinado, a través de la detección de cambios morfometricos de la plantas, mediante métodos de procesamiento digital de imágenes.

Rincón *et al*. (2012) demostraron que el software ImageJ es una herramienta adecuada y económica para la cuantificación del área foliar; este método fue validado en cinco especies vegetales, comparando los resultados obtenidos con un equipo especializado y obtuvieron índices de error inferiores a 2%. Respecto al análisis de raíces, Van der Weele *et al*. (2003) determinaron cambios en la morfogénesis radicular de plántulas de *Arabidopsis thaliana*, *Lycopersicon lycopersicum*, *Lactuca sativa*, *Aurinia saxatilis* y *Phleum pratense*, mediante el procesamiento digital de imágenes y el desarrollo de un algoritmo acoplado a un software previamente diseñado para el estudio de raíces, detectando cambios en la elongación, diferencias en la zona apical y basal de la raíz y velocidad de crecimiento; por su parte, Lobet *et al*. (2011), utilizaron un software semiautomatizado de análisis de imágenes para cuantificar cambios en el desarrollo y arquitectura de las raíces de plántulas de *Lupinus albus* y *Zea mays,* mediante un mecanismo de representación vectorial de la raíz y un algoritmo para acoplar el tamaño y la calidad de la imagen al software. Ambos antecedentes describieron la utilidad del procesamiento digital de imágenes en el estudio de raíces y destacaron su potencial como herramienta útil en investigación en fisiología vegetal y agricultura.

El procesamiento digital de imágenes resultó una herramienta adecuada y sensible para evaluar los cambios inducidos por efecto de los AH, a nivel foliar y radicular, superando algunos inconvenientes de los métodos tradicionales, resultando en una herramienta económica y práctica.

Agradecimientos. Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Popular del Cesar, por la financiación del proyecto 104-2013 y a COLCIENCIAS, por financiar la beca jóvenes investigadores e innovadores, mediante la convocatoria 566 de 2012. Conflictos de interés: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABRAMOFF, M.D.; MAGALHÃES, P.P.; RAM, S.J. 2004. Image processing with ImageJ. Biophotonics International. (United States). 11(7):36-43.

2. ARNOLD, A.E. 2007. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. Fungal Biology Reviews. (United Kingdom). 21(2):51-66.

3. BARROS, L.; CANELLAS, L.; LOPES, F.; OLIVEIRA, N. 2010. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. J. Agric. Food Chem. (United States). 58(6):3681-3688.

4. BOHÓRQUEZ, C.; ÁLVAREZ-HERRERA, J.G.; NIÑO, R.C. 2011. Giberelinas y 6-Bencialminopurina en la plantulación de semillas de tomate (Solanum lycopersicum L.) Híbrido Adrale RZ F1. Temas Agrarios. (Colombia). 16(2): 42-53.

5. CABEZAS-GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, F.; DUARTE, H.W.; COLORADO, J.F.; SILVA, R. 2009. Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia). 12(1):121-130.

6. CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L.; FAÇANHA, A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology. (United States). 130(4):1951-1957.

7. CANELLAS, L.P.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L.B.; SPACCINI, R.; OLIVARES F.L.; ZANDONADI, D.B.; FAÇANHA, A.R. 2010. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. Chemosphere. (United Kingdom). 78(4):457-466.

8. CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chem. Biol. Techno. Agricult. (Itlay). 1(1):1-11.

9. CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. 196:15-27.

10. CUBILLOS, J.G.; MILIAN, P.E.; HERNÁNDEZ, J.L. 2011. Biological nitrogen fixation by *Rhizobium* sp. native gliricidia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) under greenhouse conditions. Agr. Col. 29(3):465-472.

11. GALINDO, J.; CLAVIJO, J. 2007. Modelos alométricos para estimar el área de los foliolos de arveja (*Pisum sativum* L.). Ciencia y Tecnología Agropec. (Colombia). 8(1):37-43.

12. GHOLAMI, A.; SHAHSAVANI, S.; NEZARAT, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria

(PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Int. J. Biol. Life Sci. (Australia). 1(1):35-40.

13. HERRE, E.A.; MEJÍA, L.C.; KYLLO, D.A.; ROJAS, E.; MAYNARD, Z.; BUTLER. A.; VAN BAEL, S.A. 2007. Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae. Ecology. (United States). 88(3):550-558.

14. LOBET, G.; PAGÈS, L.; DRAYE. X.A. 2011. Novel image-analysis toolbox enabling quantitative analysis of root system architecture. J. Plant Physiology. 157(1):29-39.

15. NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. 2016. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. Scientia Agricola. 73(1):18-23.

16. PEÑA, E.M.; HAVEL, J.; PATOČKA, J. 2005. Humic substances–compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. J. Appl. Biomed. (Czech Republic). 3(1):13-24.

17. PORRAS, A.; SORIANO, M. L.; PORRAS, A.; AZCÓN, R. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. J. Plant Physiology. (Germany). 166(13):1350-1359.

18. RAMOS, A.C.; DOBBSS, L.B.; SANTOS, L.A.; FERNANDES, M.S.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; CANELLAS, L.P. 2015. Humic matter elicits proton and calcium fluxes and signaling dependent on Ca 2+-dependent protein kinase (CDPK) at early stages of lateral plant root development. Chem. Biological Technol. Agriculture. 2:3.

19. RINCÓN, N.; QUINTERO, A.; PÉREZ, J. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. Rev. Fac. Nal. Agr. (Colombia). 65(1):6399-6405.

20. SANI, B. 2014. Foliar application of humic acid on plant height in canola. APCBEE Procedia. (China). 8:82-86.

21. SCHNEIDER, C.A.; RASBAND, W.S.; ELICEIRI, K.W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nat Methods. (United Kingdom). 9(7):671-675.

22. SHARIF, M.; KHATTAK, R.A.; SARIR, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plant. Communications Soil Sci. Plant Analysis. (United States). 33(19-20):3567-3580.

23. VALERO, N.; GÓMEZ, L.; PANTOJA, M.; RAMIREZ, R. 2014. Production of humic substances through coal-solubilizing bacteria. Brazilian J. Microbiol. 45(3):911-918.

24. VAN DER WEELE, C.M.; JIANG, H.S.; PALANIAPPAN, K.K.; IVANOV V.B.; PALANIAPPAN, K.; BASKIN, T.I. 2003. A new algorithm for computational image analysis of deformable motion at high spatial and temporal resolution applied to root growth. Roughly uniform elongation in the meristem and also, after an abrupt acceleration, in the elongation zone. Plant Physiol. 132(3):1138-1148.

25. WANG, X.; PAN, Q.; CHEN, F.; YAN, X.; LIAO, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. Mycorrhiza. (Germany). 21(3):173-181.

Recibido: Marzo 9 de 2016
Aceptado: Septiembre 26 de 2016

Cómo citar:

Pantoja Guerra, M.; Almanza Pérez, Y.; Valero Valero, N. 2016. Evaluación del efecto auxin-like de ácidos húmicos en maíz mediante análisis digital de imágenes. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 361-369.

DETECCIÓN DE RESIDUOS ANTIMICROBIANOS EN MÚSCULO, HÍGADO Y RIÑÓN DE CERDO EXPENDIDOS EN BOGOTÁ, COLOMBIA

DETECTION OF ANTIMICROBIAL RESIDUES IN MUSCLE, LIVER AND KIDNEY OF PORK FOR SALE IN BOGOTA

Sandra Ujueta Rodríguez[1], Alejandra Araque Marín[2]

[1] MVZ, M.Sc. Microbiología, Docente investigador. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A, calle 222 No.57-30, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: sujueta@udca.edu.co; [2] MVZ, M.Sc. Farmacología, Docente investigador. U.D.C.A, e-mail: aaraque@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 371-379, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

El presente estudio, se orientó a identificar, preliminarmente, residuos de antimicrobianos en diferentes muestras de cerdo de expendios, de Bogotá, Colombia. Se realizó en dos etapas: en la primera, la identificación de residuos de betalactámicos, aminoglucósidos (estreptomicina) y sulfonamidas (sulfametazina), por el método microbiológico de cribado de las tres placas con *Bacillus subtilis* y, en la segunda, la tipificación de residuos de antimicrobianos de estos grupos, por un método comercial de ELISA, según los LMR, considerando muestras con residuos, aquellas que, por las dos pruebas, mostraron residuos de uno o varios de los antimicrobianos bajo estudio. De las 212 muestras estudiadas, el 33,0% presentaron residuos de, por lo menos, un antimicrobiano. Para el hígado, de las muestras analizadas por las dos pruebas a betalactámicos, el 45,2% mostraron residuos; a estreptomicina, 10,8% y a sulfametazina, 28,6%. De las muestras de riñón evaluadas resultaron con residuos de betalactámicos, el 44,8%; de estreptomicina, 10,3% y sulfametazina, 23,1%. De músculo, el 9,7% presentaron residuos de betalactámicos; de estreptomicina, 0,0% y para sulfametazina, la única muestra con este residuo por microbiología lo fue también por ELISA. Los resultados obtenidos por los métodos microbiológico y ELISA, que muestran una fuerza de concordancia considerable (k>0,60), indican, de forma preliminar, un elevado porcentaje de muestras con residuos de antimicrobianos, lo cual, sustenta que el sacrificio de animales, sin respetar el tiempo de retiro, es frecuente y la necesidad de poner en marcha un plan de residuos, a lo largo de la cadena cárnica porcina.

Palabras clave: Residuos, antimicrobianos, producción porcina, fármacos.

SUMMARY

In this study, the presence of antimicrobials residues in pork tissues of markets, neighborhood groceries and butcher's shops in Bogota city (Colombia) was investigated. The study was performed following a two-step procedure: the first step consisting in the detection of beta-lactams, streptomycin and sulfamethazine traces using the microbiological method of the three plates with Bacillus subtilis; and the second step, following the commercial method ELISA for the samples showing a positive result. The samples were considered positive only if the presence of antimicrobials residues was confirmed by the two methods. The agreement in the results obtained by the two methods was also estimated (k). Out of 212 samples analyzed, 33.0% were positive for at least one antimicrobial product. For liver samples, 45.2% were positive to beta-lactams, 10.8% to streptomycin and 28.6% to sulfamethazine. In the case of kidney 44.8% were positive to penicillin, 10.3% to streptomycin and 23.1% to sulfamethazine. Muscle showed a 9.7% positive result to beta-lactams, 0% to streptomycin and the only sample positive to sulfamethazine by the microbiological method, was also positive by the ELISA method. The results obtained by the two methods (microbiological and ELISA) were in agreement (k > 0.60) and they indicate a high presence of antimicrobials in the commercialized pork tissues. This fact indicates that the slaughter of animals without respecting the time of retirement is a common practice and it shows the need to implement a waste plan throughout the pork meat chain.

Key words: Residually, antimicrobials, pig production, drugs.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la porcicultura ha evidenciado un proceso de expansión dentro de la economía nacional, con señales de

dinamismo, reflejadas en el aumento sostenido del sacrificio (Díaz *et al*. 2011). La industria porcícola es uno de los sistemas de producción que emplea antimicrobianos y otros inhibidores, como terapéuticos profilácticos y como agentes promotores de crecimiento, los cuales, en dosis subterapéuticas, tienen la propiedad de mejorar la conversión del alimento, con aumentos diarios de peso, en el rango de 1 a 10% y producción de carnes de mejor calidad (Gaskins *et al*. 2002; Errecalde, 2004). Entre los efectos benéficos del uso de estos promotores de crecimiento, se encuentran la reducción de la morbilidad y la mortalidad en cerdos en crecimiento, mejoras en la tasa de partos, tamaño de la camada, peso al nacer y número de cerdos destetos por camada. También muestran eficacia en la reducción de la incidencia de mastitis, de metritis y de agalactia (Cromwell *et al*. 1996). De acuerdo con la OMS (2005), la mitad de todos los antimicrobianos producidos están destinados al consumo humano, mientras que el 50% restante, se usa para tratar a los animales enfermos o como promotores de crecimiento.

Es evidente que la resistencia antimicrobiana es promovida por el volumen de uso de los agentes antimicrobianos, cuyo amplio uso es reflejo de la elevada prescripción y del fácil acceso a estos medicamentos, a través de ventas en almacén y por la Internet, como formas de comercialización, que se han generalizado en muchos países, incrementando, en el mundo, el uso de antimicrobianos en humanos, en animales y en la agricultura, a pesar de las medidas adoptadas por algunos Estados. El incremento previsto de la demanda de productos alimenticios de origen animal puede llevar a aumentar el uso de antimicrobianos (OMS, 2015).

La cría de cerdos, se ha identificado como uno de los sectores en el que el uso de antimicrobianos conduce al desarrollo de resistencia (Rushton *et al*. 2014; Schwarz *et al*. 2001). La utilización amplia e indiscriminada de antimicrobianos en cerdos presenta varios inconvenientes, entre los cuales, el riesgo más importante para la salud de los consumidores, lo constituye el desarrollo de resistencia antimicrobiana, que implica, un riesgo de transferencia de microorganismos patógenos resistentes de los animales al hombre o de los genes que codifican resistencia de microorganismos patógenos o no patógenos a otros, en ocasiones patógenos, que pueden infectar al hombre, además de provocar, en los animales, fallas en tratamientos veterinarios (Franco *et al*. 1990; Jones, 2010).

La OIE reconoce que la resistencia a los agentes antimicrobianos constituye una preocupación mundial, ya que la utilización de estos productos en el hombre y en los animales, entre otros, tiene repercusiones sobre la salud pública y la sanidad animal (OIE, 2015).

Entre otros efectos adversos de los residuos de antimicrobianos, particularmente, los provocados por betalactámicos, sulfonamidas y aminoglucósidos, se encuentran el desarrollo de alergias e hipersensibilidad, de acuerdo con lo reportado por Cerniglia & Kotarski (2005), así como el posible efecto carcinogénico y de hiperactividad de la sulfametazina, por lo cual, han sido considerados por el comité mixto FAO/OMS de expertos, en aditivos alimentarios (JECFA, 1995), como factores determinantes para la evaluación y el establecimiento de niveles de residuos seguros en alimentos (JECFA, 1995; 1996).

Para la detección de residuos antimicrobianos, se suelen emplear métodos microbiológicos, inmunológicos o físicoquímicos. Los métodos microbiológicos de cribado, que han sido objeto de varias modificaciones (Nouws & Ziv, 1979; Ebrecht, 1982; Nouws *et al*. 1988), desde la técnica descrita por Levetzow (1971) hasta los kits comerciales, actualmente disponibles en el mercado (Pikkemaat *et al*. 2008; 2011), son frecuentemente empleados para monitorear residuos de antimicrobianos en tejidos de animales sacrificados (Cornet *et al*. 2005), por que permiten cubrir un amplio espectro de antimicrobianos, analizar un elevado número de muestras y no requieren de equipamiento sofisticado.

En particular, la prueba de inhibición del crecimiento con *Bacillus subtilis* BGA a diferentes niveles de pH, para aumentar el espectro de captación de antimicrobianos y la adición de trimetoprim, para potenciar la acción de sulfonamidas, ha sido considerada una prueba útil, como alternativa para detectar una concentración mínima de antimicrobianos de los grupos betalactámicos, aminoglucósidos y sulfonamidas, en tejidos de bovinos y de porcinos sacrificados, que combina la sensibilidad a un amplio rango de antimicrobianos con el bajo costo, la practicidad y la obtención de resultados en corto tiempo (Pikkemaat *et al*. 2008; 2011). También son ampliamente aplicados los métodos inmunológicos semicuantitativos tipo ELISA, para el análisis inicial de residuos de antimicrobianos en tejidos, debido a que permiten analizar, simultáneamente, un gran número de muestras, por su bajo costo y facilidad operativa. Aunque la especificidad y los límites de detección dependerán del antibiótico a analizar, la extracción y limpieza que se haga a la muestra, estos métodos tienen, como ventaja importante, la objetividad con la automatización de la lectura (Reig & Toldrá, 2008).

Colombia, se rige por los lineamientos del *Codex Alimentarius*, como instancia orientadora en materia de inocuidad de alimentos para la organización Mundial del Comercio (OMC), que establece los LMR en cerdo, para sulfonamidas en hígado, en riñón y en músculo, de 100ppb (μg/kg); para betalactámicos, de 50ppb (μg/kg) y para estreptomicina+dihid roestreptomicina, 600ppb (μg/kg), en músculo y en hígado y 1000ppb (μg/kg), en riñón (Resolución 1382 MinSalud y Protección Social, 2013).

Puesto que en el país no existe el conocimiento sobre la presencia o niveles de residuos de antimicrobianos en el industria porcícola (Clavijo & Donado, 2012) y uno de los retos importantes de la Cadena Cárnica Porcina es garantizar al consumidor final carne de cerdo inocua (Melo, 2013) y de calidad, el Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia (Conpes 3458, 2007), que reconoce la carencia de una línea base de caracterización del estatus sanitario respecto a residuos, incluye, en la agenda prioritaria de investigación, establecer los niveles de residuos de medicamentos veterinarios en la carne de cerdo y en los productos cárnicos derivados, con el fin de mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la cadena, aumentar la competitividad y fortalecer la capacidad de comercialización del país.

El presente estudio buscó aportar información sobre la presencia de residuos de betalactámicos, estreptomicina (aminoglucósidos) y sulfametazina (sulfonamidas) en músculo, en hígado y en riñón de cerdo, ofrecidos a la venta en Bogotá, mediante el empleo de dos pruebas de cribado, una microbiológica y otra ELISA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio, realizado entre enero de 2014 y febrero de 2015, fue de tipo descriptivo; se llevó a cabo en muestras de músculo, de hígado y de riñón de cerdo recolectadas, aplicando muestreo no probabilístico por conveniencia, en expendios de Bogotá, Colombia, teniendo en cuenta, al momento del muestreo, que se ofrecieran a la venta, como mínimo dos de estas tres partes, aptas para el consumo humano, conservadas en refrigeración y que provinieran de plantas de beneficio, autorizadas de la ciudad.

Las 72 porciones de músculo, los 73 hígados y los 67 riñones de cerdo, obtenidos en tres tipos de expendios, de frigorífico, de plaza de mercado y de barrio, ubicados en las nueve zonas de la ciudad, fueron analizados en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A.

Para la detección de residuos de antimicrobianos, las muestras se analizaron, inicialmente, por la prueba microbiológica de inhibición, empleando *Bacillus subtilis* ATCC6633, para detectar la presencia de betalactámicos, aminoglucósidos y sulfonamidas (Gesche & Mayor, 1990), posteriormente, se analizaron la totalidad de las muestras por la prueba comercial de ELISA Randox®, para betalactámicos, así como muestras que se identificaron con/sin presencia de residuos de aminoglucosidos y sulfonamidas, por las pruebas de ELISA (Randox®), para estreptomicina-dihidroestreptomicina y para sulfametazina Se consideraron muestras con presencia de residuos aquellas que fueron identificadas con residuos de uno o varios de los antimicrobianos, estudiados por las dos pruebas.

El grado de concordancia entre los resultados de la prueba microbiológica y los de ELISA, definidos con o sin presencia del residuo por tipo de muestra, se determinó mediante el coeficiente kappa (k), que se calculó según Landis & Koch (1977), utilizando la siguiente fórmula:

$$K = \frac{[(\Sigma \text{ de concordancias observadas}) - (\Sigma \text{ de concordancias})]}{[(\text{No. Total de observaciones}) - (\Sigma \text{ de concordancias})]}$$

Para la prueba de inhibición, las muestras de músculo, de hígado y de riñón, que se colectaron asépticamente, fueron identificadas y transportadas al laboratorio por separado, en bolsas de polietileno de cierre hermético, manteniéndolas en refrigeración a 5°C. De cada muestra, se cortaron, con un sacabocados estéril, porciones cilíndricas de 8mm de diámetro interno y 2mm de espesor. Las porciones de músculo, se tomaron de cortes de un cuarto anterior o posterior; las de hígado, de un área distante a la vesícula biliar y las de riñón contenían, tanto médula como corteza renal (Levetzow *et al.* 1980).

La prueba microbiológica de inhibición siguió los lineamientos según Levetzow *et al.* (1980), con modificaciones propuestas por Nouws *et al.* (1988). Las porciones de las muestras fueron colocadas en cajas de petri con agar tripticasa soya, ajustado a pH 6,0; 7,2 y 8,0, luego de inoculado con esporas de *B. subtilis*, a una concentración de 10^4 esporas/ml de medio. Al medio ajustado a pH 7,2 se le adicionaron 0,5mL de trimetoprim, para la detección de sulfonamidas.

Para el control de la prueba, se utilizaron, como representantes de los grupos de antimicrobianos a detectar, sensidiscos de 6mm de diámetro con penicilina G. 0,01 U.I en medio a pH 6,0; estreptomicina 0,5mcg en medio a pH 8,0 y sulfametazina 0,5mcg en medio a pH 7,2. Como controles negativos, se emplearon porciones de las muestras respectivas, provenientes de un lechón criado sin ningún tipo de tratamiento medicamentoso, que también fueron empleadas como controles negativos en las pruebas de ELISA.

Las porciones del músculo, del hígado y del riñón, se colocaron por duplicado sobre los medios de cultivo, a los tres niveles de pH; luego, se incubaron por 18 horas a 30°C; terminado el tiempo de incubación, se verificó que los discos control con antimicrobianos presentaran halos de inhibición de 5 a 10mm, para luego medir los halos de inhibición, observados en las muestras. La interpretación de resultados de la prueba de inhibición en placa, se consideró como positiva a la presencia del residuo, cuando se presentó un halo de inhibición del crecimiento, desde el borde del tejido hasta el inicio del crecimiento bacteriano de, al menos, 2mm; uno de 1 a 2mm, se consideró dudosa y uno menor a 1mm, negativa. Se calculó el promedio del ancho del halo de inhibición entre las correspondientes muestras duplicadas (Levetzow *et*

al. 1980). Se descartaron las lecturas de las muestras que mostraron contaminación.

Para la prueba de ELISA, se emplearon los kits comerciales Randox® BL3448, STP 3468 y SM 2146, para betalactámicos, estreptomicina-dihidroestreptomicina y sulfametazina, respectivamente. Los homogenizados de las muestras para las pruebas de estreptomicina y de sulfametazina, se obtuvieron a partir de 1g de tejido, al que se le adicionaron 9mL de la solución de lavado respectivo. En el caso del homogenizado de la muestra para betaláctamicos, a 1g de tejido, se adicionaron 9mL de solución buffer fosfato 0,1M pH 6,5. La suspensión, se agitó en Vortex por 30seg y se centrifugó durante 10min, a 3000rpm. Las suspensiones, se pasaron por filtros de nitrocelulosa para jeringa de 0,45μl y el sobrenadante obtenido, se diluyó en solución de lavado 1:1, para estreptomicina; 2:1, para betaláctamicos y para sulfametazina, no requirió dilución.

En las microplacas respectivas, se colocaron 50μL de la muestra a analizar por pozo y se adicionó el volumen de conjugado, indicado por el protocolo de cada prueba: 75μL/pozo, para estreptomicina y betalactámicos, 150μL/pozo, para sulfametazina; posteriormente, se incubaron las microplacas a 19°C. La absorbancia de las muestras, se leyó a 450nm y la cantidad de antimicrobiano, se calculó sobre la base de la curva de calibración. El nivel de antimicrobiano, se expresó como ng/mL del antimicrobiano en los tejidos analizados. El límite inferior de detección media para los antimicrobianos y las tasas de recuperación fueron mayores a 80% para todas las muestras. La prueba establece como límite de detección en tejido 5ng/g, para estreptomicina y sulfametazina y 10ng/g, para betalactámicos.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los LMR establecidos por la Agencia Europea para la Evaluación de Medicamentos (*Codex Alimentarius,* 2012) y MinSalud y Protección Social de Colombia (2013), estableciéndose, como muestras con residuos, aquellas que presentaron residuos mayores o iguales para sulfametazina en hígado, en riñón y en músculo de 100ppb (μg/kg); para estreptomicina 600ppb (μg/kg), en músculo y en hígado y 1000ppb (μg/kg), en riñón y para betaláctamicos (penicilina G, bencilpenicilina, bencilpenicilina procainica) 50ppb (μg/kg), en todos los órganos incluidos en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 212 muestras analizadas, inicialmente por la prueba microbiológica, cerca de la mitad (43,4%) presentaron residuos de betalactámicos y en menor proporción residuos, tanto de aminoglucósidos como de sulfonamidas, siendo las vísceras las que revelaron mayor proporción de muestras con estos residuos, en comparación con el músculo y el riñón, la que presentó más muestras con residuos, comparada con el hígado (Tabla 1), resultado que coincide con la utilidad reconocida del riñón, para identificar, de forma rutinaria, residuos de antimicrobianos, debido a que éstos duran más tiempo en órganos que los excretan o metabolizan que en músculo y a su acumulación en este tejido, descrita por varios autores (Cantwell & O'Keeffe, 2006; Orozco *et al*. 2006; FSIS, 2007).

Para residuos de betalactámicos, del total de muestras analizadas por las dos pruebas, cerca de una tercera parte (33%) presentaron estos residuos, los cuales, superaron los límites permitidos, según resultados de la prueba de ELISA. Estos resultados coincidieron en identificar al hígado y al riñón como los tejidos que, además de presentar la mayor cantidad de muestras con presencia de residuos de betalactámicos, superan los límites permisibles de estos residuos, mientras que el músculo exhibió menor cantidad de muestras con residuos de este grupo (Tabla 2).

La presencia de residuos de betalactámicos en las muestras podría estar relacionada con su frecuente uso en la práctica médica veterinaria (Cartelle *et al*. 2014) e indicar la presencia de varios antimicrobianos del mismo grupo, como la penicilina G, amoxicilina y ampicilina, puesto que son incluidos en la identificación que hace la prueba de ELISA y corresponden con los antimicrobianos ampliamente utilizados, incluso, en combinaciones en el tratamiento de cerdos (Cameron-Veas *et al*. 2015).

Tabla 1. Muestras de cerdo con residuos de antimicrobianos identificados por prueba microbiológica con *B. subtilis.*

		Betalactámicos		Aminoglucósidos		Sulfonamidas	
Tejido	**Muestras analizadas**	**# de muestras con residuos**	**%**	**# de muestras con residuos**	**%**	**# de muestras con residuos**	**%**
Músculo	72	8	11,1	0	0,0	1	1,4
Hígado	73	40	54,8	5	6,8	6	8,2
Riñón	67	44	65,7	8	11,9	6	9,0

Tabla 2. Muestras de tejidos de cerdo con residuos de betalactámicos identificados por microbiología y ELISA.

Tejido	Muestras analizadas	Microbiología		ELISA		Microbiología y ELISA	
		Muestras con residuos	%	Muestras con residuos ≥50ppb (μg/kg)*	%	Muestras con residuos	%
Músculo	72	8	11,1	15	20,8	7	9,7
Hígado	73	40	54,8	41	56,2	33	45,2
Riñón	67	44	65,7	33	49,3	30	44,8
Totales	212	92	43,4	89	42,0	70	33,0

*LMR

Para estreptomicina, de las muestras analizadas por las dos pruebas (79), 10,1% mostraron presencia de residuos que superan los límites máximos de este antibiótico, en los 3 tipos de tejidos estudiados. El tejido que mostró mayor número de muestras con residuos de aminoglucósidos por microbiología fue el riñón y, de esas muestras, la mitad indicaron residuos ≥ 1000ppb (μg/kg), por ELISA. Para el hígado, la mayoría de las muestras que resultaron con residuos por la prueba microbiológica, resultaron concordantes por ELISA y las muestras de músculo que no presentaron residuos de estreptomicina fueron concordantes por las dos pruebas a este antibiótico (Tabla 3).

De los resultados para aminoglucósidos-estreptomicina que no fueron concordantes por las dos pruebas, se observó que la mayoría de resultados de muestras que presentaron residuos de este grupo de antimicrobianos fueron identificadas en riñón, por la prueba microbiológica, lo cual, se podría deber a la relativa baja sensibilidad a aminoglucósidos, que cita Vela *et al*. (2014), de esta prueba de inhibición. Según Pikkemaat *et al*. (2011), la diferencia en la detección de aminoglucósidos estaría asociada, principalmente, con la matriz usada, detectando, en lugar de aminoglucósidos, constituyentes del tejido renal.

Para sulfonamidas, de las 48 muestras analizadas por microbiología y posteriormente por la prueba de ELISA para sulfametazina, cerca de una cuarta parte (27,1%) de las muestras concordaron por las dos pruebas, siendo identificadas como muestras con presencia de estos residuos, por encima del límite máximo. El hígado y el riñón fueron los tejidos identificados con mayor proporción de muestras con residuos del antimicrobiano, mientras que la única muestra de músculo, identificada con residuos de sulfonamidas, por la prueba microbiológica, fue identificada también con residuos de sulfametazina por ELISA (Tabla 4). Los hallazgos de residuos en riñón coinciden con lo reportado por Medina *et al*. (2008), debido a que esta víscera concentra mayores cantidades de estos fármacos.

Tabla 3. Muestras de tejidos de cerdo con residuos de aminoglucósidos (estreptomicina) identificados por microbiología y ELISA.

Tejido	Muestras analizadas	Microbiología		ELISA		Microbiología y ELISA	
		Muestras con residuos	%	Muestras con residuos ≥600ppb (μg/kg)*	%	Muestras con residuos	%
Músculo	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Hígado	37	5	13,5	6	16,2	4	10,8
Riñón	39	8	20,5	≥1000ppb (μg/kg)* 4	10,3	4	10,3
Totales	79	13	16,5	10	12,7	8	10,1

De las 13 muestras identificadas con residuos de sulfametazina, a excepción de una muestra de riñón en la que únicamente se detectó residuos de este antimicrobiano, las 12 muestras restantes (1 de músculo, 6 de hígado y 5 de riñón) presentaron, al mismo tiempo, residuos de sulfametazina y de betalactámicos, identificados por las dos pruebas. Ninguna de las muestras se identificó con residuos de sulfametazina y de estreptomicina, ni con los tres antimicrobianos por las dos pruebas.

En tres muestras de riñón y tres de hígado, se detectaron, por las dos pruebas, residuos de dos antimicrobianos, betalactámicos y estreptomicina, mientras que una muestra de hígado fue positiva, únicamente, a residuos de estreptomicina, por microbiología y ELISA, según LMRs (*Codex Alimentarius*).

En el estudio, el hígado y el riñón mostraron similar comportamiento, en cuanto a la proporción de muestras detectadas

Tabla 4. Muestras de tejidos de cerdo con residuos de sulfonamidas (sulfametazina) identificados por microbiología y ELISA.

Tejido	muestras analizadas	Microbiología		ELISA		Microbiología y ELISA	
		Muestras con residuos	%	Muestras con residuos ≥100ppb (μg/kg)*	%	Muestras con residuos	%
Músculo	1	1	100,0	1	100,0	1	100,0
Hígado	21	6	28,6	9	42,9	6	28,6
Riñón	26	6	23,1	8	30,8	6	23,1
Totales	48	13	27,1	18	37,5	13	27,1

*LMR

con residuos de betalactámicos, estreptomicina y sulfametazina, por las dos pruebas.

El análisis de concordancia, coeficiente de concordancia CC y coeficiente de concordancia *k* realizado entre los resultados de la prueba microbiológica y la prueba de ELISA, identificó una correspondencia considerable entre los resultados de las dos pruebas (Tabla 5). Para betalactámicos y estreptomicina, la prueba microbiológica y ELISA por separado identificaron más muestras positivas respecto a las muestras positivas corroboradas por las dos pruebas, lo cual, corresponde con un *k* menor, mientras que para sulfametazina, el *k* mayor correspondió con una mayor concordancia entre los resultados de las dos pruebas, para este antimicrobiano.

En general, el grupo de antimicrobiano que mostró la mayor proporción de muestras de tejidos de cerdo con residuos por encima de los LMR por las dos pruebas fue betalactámicos, seguido por sulfametazina y, por último, estreptomicina. Estos antimicrobianos identificados en las muestras, según la se encuentran entre los de mayor demanda, aprobados para uso en cerdos, siendo la penicilina, la amoxicilina y la ampicilina (betalactámicos), estreptomicina y dihidroestreptomicina (aminoglucósidos), y sulfametazina (sulfonamidas), empleados solos o en combinaciones de antibióticos estreptomicina+penicilina o combinaciones de sulfonamidas y antibióticos sulfametazina+penicilina+oxi o clortetraciclina, como promotores de crecimiento en cerdos en Colombia (ICA, 2014).

Los hallazgos de residuos de antimicrobianos, principalmente en las muestras de riñón y de hígado de cerdo analizadas, puede ser el resultado en la práctica veterinaria de no respetar el tiempo que debe transcurrir entre la última aplicación del medicamento y cuando el animal es llevado al sacrificio, definido como tiempo de retiro (Gustafson & Bowen, 1997; Barton, 2000) que, dependiendo de la farmacocinética propia del medicamento, garantiza la inocuidad de la carne, de las vísceras y de los subproductos de origen animal, destinados al consumo humano. También, como resultado de regímenes terapéuticos que incluyan dosis repetitivas del medicamento (Medina *et al.* 2008), que se pueden acumular en reservorios tisulares o por sobredosis, aun estando por fuera del tiempo de retiro.

Las escasas muestras de músculo detectadas con antimicrobianos pueden evidenciar más un nivel farmacológico que un nivel de residuos (Koenen-Dierick, 1995; Medina *et al.* 2008), particularmente, bajo las condiciones actuales de los sistemas de explotación porcícola en las que, es de suponer, el uso de fármacos atiende los parámetros farmacocinéticos establecidos para la especie y los medicamentos son rápidamente eliminados del músculo.

Tabla 5. Concordancia entre los resultados de la prueba microbiológica y la prueba de ELISA para residuos de antimicrobianos en muestras de cerdo.

Antimicrobiano	CC	k	Fuerza de concordancia
Betalactámicos	0,81	0,61	Considerable
Aminoglícósidos (estreptomicina)	0,91	0,65	Considerable
Sulfonamidas (sulfametazina)	0,9	0,76	Considerable

La presencia considerable de residuos en los tejidos también se podría atribuir al uso de quimioterápicos, como promotores de crecimiento (Errecalde, 2004). Estos resultados llaman la atención sobre la necesidad de monitorear la presencia de residuos de antimicrobianos, puesto que el consumo de vísceras, que representa una opción nutricional de bajo costo en el país, puede exponer al consumo considerable de residuos que superan los límites permitidos, con el riesgo que esto representa para la salud pública.

Debido a que un método de cribado para detectar residuos de antimicrobianos requiere ser de bajo costo y alto rendimiento, capaz de identificar potenciales muestras no conformes, a partir de una gran cantidad de muestras (CCE CdlCE, 2002; Stead *et al*. 2004), la prueba de inhibición con *B. subtilis* mostró ser utilidad en la detección de presencia de residuos de betalactámicos, aminoglucósidos y sulfonamidas, en tejidos de cerdo, por su considerable concordancia, con una técnica inmunológica semi-cuantitativa y por presentar un costo seis veces menor por muestra analizada, frente a esta técnica. Aunque a diferencia de lo citado en la literatura, la prueba microbiológica resultó ser más laboriosa y requerir mayor tiempo que la prueba de ELISA.

El empleo de la prueba de ELISA para la detección preliminar de residuos de antimicrobianos mostró, como ventajas, la capacidad de analizar un gran número de muestras en corto tiempo y presentar menor posibilidad de detectar falsos negativos; sin embargo, se requiere del uso de varios kits para cubrir una amplia gama de residuos antimicrobianos, lo cual, limita su uso, debido al mayor costo comparado con la prueba microbiológica, aunque representa una considerable reducción de costos y de esfuerzos dedicados a la identificación y cuantificación de antimicrobianos, por métodos confirmatorios.

Es imperioso para el país regularizar el uso de antimicrobianos en la producción porcícola, así como disponer de pruebas validadas para su seguimiento, poniendo en marcha el plan de residuos, que integre todas las actividades de la cadena porcícola, para prevenir, controlar y vigilar la presencia de estos residuos, que afectan la inocuidad del producto y la salud pública.

Conflicto de intereses: El presente trabajo fue preparado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados o la voluntad de publicación de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARTON, M.D. 2000. Antibiotic use in animal feed and its impact on human health. Nutr. Res. Rev. 13:279-299.

2. CAMERON-VEAS, K.; SOLA-GINES, M.; MORENO, M.; FRAILE, L.; MIGURA-GARCIA, L. 2015. Impact of the use of β-lactam antimicrobials on the emergence of *Escherichia coli* isolates resistant to cephalosporins under standard pig-rearing conditions. Appl. Environ. Microb. 81(5):1782-1787.

3. CANTWELL, H.; O'KEEFFE, M. 2006. Evaluation of the Premi® Test and comparison with the One-Plate Test for the detection of antimicrobials in kidney. Food. Adit. Contam. 23(2):120-125.

4. CARTELLE, M.; VILLACÍS, J.; ALULEMA CHICO, P. 2014. De la granja a la mesa. Implicaciones del uso de antibióticos en la crianza de animales para la resistencia microbiana y la salud. Rev. Cubana Aliment. Nutrición. 24(1):129-139.

5. CCE CdlCE. 2002. Decisión de la Comisión 2002/657/CE del 12 de agosto de 2002 por la que se aplica la Directiva 96/23/CE del Consejo en cuanto al funcionamiento de los métodos analítico y la interpretación de los resultados. Diario Oficial de las comunidades europeas. 17(221):8-36.

6. CERNIGLIA, C.; KOTARSKI, S. 2005. Approaches in the safety evaluations of veterinary antimicrobial agents in food to determine the effects on the human intestinal microflora. J. Vet. Pharmacol. Therapy. 28:3-20.

7. CLAVIJO, V.; DONADO, P. 2012. Residuos de antimicrobianos en alimentos de origen animal. Rev. Porcicult. Col. 1(171):27-31.

8. *CODEX ALIMENTARIUS*. Límites Máximos de Residuos para medicamentos veterinarios en los alimentos. Actualizado en la 35ª sesión de la Comisión del *Codex Alimentarius* Commission; Disponible desde internet en http://www.ftp.fao.org/codex/weblinks/MRL2_s_2012.pdf (con acceso el 07/2012).

9. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL –CONPES-. 2007. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Documento Conpes 3458: Política nacional de sanidad e inocuidad para la cadena porcícola. 2007; Disponible desde Internet en: URL:http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/Subdireccion_Conpes/3376.pdf (con acceso 25/08/2013).

10. CORNET, V.; GOVAERT, Y.; KOENEN-DIERICK, K.; OKERMAN, L.; DEGGROODT, J. 2005. Interlaboratory study based on a one-plate screening method for the detection of antibiotic residues in bovine kidney tissue. Food Addit. Contam. 22(5):415-422.

11. CROMWELL, G.; COFFEY, R.; AARON, D.; LINDEMANN, M.; PIERCE, J.; MONEGUE, H.; RUPARD, V.; COWEN, D.; PARIDO, M.; CLAYTON, T. 1996. Differences in growth rate of waling barrows and gilts. J. Anim. Sci. (Abstra.)74(Suppl. 1):186.

12. DÍAZ, C.; RODRIGUEZ, M.; VERA, V.; RAMIREZ, G.; CASAS, G.; MOGOLLON, J.; 2011. Caracterización de los sistemas de producción porcina en las principales regiones porcícolas colombianas. Rev, Col. Cie. Pec. 24:131-144.

13. EBRECHT, A. 1982. Verbesserung des Hemmstofftestes durch Zusatz von Trimetoprim zum Nachweis von Sulfonamiden. Arch. Lebensmittelhyg. 33:109-115.

14. ERRECALDE, J. 2004. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Estudio de incidencia del desarrollo de resistencias en salud pública. FAO. Roma. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007y5468s/y5468s00.pdf 67p.

15. FRANCO, D.; WEBB, J.; TAYLOR, C. 1990. Antibiotic and Sulfonamide residues in meat: implications for human health. J Food Prot. 53:179-185.

16. FSIS. 2007. Bioassay for the Detection, Identification and Quantitation of Antimicrobial Residues in Meat and Poultry Tissue MLG 34.02. USDA, Food Safety and Inspection Service, Public Health Science. 60p.

17. GASKINS, H.R.; COLLIER, C.T.; ANDERSON, D.B. 2002. Antibiotics as growth promotants: mode of action. Anim. Biotechnol. 13(1):29-42.

18. GESCHE, E.; MAYOR, M. 1990. Sensibilidad de la técnica del *Bacillus subtilis* BGA en la detección de antimicrobianos. Arch. Med. Vet. 121p.

19. GUSTAFSON, R.H.; BOWEN, R.E. 1997. Antibiotic use in animal Agricultura. J. Appl. Microbiol. 83:531-541.

20. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO –ICA-. 2014. Productos medicamentos veterinarios con registro ICA vigente a febrero 20 de 2014. Bogotá. D.C. Subgerencia de protección animal; Disponible desde internet en http://www.ica.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?nodeguid=49ab2753-6861-43f2-b58a-e0adc1e5e797&lang=es-CO (con acceso el 20/01/2015).

21. JECFA Joint FAO/WHO. 1995. Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain veterinary drug residues in food, WHO Technical Report Series Nº 855, Geneve.

22. JECFA Joint FAO/WHO. 1996. Expert Committee on Food Additives, Evaluation of certain veterinary drug residues in food, WHO Technical Report Series Nº 864, Geneve.

23. JONES, P. 2010. Medicamentos veterinarios: una necesidad imperiosa. Boletín de la Organización Mundial de la Salud Animal. Reino Unido. 1:3-5.

24. KOENEN-DIERICK, K. 1995. A one-plate microbiological screening test for antibiotic residue testing in kidney and meat: an alternative to the EEC four- plate method. Food. Addit. Contam. 12:77-82.

25. LANDIS, J.; KOCH, G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 33:159-74.

26. LEVETZOW, R. 1971: Untersuchengen auf Hemmstoffe im Rahme der bacteriologischen Fleischuntersuchung (BU). Bundesgesundheitsbl. 14:211-213.

27. LEVETZOW, R.; WEISE, E.; OTTO, D. 1980: Versuche zur Erweiterung des Nachweisspektrums beim biologischen Hemmstofftest. Bundesgesundheitsbl. 23:9-13.

28. MEDINA, M.; GONZÁLEZ, D.; RAMÍREZ, A. 2008. Detección de residuos de antimicrobianos en tejidos comerciales y tetraciclinas en hueso de cerdo. Rev. Salud Anim. 30(2):110-115.

29. MELO, O. 2013. Manual de instrucciones para el manejo rentable de la carne de cerdo. Disponible desde Internet en: http://www.foodsafety.com.co/pdf/memorias/2013/LB/Manejo_inocuo_de_la_carne_de_cerdo_Oscar_Melo.pdf (con acceso 30/09/2014).

30. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. 2013. Resolución 00001382 de 2 de mayo de 2013. República de Colombia. 15p.

31. NOUWS, J.; ZIV, G. 1979. A critical evaluation of several microbiological test methods for residues of antimicrobial drugs in ruminants. Arch. Lebensmittelhyg. 30:4-8.

32. NOUWS, J.; BROEX, N.; DEN HARTOG, J.; DRIESSENS, F. 1988. The New Dutch Kidney Test. Arch. Lebensmittelhyg. 39:133-156.

33. OIE. 2015. Introducción a las recomendaciones para controlar la resistencia a los agentes antimicrobianos. Código sanitario para los animales terrestres. Capítulo 6.6. Artículo 6.6.1. 30/07/2015.

34. OMS. 2005. Conferencia regional FAO/OMS sobre inocuidad de los alimentos para la Américas y el Caribe. Documento de sala No. 47. San José, Costa Rica, 6-9 de diciembre de 2005.

35. OMS. 2015. 68ª Asamblea mundial de la salud. Resistencia a los antimicrobianos, Proyecto de plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos. 21p.

36. OROZCO, A.; AVALOS, E.; GONZALEZ, D.; PACHECO, C.; RAMIREZ, A.; KUHNE, M. 2006. Residuos de penicilina y tetraciclinas en cerdo. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. XVII Semana de la Investigación Científica. p.792-797.

37. PIKKEMAAT, M.G.; OOSTRA-VAN DIJK, S.; SCHOUTEN, S.; RAPALLINI, M.; VAN EGMOND, H.J. 2008. A new microbial screening method for the detection of antimicrobial residues in slaughter animals: The Nouws antibiotic test (NAT-screening). Food Control. 19(8):781-789.

38. PIKKEMAAT, M.G.; RAPALLINI, M.L.; ZUIDEMA, T.; ELFERINK, J.A.; OOSTRA-VAN DIJK, S.; DRIESSEN-VAN LANKVELD, W.D. 2011. Screening methods for the detection of antibiotic residues in slaughter animals: comparison of the European Union Four-Plate Test, the Nouws Antibiotic Test and the Premi® Test (applied to muscle and kidney). Food. Addit. Contam. 28(1):26-34.

39. REIG, R.; TOLDRÁ, F. 2008. Veterinary drug residues in meat: Concerns and rapid methods for detection. Meat Science. 78(1-2):60-67.

40. RUSHTON, J.; PINTO FERREIRA, J.; STÄRK, K.D. 2014. Antimicrobial Resistance: The Use of Antimicrobials in the Livestock Sector. OECD Publishing. Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 68. 44p.

41. SCHWARZ, S.; KEHRENBERG, C.; WALSH, T.R. 2001. Use of antimicrobial agents in veterinary medicine and food animal production. Int. J. Antimicrob. Agents. 17:431-437.

42. STEAD, S.; SHARMAN, M.; TARBIN, J.; GIBSON, E.; RICHMOND, S.; STARK, J. 2004. Meeting maximum residue limits: an improved screening technique for the rapid detection of antimicrobial residues in animal food products. Food. Add. Contam. 21(3):216-219.

43. VELA, K.; TAFUR, M.C.; VELA, M.; SUÁREZ, M. 2014. Evaluación preliminar del bioensayo para la detección de antimicrobianos en músculo bovino. Rev. Fac. Química Farmacéut. 21(3):178-190.

Recibido: Septiembre 21 de 2015
Aceptado: Octubre 3 de 2016

Cómo citar:

Ujueta Rodríguez, S.; Araque Marín, A. 2016. Detección de residuos antimicrobianos en musculo, higado y riñon de cerdo expendidos en Bogotá, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 371-379.

INFECCIONES ZOONÓTICAS CAUSADAS POR LEVADURAS DEL GÉNERO *Malassezia*: UNA REVISIÓN

ZOONOTIC INFECTIONS CAUSED BY *Malassezia* YEASTS: A REVIEW

Juan C. Galvis Marín[1], Fernando Borda Rojas[2]

[1] MD, Esp, M.Sc, profesor Microbiología e Inmunología, Grupo de Investigación GIBGA, Facultad de Medicina. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Bogotá D.C., Colombia, e-mail: juan.cgalvis@udca.edu.co; [2] MV, Esp, Ph.D. (c), profesor Medicina Interna de Pequeños Animales, Grupo de Investigación Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Bogotá D.C., Colombia, e-mail: fborda@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 381-393, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Las zoonosis son enfermedades que se transmiten de forma natural entre los animales vertebrados y el hombre. Existe un gran número de enfermedades bacterianas, virales y parasitarias, que son transmitidas de los animales a los humanos, mientras que pocas micosis son consideradas, actualmente, como zoonosis. Las micosis zoonóticas son más frecuentes en individuos inmunocomprometidos, incluyendo pacientes hospitalizados, en los cuales, *Malassezia pachydermatis*, una levadura zoofílica, aparece como un microorganismo importante, en la etiología de micosis nosocomiales. En esta revisión, se mencionan las publicaciones que han reportado la presencia de *M. pachydermatis* en humanos, a través del tiempo, con especial énfasis, en infecciones sistémicas en población de riesgo, a partir de caninos y personal de la salud, colonizados por esta levadura. Asimismo, se recopilan estudios en los que se han aislado en animales, especies antropofílicas del género *Malassezia*, para contribuir al conocimiento de la ecología y posible mecanismo de transmisión zoonótica, de este microorganismo.

Palabras clave: Micosis, infecciones, humanos, animales, transmisión.

SUMMARY

Zoonoses are diseases transmitted naturally between vertebrate animals and man. There are a number of bacterial, viral and parasitic diseases that are transmitted from animals to humans, while few mycosis are currently considered as zoonoses. Zoonotic fungal infections are more common in immunocompromised individuals, including inpatient, in which *Malassezia pachydermatis,* a zoophilic yeast, appears as an important microorganism in the etiology of nosocomial fungal infections. In this review, we mentioned the publications had reported the presence of *M. pachydermatis* in humans over time, with special emphasis on systemic infections in populations at risk from dogs and health care workers colonized by this yeast. Studies in which animals have been isolated anthropophilic species of *Malassezia* are also mentioned, to contribute to the knowledge of ecology and possible mechanism of zoonotic transmission of this organism.

Keywords: Mycosis, infections, humans, animals, transmission.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, una zoonosis se entiende como una enfermedad que se transmite de forma natural entre los animales vertebrados y el hombre (World Health Organization, 1967; Hubálek, 2003). En la sociedad existe una importante interacción entre humanos y diversos grupos de animales de compañía. Estas asociaciones no están libres de riesgos a los propietarios de mascotas, particularmente, enfermedades infecciosas (Pacheco, 2003). Existe un gran número de enfermedades bacterianas, virales y parasitarias, que son transmitidas de los animales a los seres humanos, mientras que pocas micosis son consideradas, actualmente, como zoonosis. Los múltiples mecanismos de transmisión, incluyen, contacto directo, arañazo, mordedura, inhalación, contacto con orina o heces, ingestión de carne, derivados lácteos y huevos y contacto con huéspedes artrópodos intermediarios. Muchas enfermedades emergentes y reemergentes son consideradas zoonosis, contempladas, las infecciones por hantavirus y la mayoría de fiebres hemorrágicas virales. Inclusive, el virus de la inmunodeficiencia huma-

na (VIH), probablemente, se originó y evolucionó a partir de primates inferiores (Marcus & Marcus, 1998).

Es bien conocida la asociación entre las excreciones de aves y la criptococosis, de acuerdo con Castellá *et al*. (2008); los casos de esporotricosis transmitidos por gatos, según el reporte de Peralam *et al*. (2009) y las dermatofitosis o tiñas, asociadas con especies de dermatofitos zoonóticos, de acuerdo con lo reportado por Nenoff *et al*. (2012). Algunas micosis con potencial zoonótico han recibido menos atención, entre las que están las infecciones causadas por *Penicillium marneffei, Lacazia loboi, Emmonsia* spp., *Basidiobolus ranarum*, *Conidiobolus* spp. y *Paracoccidioides brasiliensis* (Seyedmousavi *et al*. 2015); sin embargo, la participación de los animales en la epidemiología de las principales micosis humanas todavía no es bien conocida y los nichos ecológicos definitivos de los agentes fúngicos respectivos no han sido completamente determinados (Cabañes, 2008). Las micosis zoonóticas son más frecuentes en individuos inmunocomprometidos (Mani *et al.* 2009), principalmente, en pacientes hospitalizados, en los cuales, *Malassezia pachydermatis* aparece como un microorganismo importante en la etiología de micosis nosocomiales, sea su fuente caninos que visitan hospitales (Lefebvre *et al.* 2006) o el personal de la salud, que poseen perros, como animales de compañía (Marcus & Marcus, 1998).

El género *Malassezia* comprende levaduras lipofílicas, lípido-dependientes y no lípido-dependientes (Figura 1), comensales de la piel de humanos y de animales, que se pueden llegar a convertir en patógenos, cuando hay factores predisponentes, como cambios en el microambiente cutáneo o alteración de los mecanismos de defensa del hospedero (Cafarchia *et al.* 2011a; Gaitanis *et al.* 2012; Arendrup *et al*. 2014). En humanos, las especies más frecuentes son *M. furfur, M. globosa, M. sympodialis* y *M. slooffiae*, que tienen la capacidad de producir cuadros dermatológicos, como pitiriasis versicolor, dermatitis seborreica, dermatitis atópica y psoriasis, por lo que se consideran antropofílicas; sin embargo, se han reportado en animales domésticos (Bond *et al.* 2010).

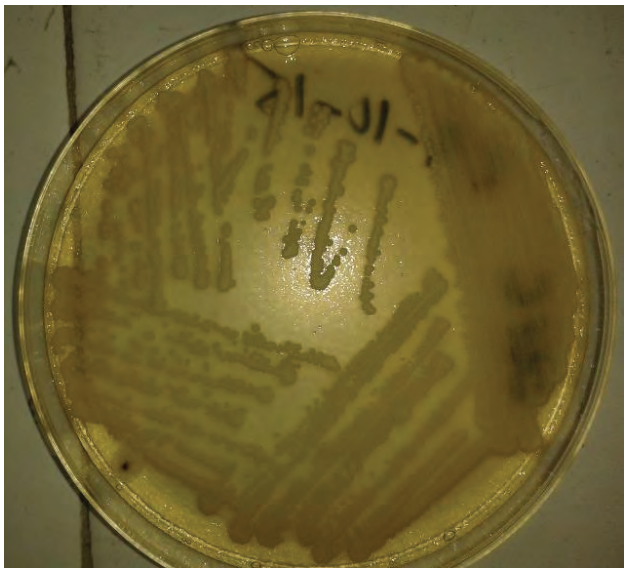


Figura 1. Colonias de *M. pachydermatis* en agar Dixon modificado, a partir de frotis de piel humana.

De otra parte, *M. pachydermatis* ha sido la especie más aislada de piel y mucosas de mamíferos y aves, por lo que se considera una especie zoofílica; no obstante, esta especie ha sido reportada, ocasionalmente, en infecciones humanas, potencialmente graves, en individuos con factores de riesgo asociados (Guillot & Bond, 1999; Chitty & Hendricks, 2007; Ferreira *et al.* 2008; Mani & Maguire, 2009; Bond, 2010; Prohic *et al.* 2016).

Aún no es completamente clara la transmisión de este hongo desde animales domésticos a sus propietarios y viceversa, ya que son muy pocos los estudios que han evaluado su potencial zoonótico (Guillot *et al.* 1997; Chang *et al.* 1998; Morris *et al.* 2005; Fan *et al.* 2006), ninguno de ellos realizado en Colombia y dado que no existen revisiones actualizadas de infecciones humanas causadas por *M. pachydermatis* y por especies lípido-dependientes en animales, el objetivo de la presente revisión fue recopilar el conocimiento concerniente a reportes y publicaciones de especies zoofílicas, en humanos y antropofílicas, en animales, para contribuir al entendimiento de la epidemiología y la ecología de las levaduras del género *Malassezia*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la literatura disponible en las bases de datos Scopus, ScienceDirect, PubMed, Medline, Scielo y Google Académico, en las que se utilizaron las palabras clave: micosis, infecciones, humanos, animales, transmisión. Se buscaron las publicaciones en el periodo de tiempo comprendido desde el primer reporte encontrado, en 1971 hasta el 2016; se incluyeron artículos de revisión, reportes de caso y estudios experimentales, publicados en idioma español e inglés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primeros reportes de *M. pachydermatis* en humanos y su posible origen nosocomial: Las primeras publicaciones acerca de la presencia de *M. pachydermatis* en humanos datan de la década del 70: aislada de piel, secreción lagrimal y secreción de herida cutánea, en pacientes con enfermedades cutáneas crónicas o condiciones de inmunodeficiencia, pero sin las condiciones que más adelante se identificaron como factores de riesgo para infección sistémica (Somerville, 1971; Romano *et al.* 1978; Gordon, 1979); sin embargo, estos hallazgos no fueron confirmados por otros investigadores, quienes concluyeron que, en la mayoría de los casos, la presencia de *M. pachydermatis* en piel humana era rara y transitoria (Bandhaya, 1993).

El primer reporte de infección sistémica en humanos por *M. pachydermatis* fue publicado en la década del 80, en un caso de peritonitis, en un paciente diabético hospitalizado para tratamiento de su falla renal con diálisis peritoneal ambulatoria continua (Fine *et al.* 1983), pero no se especula acerca del origen de la levadura. Existen varios reportes de fungemia asociada a *M. pachydermatis* en niños pretérmino, en Unidades de Cuidado Intensivo Neonatal (UCIN), recibiendo emulsiones lipídicas IV y, en adultos, con enfermedades subyacentes graves, como neoplasias hematológicas y trasplantes de médula ósea (Guého *et al.* 1987; Larocco *et al.* 1988; Mickelsen *et al.* 1988; van Belkum *et al.* 1994; Welbel *et al.* 1994; Lautenbach *et al.* 1998; Chang *et al.* 1998; Chryssanthou *et al.* 2001). En ese entonces, los casos de sepsis neonatal por *Malassezia* sp., relacionada con catéteres, había sido ocasionada por la especie antropofílica *M. furfur*, una causa relativamente poco común, comparada con otras levaduras, como *Candida* spp. (Marcon & Powell, 1992; Mestroni *et al.* 2003). Durante este periodo, la epidemiología de *M. pachydermatis* con infecciones sistémicas en humanos era misteriosa, debido a que el hombre se consideraba como un portador raro de esta especie zoofílica. También, era poco claro, si esta especie fue albergada por un número significativo de pacientes o si algunos individuos eran simples reservorios para asociaciones comensales o infecciosas, entre mascotas y humanos predispuestos (Guého *et al.* 1987).

Es imposible determinar si la mayoría de los aislamientos mencionados fueron causa de la infección e, incluso, de la muerte de algunos de estos pacientes, pues en la mayoría de estudios no incluyen descripciones clínicas o no se realizaron autopsias y sugieren que *M. pachydermatis* puede colonizar varios sitios anatómicos en pacientes hospitalizados, particularmente, en UCIN (Larocco *et al.* 1988; Marcon & Powell, 1992; Lautenbach *et al.* 1998). Para este momento, parecía que el factor predisponente más importante para infección sistémica por *M. pachydermatis* era el mismo, que para el caso de fungemia por *M. furfur*; la nutrición parenteral, rica en lípidos en pacientes inmunocomprometidos, debido a la lipofilia que comparten todas las especies dentro del género y su comportamiento oportunista (Gaitanis *et al.* 2012).

Posteriormente, con el advenimiento de las pruebas de biología molecular y la tipificación genética de aislamientos clínicos, claramente se demostró la naturaleza nosocomial de las epidemias causadas por *M. pachydermatis*, en las UCIN. Todos los aislamientos recuperados, tanto de los pacientes como de las superficies de las incubadoras, fueron genéticamente comparables. Incluso, a pesar de la limpieza regular de las incubadoras, las levaduras persistieron en las superficies de vidrio, al menos por tres meses. Por lo tanto, fueron implementadas medidas meticulosas de higiene personal en los médicos y demás personal de la salud, que manipulaban los neonatos, así como modificaciones en los procedimientos de limpieza (van Belkum *et al.* 1994).

Los datos de estos estudios muestran que *M. pachydermatis* puede causar brotes de fungemia nosocomial; que los recién nacidos pretérmino, recibiendo nutrición parenteral de lípidos, podrían estar en un riesgo mayor y que la transmisión es más probable de persona a persona, vía las manos del personal médico (Welbel *et al.* 1994). En estudios posteriores, se generaron perfiles genéticos idénticos, entre las cepas de *M. pachydermatis* –aisladas de neonatos en UCI- y fue admitida una transferencia exógena de esta levadura (Chryssanthou *et al.* 2001), lo cual, apoya la idea que esta especie no hace parte de la microbiota humana y que la diseminación nosocomial del personal de la salud a los pacientes se ve favorecida, por técnicas inadecuadas de asepsia y antisepsia de superficies y el incorrecto lavado de manos.

Algunas evidencias de zoonosis por *M. pachydermatis*: Los primeros estudios que sugieren la transmisión zoonótica de *M. pachydermatis* datan de finales del siglo XX (Guillot *et al.* 1997), en el que, por medio de pruebas moleculares, clasificaron aislamientos recuperados de humanos en el secuevar, donde se encuentran las secuencias tipo más frecuentes de

cepas aisladas, a partir de perros, lo que sugiere el origen animal de las infecciones humanas, producidas por esta especie.

Posteriormente, se especuló la asociación zoonótica de mascotas con infecciones neonatales por *M. pachydermatis*, en un brote descrito en una UCIN, cuyo origen, al parecer, fueron las manos del personal de la salud después de haber sido colonizados por los perros de su propiedad en casa. El mecanismo de introducción y de reservorio de *M. pachydermatis* fue trazado por tipificación molecular, en la cual, se encontró que una cepa común causó la colonización en los perros, en los trabajadores de la salud y en los neonatos y fue esencial introducir prácticas rigurosas de lavado de manos en el personal, para detener el brote (Chang *et al*. 1998). Este es el primer estudio, donde se realizaron pruebas de epidemiología molecular, para hacer el seguimiento de un brote nosocomial de sepsis por *M. pachydermatis* en recién nacidos, con factores predisponentes; sin embargo, la presencia de dispositivos intravasculares e infusión lipídica no fueron identificados como factores de riesgo, a pesar de lo que se creía, hasta entonces; lo que puede sugerir, que las infecciones sistémicas por *M. pachydermatis* no comparten un trasfondo idéntico al de las infecciones sistémicas por especies de *Malassezia* lipofílicas (Marcus & Marcus, 1998).

Un hallazgo adicional que sugiere el origen animal de *M. pachydermatis* en infecciones humanas es el hecho que la colonización cutánea por especies de *Malassezia* en neonatos saludables a término, inicia con el nacimiento y aumenta en las primeras semanas de vida, para el caso de *M. sympodialis* y *M. globosa,* pero *M. pachydermatis* no fue aislada a partir de la piel de recién nacidos ni de sus madres (Bernier *et al*. 2002). El estado de portador de *M. pachydermatis* en propietarios de perros fue evidenciado por técnicas microbiológicas convencionales y moleculares, encontrándose una mayor proporción en el caso de propietarios sanos de caninos con patologías asociadas a *Malassezia*, que en propietarios de perros saludables y con menor rendimiento diagnóstico del cultivo, comparado con pruebas basadas en PCR (Morris *et al*. 2005); igualmente, en el caso de una mujer con un granuloma facial y el perro de su propiedad a partir de raspados de piel, mediante técnicas microbiológicas e histopatológicas (Fan *et al*. 2006), lo que ratifica la posible ruta de transmisión zoonótica en infecciones humanas, específicamente, a partir del contacto estrecho con caninos.

Galvis & Borda (datos sin publicar), entre 2015 y 2016, llevaron a cabo un estudio que pretendía evaluar el potencial de transmisión zoonótica de levaduras del género *Malassezia* aisladas de caninos y sus propietarios, que acudían a la Clínica Veterinaria Universitaria de la U.D.C.A, en Bogotá, Colombia. En la investigación, se tomaron muestras óticas de 48 caninos, con otitis externa y 48 muestras cutáneas de sus respectivos propietarios sanos, durante un periodo de un año. Se obtuvieron 32 aislamientos sugestivos de *Malassezia* spp. (29 de origen canino y 3 de origen humano), a los cuales, se les realizó identificación fenotípica con pruebas bioquímicas, cuyos resultados arrojaron 29 aislamientos compatibles con *M. pachydermatis* y los tres restantes con *Malassezia* spp. Posteriormente, se realizó amplificación por PCR de las regiones genéticas 5.8S ADNr-ITS2 y 26S ADNr, obteniéndose productos de tamaño molecular, aproximado de 500 y 550 pb, respectivamente, al igual que con la cepa de referencia *M. pachydermatis* CBS 1879. Las secuencias de ADN confirmaron que el total de aislamientos correspondían a *M. pachydermatis*, con ambas regiones genéticas. Es interesante el hallazgo de la especie zoofílica *M. pachydermatis* en tres humanos propietarios de caninos con patologías asociadas a esta levadura, lo cual, podría sugerir la capacidad de adaptación de este hongo a nuevos hospederos, como también, lo han propuesto diversos investigadores (Cabañes *et al*. 2005; Cafarchia *et al*. 2008; Cafarchia *et al*. 2011b) y apoya, una vez más, el origen zoonótico de esta levadura en la piel humana, poniendo en riesgo a los pacientes con factores predisponentes, ya sea locales o sistémicos, de sufrir infecciones cutáneas o diseminadas por *M. pachydermatis*.

Estudios recientes sobre *M. pachydermatis* en humanos: en publicaciones recientes, se ha evidenciado la presencia de *M. pachydermatis* en piel humana saludable y con dermatosis, asociadas al género *Malassezia*. En estos estudios, se identificaron muy pocos casos positivos para *M. pachydermatis*, siendo mucho más frecuente el aislamiento de *M. globosa, M. sympodialis* y *M. furfur*, tanto en los controles sanos como en pacientes con pitiriasis versicolor y dermatitis seborreica, a partir de muestras de piel, mediante pruebas de identificación fenotípica y genotípica (Rincón *et al*. 2005; Prohic & Kasumagic, 2009; Giusiano *et al*. 2010; Sosa *et al*. 2013); llama la atención el hallazgo en personas que tenían contacto con animales domésticos (Kaur *et al*. 2013). Estos datos soportan que *M. pachydermatis* no es un miembro de la microbiota normal humana y que su presencia en piel es rara e indica una transmisión a partir de una fuente externa (Prohic & Kasumagic, 2009), como el contacto con animales de compañía.

En general, el tratamiento de todos los casos reportados de infecciones por *M. pachydermatis* en humanos fue exitoso, utilizando antifúngicos de los grupos de los polienos, azoles y pirimidinas fluoradas; sin embargo, recientemente, se han publicado infecciones por aislamientos de *M. pachydermatis* resistentes a fluconazol, flucitosina y caspofungina (Al-Sweih *et al*. 2014; Chen *et al*. 2015), llamativamente, en pacientes con exposición previa a antifúngicos de uso profiláctico, como el posaconazol (Choudhury & Marte, 2014), apoyando la teoría de la selección de cepas resistentes a azoles. Ya que *M. pachydermatis* no requiere suplementación lipídica para

su crecimiento y puede ser identificada erróneamente como *Candida* spp., se necesitan, prioritariamente, técnicas rápidas y confiables de identificación de levaduras fastidiosas, poco comunes y estandarizar protocolos efectivos y seguros de profilaxis antifúngica, en pacientes en riesgo, así como métodos para evaluar la susceptibilidad antifúngica. Aunque no han sido estudiados los mecanismos de resistencia en *Malassezia* spp., en otras levaduras de importancia médica, como *Candida* spp. y *Cryptococcus* spp., se han descrito cepas mutantes, que expresan enzimas responsables de una menor concentración de ergosterol en la membrana celular, que pueden causar resistencia a anfotericina B, al igual que bombas de eflujo a múltiples medicamentos que pueden determinar resistencia cruzada a anfotericina B y fluconazol (Cannon *et al*. 2009). En la tabla 1, se resumen los estudios que han reportado la presencia de *M. pachydermatis* en humanos.

Especies antropofílicas de *Malassezia* en animales: En los animales de compañía, *M. pachydermatis* es considerada una levadura lipofílica y no dependiente de lípidos, no micelial, saprófita de la piel de caninos y felinos, común en la piel normal y en la anormal, igualmente, en conductos auditivos externos normales y en animales con otitis externa. Es probable, que la humedad elevada sea un factor importante para su crecimiento, por lo que se presenta, con mayor frecuencia, en regiones anatómicas, como el conducto auditivo externo y las áreas interdigitales; adicionalmente, se exhibe en superficies de las mucosas oral, anal y vaginal. Se aísla con frecuencia de la piel del mentón, de los labios, dela región interdigital y, con menor frecuencia, de otras áreas, como la axila o la ingle (Scott *et al*. 2002; Girao *et al*. 2006; Greene, 2008).

Tabla 1. Reportes de aislamientos de *M. pachydermatis* en humanos.

Autor	**Año**	**Número de pacientes en el estudio**	**Características de los pacientes**	**Tipo de muestra**	**Técnicas de identificación**	**Aislamientos de *M. pachydermatis***	**Tratamiento**
Somerville	1971	-	Pacientes con enfermedades cutáneas crónicas	Piel	-	16%	-
Romano *et al*.	1978	1	Hombre de 61 años con canaliculitis	Secreción lagrimal	Cultivo y pruebas bioquímicas	1	Nistatina tópica
Gordon	1979	1	Hombre de 67 años con enfermedad granulomatosa crónica	Secreción de herida cutánea y orina	Cultivo y pruebas bioquímicas	1	-
Fine *et al*.	1983	1	Paciente con DM-I en tratamiento con DPAC hospitalizado por pérdida de peso, diarrea y efusión peritoneal turbia	Líquido peritoneal	Cultivo	1	Remoción del catéter peritoneal y hemodiálisis
Guého *et al*.	1987	32	RN con emulsiones lipídicas IV y adultos comprometidos con varios síndromes	Piel, secreción ocular, ótica y vaginal, sangre	Cultivo y pruebas bioquímicas	15 (46,9%)	-
Larocco *et al*.	1988	507	RNPT hospitalizados en UCIN con antibióticos de amplio espectro y emulsiones lipídicas IV por apnea, bradicardia e inestabilidad térmica	LCR, orina, secreción ocular y ótica, sangre, aspirado traqueal, CVP, CVC	Cultivo	8 (1,6%)	Remoción de CVC sin antifúngicos

Continuación Tabla 1.

Mickelsen *et al.*	1988	3	RNPT con bajo peso al nacer hospitalizados en UCIN con emulsiones lipídicas IV por fiebre, letargia, disnea, bradicardia, trombocitopenia y alteraciones en el recuento de leucocitos	Sangre, CVC	Cultivo	3	Remoción de CVC y anfotericina B
		30	Niños hospitalizados en UCIN asintomáticos	Orina, aspirado traqueal, frotis nasal, rectal y vaginal	Cultivo	30	-
Bandhaya	1993	200	Pacientes sanos de 20-30 años	Piel	Cultivo	12 (6%)	-
van Belkum *et al.*	1994	21	RN hospitalizados en UCIN	Muestras clínicas y de incubadoras	PCR *fingerprinting*	14 (66,6%)	-
Welbel *et al.*	1994	5	RNPT hospitalizados en UCIN con emulsiones lipídicas IV	Sangre	Cultivo PCR *fingerprinting*	5	-
Guillot *et al.*	1997	7	-	Sangre, esputo, frotis vaginal	Secuenciación de LSU del ADNr	7	-
Lautenbach *et al.*	1998	1	Hombre de 21 años con LMA y TMO hospitalizado por fiebre, escalofríos, artralgias y disnea con CVC	Sangre, punta de CVC	Cultivo	1	Remoción de CVC y anfotericina B
Chang *et al.*	1998	37	RN con bajo peso al nacer y catéter arterial Enfermera Perros de su propiedad	Sangre, orina, LCR	Cultivo RFLP	37	-
Chryssanthou *et al.*	2001	8	RNPT con bajo peso al nacer hospitalizados en UCIN con emulsiones lipídicas IV	Sangre, aspirado traqueal, secreción ocular y nasal, orina	Cultivo PCR-RAPD	8	Anfotericina B, flucitosina y fluconazol
Bernier *et al.*	2002	102	RN con acné neonatal y sin lesiones y sus madres	Piel	Cultivo y pruebas bioquímicas	0	-
Mestroni *et al.*	2003	81	Pacientes con fungemia: 46 adultos y 35 RNPT	Sangre	Cultivo y pruebas bioquímicas	≤7%	-
Morris *et al.*	2005	250	Humanos y perros de su propiedad tanto saludables como con dermatitis u otitis por *Malassezia*	Piel, secreción ótica	Cultivo	6% propietarios de perros saludables 38,7% propietarios de perros enfermos	-
					PCR anidada	93%	

Continuación Tabla 1.

Rincón *et al.*	2005	37	Pacientes con lesiones dermatológicas y controles sanos	Piel	Cultivo y pruebas bioquímicas	2 (5,4%)	-
Fan *et al.*	2006	2	Mujer saludable con granuloma facial y su perro	Piel, secreción ótica	Cultivo Biopsia	2	Fluconazol oral y crioterapia
Prohic & Kasumagic	2009	40	Pacientes con lesiones dermatológicas y controles sanos	Piel	Cultivo y pruebas bioquímicas	1 (2,5%)	-
Giusiano *et al.*	2010	218	Pacientes con pitiriasis versicolor	Piel	Cultivo PCR-RFLP	1 (0,4%)	-
Sosa *et al.*	2013	141	Pacientes con dermatitis seborreica	Piel	Cultivo PCR-RFLP	1 (0,7%)	-
Kaur *et al.*	2013	45	Pacientes con pitiriasis versicolor y controles sanos	Piel	Cultivo y pruebas bioquímicas	1 (2,2%)	-
Al-Sweih *et al.*	2014	1	RNPT con fungemia	Sangre	Secuenciación del ADNr	1	Resistente a fluconazol, flucitosina y caspofungina; sensible a anfotericina B, voriconazol y posaconazol
Choudhury & Marte	2014	1	Hombre de 69 años en profilaxis con posaconazol para LMA hospitalizado por neutropenia febril	Sangre	Secuenciación de ITS del ADNr MALDI-TOF	1	Anfotericina B
Chen *et al.*	2015	144	RN con septicemia	Sangre	Cultivo	4	Resistentes a fluconazol

DM-I: Diabetes Mellitus tipo I, DPAC: diálisis peritoneal ambulatoria continua, RN: recién nacido, IV: intravenoso, RNPT: recién nacido pretérmino, UCIN: Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal, CVP: catéter venoso periférico, CVC: catéter venoso central, PCR: reacción en cadena de la polimerasa, LSU: subunidad grande, ADNr: ácido desoxirribonucleico ribosomal, LMA: leucemia mieloide aguda, TMO: trasplante de médula ósea, RFLP: polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción, RAPD: amplificación al azar de ADN polimórfico, ITS: espaciador transcrito interno, MALDI-TOF: matriz de tiempo de vuelo de desorción/ionización asistida por láser

Se ha postulado que muchos factores predisponentes permiten que *M. pachydermatis* comensal se vuelva patógena; no obstante, para su multiplicación podrían ser importantes la mayor disponibilidad de nutrientes y factores de crecimiento para las levaduras, como pueden ser las alteraciones hormonales y las seborreas (Scott *et al*. 2002). Un cambio en la inmunidad del huésped, una alteración del microclima o de la fisiología de la piel, puede predisponer a los animales a desarrollar la enfermedad clínica; se puede presentar como una afección dermatológica secundaria, cuando los animales exteriorizan otras dermatosis, tales como alergias, atopia, defectos de la queratinización y endocrinopatías o desórdenes metabólicos, que aumentan la producción de las glándulas sebáceas. La dermatitis primaria causa inflamación y aumento en la producción de sebo, prurito y eritema (Greene, 2008).

El primer reporte de dermatitis generalizada en perros, causada por levaduras del género *Malassezia*, fue obtenido por Dufait (1983). En su trabajo describió 50 casos de caninos con dermatitis por levaduras, los cuales, se diagnosticaron por citología y cultivo. Varios estudios practicados en perros han corroborado que las principales áreas anatómicas afectadas por *M. pachydermatis* son los conductos auditivos y la

zona interdigital y su implicación como agente etiológico de la otitis externa canina y de la dermatitis micotica (Nardoni *et al*. 2007; Pulido *et al*. 2010; De Bona *et al*. 2012; Han *et al*. 2013).

En perros, *M. pachydermatis* ha sido también cultivada de la microflora conjuntival de animales con enfermedad ocular clínica y, en algunos, sin patología oftálmica (Prado *et al*. 2004). Un estudio realizado por Ledbetter & Starr (2015) demostró que la frecuencia de detección de *M. pachydermatis* en microflora conjuntival fue del 23%, en las muestras recolectadas de ojos de perros que tenían úlceras corneales y del 3%, aparentemente normales.

Los reportes de aislamientos en animales domésticos de especies levaduras antropofílicas dependientes de lípidos han sido publicados desde la década pasada y se siguen reportando actualmente; *M. furfur* fue cultivada e identificada por pruebas bioquímicas de muestras de secreciones del conducto auditivo de perros con otitis (Pulido *et al*. 2010; Pulido *et al*. 2015) y de muestras de raspados de piel en caninos (Bokoni *et al*. 2014). Durante estos mismos periodos, se hicieron estudios de aislamientos de especies antropofílicas en otros animales; es así, como fueron aisladas e identificadas, a través de cultivo y pruebas moleculares, las especies *M. sympodialis* y *M. furfur*, en conductos auditivos de bovinos con y sin otitis y en conductos auditivos de cerdos, en los cuales, predominó *M. sympodialis*, que correspondió al 63,65% frente a *M. furfur*, con un 22,7%. Los resultados de estos estudios sugieren que las especies de levaduras lipofílicas se encuentran en un proceso de adaptación a nuevos hospedadores (Duarte & Hamdan, 2008; Nardoni *et al*. 2010).

Resultados de investigaciones adelantadas en la década actual han demostrado, por medio de cultivo y de pruebas moleculares, la presencia de la levadura *M. furfur* en la piel de caninos, tanto en animales, aparentemente sanos, como con dermatitis (Yurayart *et al*. 2011; Cafarchia *et al*. 2011b; Bokoni *et al*. 2014; Pulido *et al*. 2015); sin embargo, nuevos estudios han hallado e identificado, por medio de cultivo y PCR, otras levaduras antropofílicas, como son *M. globosa, M. restricta, M. obtusa* y *M. slooffiae*, en diferentes animales domésticos, como ovejas, caballos, vacas y aves acuáticas, lo cual, supone que el espectro, tanto de huéspedes animales como de especies de levaduras lipofílicas, puede ser aún más amplio (Zia *et al*. 2015; Shokri & Khosravi, 2016). Como

Tabla 2. Reportes de aislamientos de especies de *Malassezia* antropofílicas en animales.

Autor	**Año**	**Número de animales en el estudio**	**Especies de animales**	**Tipo de muestra**	**Técnicas de identificación**	**Aislamientos de *M. pachydermatis***	**Aislamientos de *Malassezia* spp. antropofílicas**	**Comentarios**
Pulido *et al.*	2008	166 muestras	Caninos con otitis	Secreción ótica	Cultivo y pruebas bioquímicas	32,2%	12,4% *M. furfur*	72,8% *Malassezia* spp.
Duarte & Hamdan	2008	8	Bovinos con y sin otitis	Secreción ótica	Cultivo y RAPD	-	9% *M. sympodialis* 14% *M. furfur*	-
Nardoni *et al.*	2007	408	Cerdos	Canal auditivo externo	Cultivo y PCR	88%	63,6% *M. sympodialis* 22,7% *M. furfur*	-
Yurayart *et al.*	2011	57	Caninos: 17 sanos, 20 con dermatitis seborreica primaria y 20 con dermatitis seborreica secundaria	Piel	Cultivo y PCR ADNr	100%	7% *M. furfur*	5,2% de los sanos 1,75% con dermatitis
Cafarchia *et al.*	2011	-	Caninos con lesiones en piel	Piel	Cultivo y caracterización molecular del ITS-1 y LSU	-	*M. furfur*	-

Continuación Tabla 2.

Bokony *et al.*	2014	3	Caninos	Piel	Cultivo	-	*M. furfur*	-
Pulido *et al.*	2015	158 muestras	Caninos	Secreción ótica	Cultivo y test metabólicos	31,1%	12,6% *M. furfur*	62% por citología y 75,3% por cultivo
Zia *et al.*	2015	471	Caballos, vacas, ovejas, aves acuáticas	Piel	Cultivo y PCR	5%	41,25% *M. globosa* 22,5% *M. furfur* 15% *M. restricta* 15% *M. sympodialis* 1,25% *M. slooffiae*	Caballos 15,46% Vacas 12,47% Ovejas 12,38% Aves 26%
Shokri & Khosravi	2016	1011	Perros, gatos, caballos, camellos, vacas, ovejas, ardillas, cabras, conejos	Piel	Cultivo y pruebas bioquímicas	-	*M. obtusa*	-

PCR: reacción en cadena de la polimerasa, LSU: subunidad grande, ADNr: ácido desoxirribonucleico ribosomal, RAPD: amplificación al azar de ADN polimórfico, ITS-1: espaciador transcrito interno 1.

en ninguno de los estudios los autores pudieron afirmar que estas especies lipofílicas de *Malassezia* sean zoonóticas y que se estén transmitiendo de los humanos a los animales, se hace necesario la realización de investigaciones, que busquen dilucidar este interrogante. En la tabla 2, se resumen los estudios que han reportado aislamientos de especies de *Malassezia* antropofílicas en animales.

CONCLUSIÓN

Aunque *M. pachydermatis* se ha considerado, históricamente, como una especie zoofílica, aislada, en principio, de caninos, existen en la literatura médica algunos reportes de la presencia de esta levadura en humanos y se ha empezado a estudiar su capacidad de transmisión zoonótica, mediante herramientas moleculares. Una mayor conciencia del potencial de transmisión de *M. pachydermatis* a pacientes humanos y la aplicación de métodos de tipificación molecular podría conducir al reconocimiento de más casos en el futuro.

Por otra parte, el énfasis renovado de la higiene de manos en los hospitales, como resultado de la emergencia de infecciones nosocomiales con patógenos bacterianos multidrogo-resistentes, debería ayudar a prevenir el desarrollo de infecciones zoonóticas, por *M. pachydermatis*. En las UCIN, donde las infecciones nosocomiales son especialmente frecuentes, las buenas prácticas de lavado de manos, entre los trabajadores de la salud, son fundamentales. Infortunadamente, poco se conoce acerca de los agentes y de las técnicas de lavado de manos que, en efecto, eliminen el estado de portador de levaduras de *Malassezia* en seres humanos.

Diferentes investigadores han reportado la presencia de *M. pachydermatis* en animales domésticos, tanto en animales de compañía como en animales de producción y en aves acuáticas. Esta levadura ha sido aislada de perros y de gatos con piel sana y en aquellos que tienen dermatitis, ya sea causada por defectos de la queratinización, por alergias a alimentos o atopia, en animales con otitis y en animales con endocrinopatías y enfermedades metabólicas, por lo que se puede considerar como una levadura comensal, en algunos animales y en otros, dependiendo de la especie, como una levadura patógena.

Estudios realizados por diferentes investigadores han encontrado, en animales, otras especies del género *Malassezia*, diferentes a *M. pachydermatis,* principalmente, aquellas lípido-dependientes, que afectan al humano, como son *M. furfur, M. sympodialis, M. globosa* y *M. restricta*, lo que apunta a que estas especies han hallado nuevos hospederos y que las patologías relacionadas con estas levaduras, se pueden considerar como enfermedades antropo-zoonóticas, en donde se comparten estos patógenos, entre los humanos y los animales.

Por lo anterior, es importante que en Colombia se realicen investigaciones que busquen la presencia e identificación de estas levaduras, en donde el contacto entre el humano y el animal sea muy cercano, como son los animales domésticos, algunas aves acuáticas y en nuevas especies consideradas como mascotas no convencionales, al igual que en animales que forman parte de colecciones de zoológicos y de centros de rehabilitación de fauna silvestre. Se hace prioritario, entonces, el diseño de estudios, que evalúen el potencial de transmisión zoonótica de las levaduras del género *Malassezia*, que aporten al conocimiento de su ecología y epidemiología y, de esta forma, a la prevención de estas infecciones de interés, en salud humana y animal.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la U.D.C.A, por el apoyo otorgado para la elaboración de este artículo. Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este trabajo fue financiado por Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

BIBLIOGRAFÍA

1. AL-SWEIH, N.; AHMAD, S.; JOSEPH, L.; KHAN, S.; KHAN, Z. 2014. *Malassezia pachydermatis* fungemia in a preterm neonate resistant to fluconazole and flucytosine. Med. Mycol. (Alemania). 5:9-11.

2. ARENDRUP, M.; BOEKHOUT, T.; AKOVA, M.; MEIS, J.; CORNELY, O. 2014. ESCMID and ECMM joint clinical guidelines for the diagnosis and management of rare invasive yeast infections. Clin. Microbiol Infect. (Israel). 20(3):76-98.

3. BANDHAYA, M. 1993. The distribution of *Malassezia furfur* and *Malassezia pachydermatis* on normal human skin. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health. (Tailandia). 24(2):343-346.

4. BERNIER, V.; WEILL, F.; HIRIGOYEN, V.; ELLEAU, C.; FEYLER, A. 2002. Skin colonization by *Malassezia* species in neonates: a prospective study and relationship with neonatal cephalic pustulosis. Arch Dermatol. (Alemania).138(2):215-218.

5. BOKONY, B.; BALINT, E.; SZABO, N.; HEGEDUS, G.T. 2014. Isolation of *Malassezia furfur* from canine skin scrapings. Magyar Allatorvosok Lapja. (Hungría). 136(1):41-44.

6. BOND, R. 2010. Superficial veterinary mycoses. Clin Dermatol. (EUA). 28:226-236.

7. BOND, R.; GUILLOT, J.; CABAÑES, F. 2010. *Malassezia* yeasts in animal disease. En: Boekhout, T.; Guého, E.; Mayser, P.; Velegraki, A. (eds). *Malassezia* and the skin. Ed. Springer-Verlag (Alemania). p.291-292.

8. CABAÑES, F.; HERNÁNDEZ, J.; CASTELLÁ, G. 2005. Molecular analysis of *Malassezia sympodialis*-related strains from domestic animals. J. Clin. Microbiol. (EUA). 43(1):277-283.

9. CABAÑES, F. 2008. Micosis y zoonosis: *Cryptococcus* spp. Rev. Iberoam. Micol. (España). 25:S1-S3.

10. CAFARCHIA, C.; GASSER, R.; LATROFA, M.; PARISI, A.; CAMPBELL, B. 2008. Genetic variants of *Malassezia pachydermatis* from canine skin: body distribution and phospholipase activity. FEMS Yeast Res. (Suecia). 8:451-459.

11. CAFARCHIA, C.; GASSER, R.; FIGUEREDO, L.; LATROFA, M.; OTRANTO, D. 2011a. Advances in the identification of *Malassezia*. Mol. Cell. Probes. (Alemania).25(1):1-7.

12. CAFARCHIA, C.; LATROFA, M.; FIGUEREDO, L.; DA SILVA, M.; FERREIRO L. 2011b. Physiological and molecular characterization of atypical lipid-dependent *Malassezia* yeasts from a dog with skin lesions: adaptation to a new host? Med Mycol. (EUA). 49:365-374.

13. CANNON, R.; LAMPING, E.; HOLMES, A.; NIIMI, K.; BARET, P. 2009. Efflux-mediated antifungal drug resistance. Clin Microbiol Rev. (EUA). 22(2):291-321.

14. CASTELLÁ, G.; ABARCA, M.; CABAÑES, F. 2008. Criptococosis y animales de compañía. Rev. Iberoam. Micol. (España). 25:S19-S24.

15. CHANG, H.; MILLER, H.; WATKINS, N.; ARDUINO, M.; ASHFORD, D. 1998. An epidemic of *Malassezia pachydermatis* in an intensive care nursery associated

with colonization of health care workers' pet dogs. N. Eng. J. Med. 338(11):706-711.

16. CHEN, I.; CHIU, N.; CHI, H.; HSU, C.; CHANG, J. 2015. Changing of bloodstream infections in a medical center neonatal intensive care unit. J. Microbiol. Immunol. Infect. (Taiwan). Epub ahead of print. doi: 10.1016/j.jmii.2015.08.023.

17. CHITTY, J.; HENDRICKS, A. 2007. Zoonotic skin disease in small animals. In Practice. (Inglaterra). 29:92-97.

18. CHOUDHURY, S.; MARTE, R. 2014. *Malassezia pachydermatis* fungaemia in an adult on posaconazole prophylaxis for acute myeloid leukaemia. Pathology (Australia). 46(5):450-472.

19. CHRYSSANTHOU, E.; BROBERGER, U.; PETRINI, B. 2001. *Malassezia pachydermatis* fungaemia in a neonatal intensive care unit. Acta Paediatr. (Suecia). 90:323-327.

20. DE BONA, E.; TELESCA, S.; FUENTEFRIA, A. 2012. Occurrence and identification of yeast in dog´s external ear with and without otitis. Rev MVZ Cordoba. (Colombia). 17(2):3059-3064.

21. DUARTE, E.; HAMDAN, J. 2008. Molecular characterization of *Malassezia sympodialis* and *Malassezia furfur* from cattle whit and without otitis. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 60(4):779-785.

22. DUFAIT, R. 1983. *Pityrosporum canis* as the cause of canine chronic dermatitis. Veterinary Medicine and Small Animal Clinician. (EUA). 78:1055-1057.

23. FAN, Y.; HUANG, W.; LI, S.; WU, G.; LAI, K. 2006. Granulomatous skin infection caused by *Malassezia pachydermatis* in a dog owner. AMA Arch. Derm. (EUA). 142:1181-1184.

24. FERREIRA, R.; GAMBALE, W.; GARCIA, R.; DA SILVA, L.; DURIGON, E. 2008. *Malassezia* spp. in acoustic meatus of bats *(Molossus molossus)* of the Amazon region, Brazil. Mycopathologia. (EUA). 165:21-26.

25. FINE, R.; SALUSKY, I.; HALL, T.; LUCULLO, L.; JORDAN, S. 1983. Peritonitis in children undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. Pediatrics. (EUA). 71(5):806-809.

26. GAITANIS, G.; MAGIATIS, P.; HANTSCHKE, M.; BASSUKAS, I.; VELEGRAKI, A. 2012. The *Malassezia* genus in skin and systemic diseases. Clin Microbiol Rev. (EUA). 25(1):106-141.

27. GIRAO, M.; PRADO, M.; BRIHANTE, R.; CORDEIRO, R.; MONTEIRO, A. 2006. *Malassezia pachydermatis* isolated from normal and disease external ear canal in dogs: a comparative analysis. Vet J. (Brasil). 172(3):544-548.

28. GIUSIANO, G.; SOSA, M.; ROJAS, F.; VANACORE, S.; MANGIATERRA, M. 2010. Prevalence of *Malassezia* species in pityriasis versicolor lesions in northeast Argentina. Rev Iberoam Micol. (España). 27(2):71-74.

29. GORDON, M. 1979. *Malassezia pityrosporum pachydermatis* (Weidman) Dodge 1935. Sabouraudia. (EUA). 17(3):305-309.

30. GREENE, C. 2008. Enfermedades infecciosas del perro y el gato. 3ra Ed. Editorial Inter-Médica. Buenos Aires (Argentina). p.623-627.

31. GUÉHO, E.; SIMMONS, R.; PRUITT, W.; MEYER, S.; AHEARN, D. 1987: Association of *Malassezia pachydermatis* with systemic infections of humans. J. Clin. Microbiol. (EUA). 25(9):1789-1790.

32. GUILLOT, J.; GUÉHO, E.; CHÉVRIER, G.; CHERMETTE, R. 1997. Epidemiological analysis of *Malassezia pachydermatis* isolates by partial sequencing of the large subunit ribosomal RNA. Res Vet Sci. (Italia). 62:22-25.

33. GUILLOT, J.; BOND, R. 1999. *Malassezia pachydermatis:* a review. Med Mycol. (EUA). 37(5):295-306.

34. HAN, S.; CHUNG, T.; NAM, E.; PARK, S.; HWANG, C. 2013. Molecular analysis of *Malassezia pachydermatis* isolated from canine skin and ear in Korea. Med. Mycol. (EUA). 51(4):396-404.

35. HUBÁLEK, Z. 2003. Emerging human infectious diseases: anthroponoses, zoonoses and sapronoses. Emerg. Infect. Dis. (EUA). 9(3):403-404.

36. KAUR, M.; NARANG, T.; BALA, M.; GUPTE, S.; AGGARWAL, P. 2013. Study of the distribution of *Malassezia* species in patients with pityriasis versicolor and healthy individuals in Tertiary Care Hospital, Punjab. Indian J. Med. Microbiol. 31:270-274.

37. LAROCCO, M.; DORENBAUM, A.; ROBINSON, A.; PICKERING, L. 1988. Recovery of *Malassezia pachydermatis* from eight infants in a neonatal intensive care

nursery: clinical and laboratory features. Pediatr. Infect. Dis J. (EUA). 7(6):398-401.

38. LAUTENBACH, E.; NACHAMKIN, I.; SCHUSTER, M. 1998. *Malassezia pachydermatis* infections. N. Eng. J. Med. 339(4):266-273.

39. LEDBETTER, E.; STARR, J. 2015. *Malassezia pachydermatis* keratomycosis in a dog. Med. Mycol. (EUA). 10:24-26.

40. LEFEBVRE, S.; WALTNER, D.; PEREGRINE, A.; REID, R.; HODGE, L. 2006. Prevalence of zoonotic agents in dogs visiting hospitalized people in Ontario: implications for infection control. J. Hosp Infect. (Inglaterra). 62:458-466.

41. MANI, I.; MAGUIRE, J. 2009. Small animal zoonoses and immunocompromised pet owners. Top Companion Anim. Med. (EUA). 24(4):164-174.

42. MARCON, M.; POWELL, D. 1992. Human infections due to *Malassezia* spp. Clin. Microbiol. Rev. (EUA). 5(2):101-119.

43. MARCUS, L.; MARCUS, E. 1998. Nosocomial zoonoses. N. Engl. J. Med. 338(11):756-759.

44. MESTRONI, S.; VERNA, J.; SMOLKIN, A.; BAVA, A. 2003. Etiological factors of fungemia in the Hospital San Martín in La Plata. Rev. Argent. Microbiol. 35(2):106-109.

45. MICKELSEN, P.; VIANO, M.; STEVENS, D.; DIAZ, P. 1988. Clinical and microbiological features of infection with *Malassezia pachydermatis* in high-risk infants. J. Infect. Dis. (EUA).157(6):1163-1168.

46. MORRIS, D.; O'SHEA, K.; SHOFER, F.; RANKIN, S. 2005. *Malassezia pachydermatis* carriage in dog owners. Emerg. Infect. Dis. (EUA). 11(1):83-88.

47. NARDONI, S.; DINI, M.; TACCINI, F.; MANCIANTI, F. 2007. Occurrence, distribution and population size of *Malassezia pachydermatis* on skin and mucosae of atopic dog. Vet. Microbiol. (Australia). 122(1-2):172-177.

48. NARDONI, S.; MERILDI, V.; FRANGIONI, S.; ARITI, G.; VERIN, R.; VANNUCCI, P.; MANCIANTI, F. 2010. Isolation and characterization of *Malassezia* spp. In healthy swine of different breeds. Veterinary Microbiology. (Italia). 14: 155-158.

49. NENOFF, P.; HANDRICK, W.; KRÜGER, C.; VISSIENNON, T.; WICHMANN, K. 2012. Dermatomycoses due to pets and farm animals: neglected infections? Hautarzt. (Alemania). 63(11):848-858.

50. PACHECO, A. 2003. Mascotas en los hogares: enfermedades de los niños adquiridas por convivencia con animales. Enf. Infec. y Micro. (España). 23(4):137-148.

51. PERALAM, P.; SRIPATHI, H.; BAIRY, I.; LONIKAR, V.; RAO, R. 2009. Zoonotic sporotrichosis of lymphocutaneous type in a man acquired from a domesticated feline source: report of a first case in southern Karnataka, India. Int. J. Dermatol. (EUA). 48:1198-1200.

52. PRADO, M.; BRITO, E.; GIRÃO, M.; MONTEIRO, A.; SIDRIM, J. 2004. Higher incidence of *Malassezia pachydermatis* in the eyes of dogs with corneal ulcer than in healthy dogs. Vet Microbiol. (Australia). 100(20):115-120.

53. PROHIC, A.; KASUMAGIC, E. 2009. Identification of *Malassezia pachydermatis* from healthy and diseased human skin. Med. Arch. (Bosnia y Herzegovina). 63(6):317-319.

54. PROHIC, A.; JOVOVIC, T.; KRUPALIJA, M.; KUSKUNOVIC, S. 2016. *Malassezia* species in healthy skin and in dermatological conditions. Int. J. Dermatol. (USA). 55:494-504.

55. PULIDO, A.; CASTAÑEDA, R.; LINARES, M.; MERCADO, M. 2008. Clinical–microbiological diagnostic of external otitis in canines in Bogotá, Colombia. Rev. MVZ Córdoba. (Colombia). 15(3):2215-2222.

56. PULIDO, A.; CASTAÑEDA, R.; LINARES, M.; MERCADO, M. 2015. Concordance between otic cytology and culture in diagnosis of external otitis canine by *Malassezia* spp. Rev. MVZ Córdoba. (Colombia). 20(3):4720-4724.

57. RINCÓN, S.; CELIS, A.; SOPÓ, L.; MOTTA, A.; CEPERO, M. 2005. *Malassezia* yeast species isolated from patients with dermatologic lesions. Biomédica. (Colombia). 25:189-195.

58. ROMANO, A.; SEGAL, E.; BLUMENTHAL, M. 1978. Canaliculitis with isolation of *Pityrosporum pachydermatis*. Br. J. Ophthalmol. 62:732-734.

59. SCOTT, D.; MILLER, W.; GRIFFIN, C. 2002. Dermatología en pequeños animales. 6ta edición. Editorial Inter-Médica. (Argentina). 380-393.

60. SHOKRI, H.; KHOSRAVI, A. 2016. An epidemiological study of animal dermatomycosis in Iran. J. Mycol Med. (Iran). (2):170-177.

61. SEYEDMOUSAVI, S.; GUILLOT, J.; TOLOOE, A.; VERWEIJ, P.; DE HOOG, G. 2015. Neglected fungal zoonoses: hidden threats to man and animals. Clin Microbiol Infect. (Israel). 21(5):416-425.

62. SOMERVILLE, D. 1971. Colonisation by *Pityrosporum pachydermatis*. Lancet. (Inglaterra). 17(1):799.

63. SOSA, M.; ROJAS, F.; MANGIATERRA, M.; GIUSIANO, G. 2013. Prevalencia de especies de *Malassezia* asociadas a lesiones de dermatitis seborreica en pacientes de Argentina. Rev. Iberoam. Micol. (España). 30(4):239-242.

64. VAN BELKUM, A.; BOEKHOUT, T.; BOSBOOM, R. 1994. Monitoring spread of *Malassezia* infections in a neonatal intensive care unit by PCR-mediated genetic typing. J. Clin. Microbiol. (EUA). 32(10):2528-2532.

65. WELBEL, S.; MCNEIL, M.; PRAMANIK, A.; SILBERMAN, R.; OBERLE, A. 1994. Nosocomial *Malassezia pachydermatis* blood-stream infections in a neonatal intensive care unit. Pediatr. Infect. Dis. J. (EUA).13(2):104-108.

66. WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1967. Joint WHO/FAO expert committee on zoonoses, 3rd report. WHO Technical Report Series. (Italia). 378.

67. YURAYART, C.; CHINDAMPORN, A.; SURADHAT, S.; TUMMARUK, P.; KAJIWARA, S. 2011. Comparative analysis of the frequency, distribution and population sizes of yeasts associated with canine seborrheic dermatitis and healthy skin. Vet. Microbiol. (Australia). 148(2-4):356-362.

68. ZIA, M.; MIRHENDI, H.; TOGHYANI, M. 2015. Detection and identification of *Malassezia* species in domestic animal and acuatic birds by PCR–RFLP. Iran J. Vet. Res. 16(1):36-41.

Recibido: Octubre 13 de 2016
Aceptado: Diciembre 1 de 2016

Cómo citar:

Galvis Marín, J.C.; Borda Rojas, F. 2016. Infecciones zoonóticas causadas por levaduras del género *Malassezia*: una revisión. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 381-393.

ESTABILIDAD DE CHICHEME PROCEDENTE DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA COLOMBIA

STABILITY OF CHICHEME FROM THE DEPARTMENT OF CORDOBA (COLOMBIA)

Diofanor Acevedo[1], Yenis Pastrana[2], Alba Durango[3]

[1] Ingeniero de Alimentos, Ph.D. Ingeniería de Alimentos. Universidad de Cartagena, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA), Avenida El Consulado, Calle 30 No, 48-152, Cartagena, Bolívar Colombia, e-mail: dacevedoc@unicartagena.edu.co; [2] Ingeniera de Alimentos, M.Sc. en Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Alimentos, km 12 vía Cereté Ciénaga de Oro sede de Berástegui, Córdoba, e-mail: yipastrana@correo.unicordoba.edu.co; [3] Bacteriologa, Ph.D. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Alimentos, km 12 vía Cereté Ciénaga de Oro sede de Berástegui, Córdoba, e-mail: adurango@correo.unicordoba.edu.co.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 395-402, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Los productos autóctonos, se consideran exóticos por sus materias primas y técnicas particulares de producción y para hacerlos más competitivos en el mercado nacional e internacional, se deben encontrar estrategias de conservación, que prolonguen su vida útil. El propósito de esta investigación fue evaluar la estabilidad química, microbiológica y sensorial del chicheme, elaborado tradicionalmente en el municipio de Ciénaga de Oro, Córdoba Colombia. Se preparó el chicheme con la adición de *Syzygium aromaticum* (clavo) y *Cinnamomum verum* (canela), en concentraciones de 730ppm, para el tratamiento T1; 1460ppm, para T2 y 2190ppm, para T3 comparada con un control. También, se efectuó un análisis químico, como pH, acidez y °Brix; además, se realizó un recuento de psicrotróficos, coliformes totales y fecales, bacterias *ácido lácticas*, *Bacilluscereus*, *Staphylococcus aureus* y mohos y levadura. El producto fue envasado en frascos de plástico PET y vidrio de 500mL y almacenados a 4°C, durante 7 días. Los resultados, se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS Windows Versión 8. El chicheme adicionado con la concentración más alta de canela y clavo y en envases de vidrio, logró un mayor tiempo de almacenamiento y un menor recuento de mohos y de levaduras. Por el contrario, la bebida colocada en envases de plástico tuvo mayor conteo de microorganismos, debido a que el PET es más poroso que el vidrio.

Palabras clave: Conservantes naturales, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*.

SUMMARY

Local products are considered exotic due to their ingredients and the particular production technics; to make them more competitive in the national and international market, conservation strategies that prolong its shelf life must be found. The purpose of this research was to evaluate the chemical, microbiological and sensory stability of "chicheme" prepared traditionally in the municipality of Cienaga del Oro, Cordoba, Colombia. Chicheme was elaborated with the addition of clove *Syzygium aromaticum* and cinnamon *Cinnamomum verum*in at concentrations of 730ppm for treatment T1, 1460ppm for T2 and for2190ppm T3 compared with a control. Furthermore, a chemical analysis was performed, determining pH, acidity and °Brix; also a recount of psicrotrofics, total and fecal coliforms, acidic lactic bacteria, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus,* molds and yeast was carried out. The product was kept in both plastic, PET, and glass jars of 500mL capacity and stored at 4°C for 7 days. The results were subjected to a variance analysis and a Tukey comparison test using the statistical package SAS Windows Version 8. Chicheme added with the highest concentration of cinnamon and cloves and stored in glass containers, showed a longer storage time and a lower count of molds and yeasts. On the other hand, the product placed in plastic containers presented a greater count of microorganisms, probably because PET is more porous than glass.

Keywords: Natural preservatives, *Syzygium aromaticum, Cinnamomum verum*.

INTRODUCCIÓN

El chicheme es una bebida láctea pasterizada y se clasifica según su contenido de materia grasa total. Para su preparación, primero se calcula la cantidad de agua empleada; seguido, se adiciona una mezcla de canela y clavo de olor; inmediatamente, se le agrega el maíz y se lleva a cocción por ebullición, con el 80% del contenido de agua en un recipiente metálico hasta ablandar el cereal, aproximadamente, durante 65min; luego, se licua el resto del agua con la leche en polvo y se adiciona el azúcar y el cloruro de sodio; al instante, se realiza una segunda cocción con todos los ingredientes anteriores hasta ebullición, con agitación constante; más tarde, se somete a enfriamiento, a temperaturas de 20-25°C y se envasa en recipientes de plástico de polipropileno. Esta bebida, actualmente, ha presentado problemas de salud en la población de consumo, debido a que se somete a un proceso térmico inadecuado y envasado inapropiado.

Los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos son de extrema importancia para la salud pública (Toyofuku, 2014; Rocourt, 2014; Shan *et al.* 2014; Young *et al.* 2014). Debido a esto, se presenta la necesidad de acoger nuevas metodologías en higiene y seguridad, para reducir o eliminar agentes patógenos en los alimentos, que afecten la salud de los consumidores y disminuyan la calidad de los mismos (Nsoesie *et al.* 2014; Kim *et al.* 2015). Una metodología eficaz consiste en la aplicación de especias naturales en alimentos, como conservantes, como es el caso de las propiedades antimicrobianas del propóleos (Alzate *et al.* 2011; Rodríguez, 2011; Vargas *et al.* 2013). Investigaciones realizadas por Mirzoeva *et al.* (1997) reportaron que algunos de los compuestos en los propóleos, como la quercetina y la narangenina, provocan un incremento en la permeabilidad, reduciendo el potencial de la membrana bacteriana, lo que conduce a disminuir la resistencia de las bacterias frente a agentes antimicrobianos. Existen investigaciones con pimienta negra, anís, nuez moscada, canela y clavo de olor, entre otros, siendo los dos últimos, los más empleados en diferentes bebidas, como el chicheme y la avena Sinuana (Pastrana *et al.* 2015); sin embargo, su utilización comercial es mínima (Arora & Kaur, 1999).

Existen numerosos compuestos en los aceites esenciales (AE) de especias y de plantas aromáticas, entre los que se encuentran fenoles, terpenoides y aldehídos, capaces de controlar el desarrollo de algunos microorganismos (Acevedo *et al.* 2013a; 2013b). El clavo (*Syzygium aromaticum*) y la canela (*Cinnamomum verum*) usados en la industria de alimentos por su aroma y sabor atractivo, contienen aldehído cinámico y eugenol, compuestos estudiados por sus propiedades antimicrobianas (Gende *et al.* 2010).

El aceite esencial de clavo tiene un efecto control sobre la microbiota nativa y sobre los microorganismos patógenos, tales como *E. coli* O157: H7 (Goñi *et al.* 2016). Los principales constituyentes de aroma de *Syzygium aromaticum* fueron eugenol y acetato de eugenilo, donde el eugenol tiene actividad antifúngica. Aceites esenciales han sido analizados, encontrando cerca de 18 compuestos; estos componentes del clavo de olor, se han probado para propiedades antioxidantes en el ensayo de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Poco se sabe sobre el grado en que los aceites esenciales de especias pueden contribuir a la actividad antioxidante, aunque han sido ampliamente analizados para su uso en la medicina, propiedades culinarias y como antimicrobianos (Özcan & Arslan, 2011). La capacidad antioxidante puede estar relacionado con la presencia de carvacrol, timol y eugenol, en los aceites esenciales; sin embargo, se necesitan más investigaciones sobre la determinación de la correlación entre la capacidad antioxidante y la composición química de los aceites esenciales.

La presencia de compuestos fenólicos y volátiles en aceite esencial de canela proporcionan el sabor y el aroma de esta especie; tales características han llevado a su amplia aplicación en la industria de alimentos. Las actividades biológicas de sus principales compuestos, como el cinamaldehído, el linalor y el alcanfor permiten su aplicación en alimentos, por su poder antioxidante, bactericida y antifúngico (Cardoso-Ugarte *et al.* 2016).

Los productos autóctonos del Caribe colombiano se consideran exóticos, por sus materias primas y técnicas particulares de producción y para hacerlos más competitivos en el mercado nacional e internacional, se deben encontrar diversas estrategias de conservación, puesto que, en la actualidad, no se utiliza ninguna clase de conservantes en la elaboración de estos productos, propios de la región.

Aparte que se desconocen las propiedades conservantes de estos compuestos, también se comercializan en envases inadecuados, sin mantener la cadena de frío del alimento, para evitar que sufra alteraciones microbianas, conduciendo a la fermentación y afectando su vida útil. Esta investigación tuvo como finalidad evaluar la estabilidad química, microbiológica y sensorial del chicheme, una bebida autóctona del departamento de Córdoba, Colombia, con la adición de clavo *Syzygium aromaticum* y canela *Cinnamomum verum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso de elaboración de chicheme. En la tabla 1, se muestra la formulación para la preparación de chicheme, que se elaboró en los Laboratorios de la Universidad de Córdoba, teniendo en cuenta el proceso de elaboración por las famiempresas del Municipio de Ciénega de Oro, Magdalena.

En primer lugar, se determinó la cantidad de agua, como base de cálculo para la elaboración de la bebida; se realizaron tres formulaciones con adición de clavo y de canela y un control sin adición; todos los tratamientos se llevaron a cabo por triplicado. Luego, se pesaron los insumos y se adicionó una mezcla de clavo y de canela, en proporciones de730ppm, al tratamientoT1; 1460ppm, alT2 y 2190ppm, al T3. Posteriormente, se llevó a cocción las especias y el maíz trillado durante 65min, en un recipiente de metal, hasta producir el ablandamiento del maíz, con agitación constante, previniendo la formación de partículas aglomeradas; después, se licuó la leche en polvo, el agua, el azúcar y el cloruro de sodio. Este tipo de leche se seleccionó, debido a que es el que se utiliza en la bebida tradicional de Ciénega de Oro, Magdalena, además le aporta al producto final un sabor y aroma agradable. Más tarde, se mezclaron las dos preparaciones y se realizó una segunda cocción, hasta ebullición con agitación; una vez terminado el proceso, se enfrío, hasta llegar a temperaturas de 20 a 25°C; finalmente, se envasaron 10 bebidas por cada tratamiento y se depositaron en envases de plástico y de vidrio con tapa estriada a rosca de 500mL de capacidad; al final, las muestras fueron almacenadas a 4°C, durante siete días.

Análisis químicos. Se realizaron análisis químicos, como pH, mediante método potenciométrico, según AOAC 981.12/90 y acidez por titulación, según AOAC 942.15/90 adaptado. La medida de pH es muy útil para medir la acidez o la basicidad de la bebida, garantizando que el producto final se encuentre exento de microorganismos; además, el pH influye de forma directa en el control aplicado, para evitar la activación de bacterias, debido a que es importante en la conservación de alimentos; asimismo, se analizaron los °Brix por método refractométrico, según AOAC 932.12/90. En general, estos análisis son importantes practicarlos, debido a que son pruebas de control de calidad.

Análisis microbiológico. Durante el tiempo de almacenamiento, se realizaron conteos microbiológicos, estudiados a los 0, 4, 7, 12 y 15 días de almacenamiento, por triplicado de: psicotróficos, bacterias ácido lácticas BAL, mohos y levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, de acuerdo a la metodología propuesta por las Normas Técnicas Colombianas, NTC 2160 de 2006, NTC 4458 de 2007 y NTC 4779 de 2007.

Análisis sensorial. Se realizaron pruebas sensoriales, como sabor, color, olor e impresión global (IG); las muestras denominadas blanco y los tratamientos 1, 2 y 3 fueron sometidas a una prueba de aceptación-preferencia, mediante una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representa la apreciación "Me disgusta extremadamente y 9 "Me gusta extremadamente"; la prueba se practicó con 30 panelistas sin experiencia, que consumen estos productos regularmente. Las bebidas fueron evaluadas durante los 0, 4, 7 y 15 días de almacenamiento. El lugar donde se practicaron las muestras cumple los requisitos requeridos por la ISO 8589 de 1988, en relación a cabinas individuales de color blanco, al igual que las paredes y muebles, lugar libre de ruidos, de olores extraños y distracciones, temperatura alrededor de 20°C, iluminación con tubos fluorescentes en las cabinas y techos, entre otras.

Análisis estadístico. A los datos fisicoquímicos y sensoriales que se obtuvieron de las formulaciones realizadas por triplicado, se les aplicó un diseño experimental en parcelas subdivididas, donde se designó a la parcela, el día; la parcela dividida, los empaques y la parcela subdividida, los porcentajes de las concentraciones de clavo de olor y canela. Los resultados, se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de Tukey, a un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico SAS Windows Versión 8. Los análisis microbiológicos, se analizaron mediante estadística descriptiva.

Tabla 1. Formulación para chicheme, porcentaje (%p/v).

Materia prima	Control	T1	T2	T3
Agua	61,99	61,92	61,84	61,77
Leche en polvo	11	11	11	11
Maíz trillado	15	15	15	15
Azúcar	12	12	12	12
Clavo y Canela %v/v	0	0,073	0,146	0,219
Sal	0,01	0,01	0,01	0,01

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químicos. La tabla 2 muestra las características químicas de los diversos tratamientos para la bebida chicheme, envasada en empaques de plástico y vidrio, durante siete días de almacenamiento refrigerado. También, se observa la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS), realizada para notar diferencias entre las medias del pH, acidez y °Brix, con respecto al tipo de envase. Al analizar las variables químicas, haciendo énfasis en el tipo de envasado, se evidenció que el pH de la muestra control en el día 4 y 7 no mostraron diferencias significativas en el envase de plástico y vidrio; sin embargo, el tratamiento 1 solamente tuvo diferencias en el día 0. Por su parte, el tratamiento 2 mostró diferencias durante todos los días analizados en el envase de plástico en relación al de vidrio. El valor del pH, se articula con la actividad metabólica de las bacterias y puede favorecer un determinado grupo en relación con el otro y ello puede ser explicado, debido a que el tratamiento 2 aportó un 33% más de la mezcla de clavo y de canela, además el contenido de azúcar influye considerablemente, puesto que provoca una saturación de las enzimas que degradan el sustrato y, por consiguiente, no existe fermentación (Gandy *et al.* 2008).

Investigaciones realizadas por García & Pacheco-Delahaye (2010) sobre la evaluación de una bebida láctea instantánea a base de harina de arracacha, reportaron que durante el almacenamiento, a temperatura ambiente, la bebida no tuvo variación del contenido de humedad (3,30-3,31%) y de pH (6,6). Púa *et al*. (2011) reportaron valores similares en cuanto al pH (6,6), pero mayor acidez (1,11%); este pH guarda relación con el inicial de la leche, el cual, es un buen indicador de la estabilidad del producto, además, la acidez hace relación al contenido de ácido láctico, presente en la bebida. Por su parte, Miranda *et al*. (2014) reportaron valores de pH mayores a estos estudios de 4,36 y acidez de 0,63, para una bebida láctea, envasada en empaque de vidrio.

Haciendo énfasis en la acidez, la muestra control y T1 no reportaron diferencias estadísticas durante todos los días analizados; no obstante, el tratamiento 3 a los días 0 y 4 mostraron ser diferentes. Se puede establecer que la acidez es inversamente proporcional al pH, observándose que aumenta significativamente durante el almacenamiento refrigerado. Este hecho puede ser explicado por el desdoblamiento de la lactosa en ácido láctico, por acción de las bacterias lácticas o por la actividad de β-galactosidasa, que conservan su actividad, a temperaturas de 0-5°C y como resultado de la acumulación de ácido acético, acetaldehído, ácido fórmico y ácido láctico (Oberman & Libudzisz, 1988).

También, investigadores como Londoño *et al*. (2008), han afirmado que la acidez de una bebida láctea durante el almacenamiento puede ocurrir, debido a la producción de peróxi-

Tabla 2. Características químicas de los tratamientos de chicheme.

Control

Parámetros	Días	Plástico	Vidrio
pH	0	6,38±0,75[a]	6,70±0,05[b]
	4	6,35±0,27[a]	6,35±0,67[a]
	7	6,31±0,67[a]	6,34±0,31[a]
Acidez	0	0,37±0,22[a]	0,27±0,23[b]
	4	0,38±0,12[a]	0,29±0,63[b]
	7	0,43±0,27[a]	0,33±0,43[b]
°Brix	0	13,92±0,78[a]	14,87±0,19[b]
	4	12,85±0,36[a]	14,77±0,53[b]
	7	12,34±0,43[a]	14,62±0,76[b]

T1

Parámetros	Días	Plástico	Vidrio
pH	0	6,48±0,17[a]	6,56±0,09[b]
	4	6,47±0,12[a]	6,56±0,65[a]
	7	6,45±0,16[a]	6,55±0,32[a]
Acidez	0	0,33±0,21[a]	0,26±0,03[b]
	4	0,35±0,15[a]	0,26±0,05[b]
	7	0,35±0,13[a]	0,27±0,13[b]
°Brix	0	14,43±0,43[a]	15,54±0,33[b]
	4	14,38±0,18[a]	14,52±0,08[b]
	7	13,35±0,78[a]	14,49±0,25[b]

T2

Parámetros	Días	Plástico	Vidrio
pH	0	6,56±0,13[a]	6,67±0,11[b]
	4	6,52±0,13[a]	6,65±0,16[b]
	7	6,49±0,19[a]	6,63±0,28[b]
Acidez	0	0,20±0,32[a]	0,20±0,07[a]
	4	0,26±0,32[b]	0,21±0,15[b]
	7	0,26±0,09[a]	0,25±0,19[a]
°Brix	0	16,03±0,27[a]	16,84±0,25[b]
	4	15,98±0,88[a]	16,78±0,06[b]
	7	15,59±0,75[a]	15,76±0,13[a]

T3

Parámetros	Días	Plástico	Vidrio
pH	0	6,58±0,25[a]	6,70±0,05[a]
	4	6,53±0,45[a]	6,68±0,32[b]
	7	6,47±0,17[a]	6,65±0,24[b]
Acidez	0	0,19±0,07[a]	0,19±0,12[b]
	4	0,19±0,12[a]	0,19±0,31[a]
	7	0,23±0,14[a]	0,20±0,09[b]
°Brix	0	17,62±0,16[a]	17,03±0,35[b]
	4	17,58±0,68[a]	17,98±0,76[a]
	7	16,55±0,72[a]	17,85±0,15[b]

do de hidrógeno, por algunos *Lactobacillus*, la composición del producto y el antagonismo entre microorganismos, por la producción de sustancias antimicrobianas. Además, el ácido láctico producido durante la fermentación contribuye a la desestabilización de la caseína, provocando la coagulación en el punto isoeléctrico (pH 4.6 a 4.7) (Demazzi *et al*. 2016).

Con respecto a los sólidos solubles, el tratamiento 1 y control mostraron diferencias con respecto al envase; sin embargo, la muestra T2 y T3 no tuvo diferencias estadísticas a los 7 y 4 días, respectivamente. Esta diferencia, se explica por la gran cantidad de azúcares fermentables que se encuentran en el maíz, sumados a la adición de azúcar, como sustrato para la fermentación, los cuales, llevan a la disminución de los sólidos solubles, de acuerdo a Spreer (1991); del mismo modo, se puede atribuir a la degradación de compuestos fenólicos con actividad antioxidante o a la proteólisis de la leche y los ácidos orgánicos (Sánchez *et al*. 2013).

Análisis microbiológico. En la tabla 3, se reportan los recuentos de UFC/mL de psicrótrofos, coliformes totales, coliformes fecales, hongos y levaduras, BAL, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*, para cada una de las formulaciones en envases de plástico y vidrio.

En el día 0 todas las muestras estaban dentro de los parámetros microbiológicos permitidos, de acuerdo a la NTC 5246 de 2004. Se observa que el día 7, el recuento de mohos y de levaduras para los tratamientos correspondientes a envase de vidrio y plástico, para las formulaciones T1 y T2, se encontraban por encima de los parámetros recomendados por la norma; además, se evidencia que el tratamiento que reportó una vida útil superior fue el envase de vidrio, con la concentración más alta de canela y de clavo.

Se puede evidenciar, que los mohos y las levaduras durante los cuatro días iníciales y en las formulaciones T1, T2 y T3 no tuvieron efecto inhibitorio sobre estos hongos; sin embargo, la formulación T3, en el día 7, reportó un 75% de recuento, menos que T2. Las levaduras y BAL constituyen agentes potenciales de biocontrol de crecimiento de hongos, debido a su capacidad de crecer y de sobrevivir en productos ali-

Tabla 3. Resultados microbiológicos de vida útil para chicheme. Emp: Empaque, T: Tratamientos, P: Psicrotróficos, CT: Coliformes totales, CF: Coliformes fecales, M y L: Mohos y Levaduras, V: Vidrio, P: Plástico, F: Formulaciones; C: control.

Día	Emp	T	P	CT	CF	M y L	BAL	*B. cereus*	*S. aureus*
0	V	C	280	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	V	T1	15	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	V	T2	200	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	V	T3	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	P	T1	500	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	P	T2	200	<3	<3	<100	<10	<10	<100
0	P	T3	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	V	C	490	<3	<3	180	<10	<10	<100
4	V	T1	5	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	V	T2	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	V	T3	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	P	T1	20	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	P	T2	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
4	P	T3	<10	<3	<3	<100	<10	<10	<100
7	V	T1	<10	<3	<3	1100	<10	<10	<100
7	V	T2	<10	<3	<3	1700	<10	<10	<100
7	V	T3	<10	<3	<3	420	<10	<100	<100
7	P	T1	<10	<3	<3	1000	<10	<10	<100
7	P	T2	<10	<3	<3	530	<10	<10	<100
7	P	T3	<10	<3	<3	390	<10	<10	<100
NTC 5246			$5*10^4$	10	10	500	-	<10	-

menticios, bajo una amplia gama de condiciones ambientales, ya sea como complemento de cultivos iniciadores o de protección (Wilson & Wisniewski, 1989; Dalié *et al*. 2010; Kapetanakou *et al*. 2012). También, Kempka *et al*. (2008) reportaron valores de $1x10^6$ UFC/mL de células viables en una bebida láctea envasada en un empaque plástico, durante 22 días de almacenamiento refrigerado, además, el recuento de coliformes totales y fecales estuvieron ausentes; sin embargo, mohos y levaduras fueron de $4,9x10^3$ UFC/mL. Un factor a tener en cuenta con relación al elevado contenido de coliformes, en general, es la cadena de frío, el cual, es muy importante al evitar la proliferación de los microorganismos en este tipo de producto y, por consiguiente, el deterioro del mismo, ya que la temperatura de la bebida durante el proceso de pasteurización y de almacenamiento es uno de los factores importantes en el crecimiento bacteriano (Luigi *et al*. 2013).

En la tabla 3, se pudo comprobar que el tratamiento T1, en el día 4, aumentó el recuento de psicotrófilos, pero en el día 7, disminuyó considerablemente; esto pudo ser, debido a contaminación de la bebida durante el proceso de elaboración. Además, se debe tener en cuenta que algunos alimentos, como la leche, la actividad antimicrobiana del peróxido de hidrógeno en concentraciones no letales, se atribuye a su reacción con tiocianato, catalizada por la lactoperoxidasa. Los productos de esta reacción, como hipotiocianato y otras moléculas intermedias, pueden reducir el crecimiento de varios microorganismos indeseables (Schnürer & Magnusson, 2005). El peróxido de hidrógeno, se produce por la mayoría de las bacterias acido lácticas y en presencia de oxígeno las BAL son incapaces de producir catalasa, por lo tanto, no pueden degradar el peróxido de hidrógeno, que después de la acumulación se oxida en la membrana de los lípidos y proteínas celulares de los organismos (Lindgren & Dobrogosz, 1990; Dalié *et al*. 2010).

Análisis Sensorial. En la tabla 4, se observa el análisis sensorial realizado a la bebida chicheme. Se evidencia, que la muestra control tuvo diferencias significativas con los demás tratamientos en el sabor, color e impresión global. Para el sabor, color e impresión global de los tratamientos T1 y T2 no se observaron diferencias estadísticas, pero sí presentaron con la muestra T3. Con respecto al olor, este fue el único parámetro que no mostró diferencias con T2 y el control, pero sí con T3, es decir, a medida que aumentó la concentración de estas especias conservantes, el gusto de los catadores disminuyó en todas las variables evaluadas.

Tabla 4. Resultados del test de medias para las variables sabor, color, olor e impresión global de chicheme.

Formulaciones	Sabor	Color	Olor	IG
Control	8,000[a]	7,8000[a]	7,5667[a]	7,8000[a]
T1	7,0750[b]	7,2167[b]	7,1917[ba]	7,0667[b]
T2	7,2333[b]	6,9417[b]	6,9083[b]	6,9333[b]
T3	4,8333[c]	5,0722[c]	4,6667[c]	4,6944[c]

Finalmente, se pudo comprobar que la formulación T3 con envase de vidrio fue la que tuvo un menor recuento de psicotróficos, mohos y levaduras. Además, a mayor concentración de clavo y de canela, el recuento de microorganismos fue menor. También, a medida que aumentaba la acidez en los envases de plástico y vidrio, el pH y el porcentaje de sólidos solubles disminuyó, debido al consumo de lactosa por parte de las BAL. Asimismo, el tratamiento térmico y la condición anaeróbica en que se encontraba la bebida produjo la estabilidad del pH y la acidez al final del periodo de almacenamiento, lo cual, podría estar relacionada con la inhibición de la actividad enzimática y disminución de la población bacteriana y, posiblemente, al agotamiento de la lactosa en los sustratos.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO, D.; NAVARRO, M.; MONROY, L. 2013a. Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). Inf. Tecnol. (Chile). 24(4):43-48.

2. ACEVEDO, D.; NAVARRO, M.; MONTERO, P. 2013b. Composición química del aceite esencial de las hojas de Toronjil (*Melissa officinalis* L.). Inf. Tecnol. 24(4):49-54.

3. ALZATE, L.M.; ARTEAGA, D.M.; JARAMILLO, Y. 2011. Evaluación de usos potenciales del desecho del fruto del algarrobo (*Hymenaea courbaryl*L) -cáscara y semillas- como conservante natural para alimentos. Rev. Lasallista Invest. (Colombia). 8(1):90-95.

4. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists. 15th. Pub. by the A.O.A.C. Washington D.C.

5. ARORA, D.; KAUR, J. 1999. Antimicrobial activity of spices. Int. J. Antimicrobia Agents. (Netherlands). 12:257-262.

6. CARDOSO-UGARTE, G.A.; LÓPEZ-MALO, A.; SOSA, M.E. 2016. Chapter 38 – Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Essential Oils. En: Preedy, V. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Academis Press. p.339.347.

7. DALIÉ, D.; DESCHAMPS, A.M.; RICHARD-FORGET, F. 2010. Lactic acid bacteria–Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review. Food Control. (Netherlands). 21(4):370-380.

8. DEMAZZI, K.R.; JACOB, K.K.; FREITAS, A.A. 2016. Apectos sensoriais, físico-químicos e microbiológicos de iogurtes e bebida láctea espessados com amido de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Braz. J. Food Res. 7(1):27-41.

9. GANDY, A.L.; SCHILLING, M.W.; COGGINS, P.C.; WHITE, C.H.; YOON, Y.; KAMADIA, V.V. 2008. The effect of pasteurization temperature on consumer acceptability, sensory characteristics, volatile compound composition, and shelf-life of fluid milk. J. Dairy Science. 91(5):1769-1777.

10. GARCÍA, A.; PACHECO-DELAHAYE, E. 2010. Evaluación de una bebida láctea instantánea a base de harina de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) con la adición de ácido fólico. Rev. Chilena Nutrición. 37(4):480-492.

11. GENDE, L.; MAGGI, M.; BAREN, V.; LIRA, A.L.; BANDONI, A.; FRITZ, R.; EGUARAS, M. 2010. Antimicrobial and miticide activities of *Eucalyptus globulus* essential oils obtained from different Argentine regions. Spanish J. Agr. Res. (España). 8(3):642-650.

12. GOÑI, M.G.; ROURA, S.I.; PONCE, A.G.; MOREIRA, M.R. 2016. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Academic Press. UK. p.349-357.

13. KAPETANAKOU, A.E.; KOLLIAS, J.N.; DROSINOS, E.H.; SKANDAMIS, P.N. 2012. Inhibition of *A. carbonarius* growth and reduction of ochratoxin A by bacteria and yeast composites of technological importance in culture media and beverages. Int. J. FoodMicrobiol. (Netherlands). 152(3):91-99.

14. KEMPKA, A.P.; KRÜGER, R.L.; VALDUGA, E.; DI LUCCIO, M.; TREICHEL, H.; CANSIAN, R.; DE OLIVEIRA, D. 2008. Formulação de bebida láctea fermentada sabor pêssego utilizando substratos alternativos e cultura probiótica. Ciência Tecn. Alimentos. 28:170-177.

15. KIM, Y.S.; LEE, S.H.; KIM, S.H.; JOO, Y.; BAHK, G.J. 2015. Investigation of the experience of foodborne illness and estimation of the incidence of foodborne disease in South Korea. Food Control.47:226-230.

16. LINDGREN, S.E.; DOBROGOSZ, W.J. 1990. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. FEMS Microbiol. Reviews. (UK). 7(1-2):149-163.

17. LONDOÑO, M.M.; SEPÚLVEDA, J.U.; HERNÁNDEZ, A.; PARRA, J.E. 2008. Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. Rev. Facultad Nacional Agr. (Colombia). 61(1):4409-4421.

18. LUIGI, T.; ROJAS, L.; VALBUENA., O. 2013. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado Carabobo, Venezuela. Salus. (Venezuela). 17(1):25-33.

19. MIRANDA, M.O.; FONSECA, P.; PONCE, I.; CEDEÑO, C.; SAM, R.L.; MARTÍ, V.L. 2014. Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de leche que incorpora *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. Rev. Cubana Aliment. Nutr. 24(1):7-16.

20. MIRZOEVA, O.K.; GRISHANIN, R.N.; CALDER, P.C. 1997. Antimicrobial action of propolis and some of its components: the effects on growth, membrane potential and motility of bacteria. Microbiol. Research. 152(3):239-246.

21. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA –NTC- 5246. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Colombia). 2004. Productos lácteos. Bebida láctea con avena. Primera actualización, Bogotá, Colombia. 15p.

22. NSOESIE, E.O.; KLUBERG, S.A.; BROWNSTEIN, J.S. 2014. Online reports of foodborne illness capture foods implicated in official foodborne outbreak reports. Preventive Medicine. (Estados Unidos).67:264-269.

23. OBERMAN, H.; LIBUDZISZ, Z. 1988. Fermented milks. Ed. Wood, B.J. Microbiology of Fermented Foods. (Glasgow, UK). p.308-345.

24. ÖZCAN, M.M.; ARSLAN, D. 2011. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. Food Chem. 129(1):171-174.

25. PASTRANA, Y.I.; DURANGO, A.M.; DE PAULA, C.D.; ACEVEDO, D. 2015. Caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica de bebidas autóctonas de Córdoba, Colombia. Inf. Tecnol. 26(4):53-62.

26. PÚA, A.; CABALLER, L.; RIVERA, E. 2011. Evaluación de las características químicas, físicas y microbiológicas de una bebida láctea enriquecida. Ciencia y Tecnol. Aliment. 9(1):5-13.

27. ROCOURT, J. 2014. Public Health Measures: Foodborne Disease Outbreak Investigation. Encyclopedia of Food Safety. 4:89-97.

28. RODRÍGUEZ, E.N. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Ra Ximhai. (México). 7(1):153-170.

29. SÁNCHEZ, N.Y.; SEPÚLVEDA, J.U.; ROJANO, B.A. 2013. Desarrollo de una bebida láctea con extractos de curuba (*Passiflora mollissima Bailey*) como antioxidante natural. Biotecnol. Sector Agropec. Agroindustr. 11(1):164-173.

30. SCHNÜRER, J.; MAGNUSSON, J. 2005. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. Trends Food Sci. Technol. (Estados Unidos).16(1):70-78.

31. SHAN, L.C.; PANAGIOTOPOULOS, P.; REGAN, A.; DE BRÚN, A.; BARNETT, J.; WALL, P.; MCCONNON, A. 2014. Interactive Communication with the Public: Qualitative exploration of the use of social media by food and health organizations. J. Nutrit. Educat. Behavior. (Estados Unidos). 47(1):104-108.

32. SPREER, E. 1991. Lactología Industrial. Leche y Productos Lácteos. Editorial Acribia S.A (España). 617p.

33. TOYOFUKU, H. 2014. Food borne Diseases: Prevalence of food borne diseases in western pacific region. Encyclopedia of Food Safety. 1:312-322.

34. VARGAS, R.D.; TORRESCANO, G.R.; SÁNCHEZ, A. 2013. El propóleos: conservador potencial para la industria alimentaria. Interciencia. (Venezuela). 38(10):705-711.

35. WILSON, C.L.; WISNIEWSKI, M.E. 1989. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: An emerging technology. Ann. Rev. Phytopathol. (EstadosUnidos). 27(1):425-441.

36. YOUNG, I.; WADDELL, L.; SANCHEZ, J.; WILHELM, B.; MCEWEN, S.A.; RAJIĆ, A. 2014. The application of knowledge synthesis methods in agri-food public health: Recent advancements, challenges and opportunities. Preventive Vet. Med. (Netherlands). 113(4):339-355.

Recibido: Julio 9 de 2015
Aceptado: Septiembre 26 de 2016

Cómo citar:

Acevedo, D.; Pastrana, Y.; Durango, A. 2016. Estabilidad de chicheme procedente del departamento de Córdoba, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 395-402.

PRODUCCIÓN DE XILITOL POR *Candida guilliermondii* A PARTIR DE FERMENTACIÓN DE RESIDUOS DE PALMA DE ACEITE

XYLITOL PRODUCTION BY *Candida guilliermondii* FROM FERMENTATION OF WASTE OIL PALM

Katherine Manjarres-Pinzón[1], Mario Arias-Zabala[2], Yuly Andrea Molina-Ramírez[3], María Isabel Betancur-Nieto[4], Eduardo Rodríguez-Sandoval[5]

[1] Ingeniera de Alimentos, Candidata Doctorado en Biotecnología, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Universidad Nacional de Colombia, calle 59a # 63-20, Medellín, Antioquia, e-mail: jkmanjarresp@unal.edu.co; [2] Ingeniero Químico, Ph.D, Profesor Titular, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Universidad Nacional de Colombia, calle 59a # 63-20, Medellín, Antioquia, e-mail: marioari@unal.edu.co; [3] Biotecnóloga, Facultad Ciencias de la Salud, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Carrera 78 # 65-46 Medellín, Antioquia, e-mail: yuly.molina@colmayor.edu.co; [4] Ingeniero Químico, MSc, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, calle 59a # 63-20. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, e-mail: labcca_med@unal.edu.co; [5] Ingeniero Químico, Ph.D, Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, calle 59a # 63-20. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, e-mail: edrodriguezs@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 403-409, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La hidrólisis ácida diluida del residuo lignocelulósico de raquis de palma de aceite produce azúcares fermentables, como la xilosa, principal fuente de carbono para la producción de xilitol, por *Candida guilliermondii*. En este estudio, se evaluó el efecto de diferentes medios de cultivo y de condiciones de fermentación sobre la producción de xilitol, a partir de raquis de palma de aceite, utilizando *C. guilliermondii*. El hidrolizado ácido de raquis de palma suplementado con 4g/L extracto de levadura, 3g$(NH_4)_2SO_4$/L, 0,5g/ $MgSO_4.7H_2O$/L y 0,1g$CaCl_2.2H_2O$/L mostró ser el mejor medio para el crecimiento de la levadura en cultivo sumergido, debido a que presentó los valores mayores, estadísticamente significativos, de la velocidad específica máxima de crecimiento, de $0,12h^{-1}$ y producción de biomasa, de 5,5g/L ($p<0,05$). Las condiciones de fermentación más apropiadas se obtuvieron con hidrolizado de raquis suplementado a pH de 5,5, concentración inicial de xilosa de 17g/L y un inóculo de 3g/L. La microaerobiosis mostró ser un factor importante en el proceso de fermentación, con un volumen de 40mL de medio, en un matraz de 100mL, se produjo la mayor concentración de xilitol de 6,7 g/L ($p<0,05$).

Palabras clave: Residuos ligninocelulósicos, fermentación líquida, hidrólisis ácida, edulcorante, microaerobiosis.

SUMMARY

The dilute-acid hydrolysis of oil palm empty fruit bunch produces fermentable sugars such as xylose, main carbon source for xylitol production by *Candida guilliermondii*. The influence of different culture media and fermentation conditions were evaluated on the production of xylitol from oil palm empty fruit bunch using *C. guilliermondii*. The acid hydrolyzated oil palm empty fruit bunch supplemented with 4g yeast extract/L, 3g $(NH_4)_2SO_4$/L, 0.5g $MgSO_4.7H_2O$/L y 0.1g $CaCl_2.2H_2O$/L, was the best culture medium for the yeast growth in submerged culture because it had the highest values, statistically significant, of the specific growth rate $0.12h^{-1}$ and biomass production 5.5g/L ($p<0,05$). The suitable fermentation conditions were obtained with hydrolyzated oil palm empty fruit bunch supplemented at pH 5.5, initial xylose concentration of 17g/L and an inoculum of 3g/L. Microaerobic condition is an important factor on the fermentation process, with a volume of 40mL in a flask of 100mL, that produces the highest concentrations of xylitol (6.7g/L) ($p<0,05$).

Key words: Lignocellulosic waste, liquid fermentation, acid hydrolysis, sweetener, microaerobic.

INTRODUCCIÓN

La reutilización de residuos agroindustriales es un campo importante, a nivel biotecnológico, debido a su potencial, como materias primas, para la producción de energía y productos de valor agregado (Albuquerque *et al.* 2015); además, el uso de estos residuos contribuye a una reducción de la contaminación ambiental (Silva & Roberto, 2001a). El proceso de beneficio del fruto de palma de aceite en Colombia es una de las agroindustrias con mayor generación de material contaminante. En términos conservadores, 1ha de plantación de aceite de palma, anualmente, produce 55t de materia seca, en forma de biomasa fibrosa, mientras que la producción de aceite asciende a 5,5t. Adicionalmente, este cultivo tiene un alto rendimiento en la producción de aceite, si se compara con otras oleaginosas, como por ejemplo, con soya, 13 veces mayor; con girasol, 8 veces y con canola, 6,5 (Chang, 2014). Los principales residuos generados por esta agroindustria son: racimos vacíos, fibra, cuesco o cáscara del fruto y efluentes líquidos, principalmente. De los racimos de fruta fresca, alrededor de 20 a 23%, son racimos vacíos o raquis; 11 a 14% son fibras; 5 a 7% es cuesco o cáscara del fruto y 65 a 85% son efluentes líquidos (García *et al.* 2010). La producción nacional de racimos de fruta fresca, para el 2014, fue de 5,4 millones de toneladas, lo cual, representa un estimativo de 1,24 millones de racimos vacíos o raquis de palma (Fedepalma, 2015). Los racimos vacíos están conformados por celulosa (23,7-65%), hemicelulosa (20,58-33,52%), lignina (14,1-30,4%) y cenizas (1,3-13%) (Chang, 2014). El polisacárido más abundante de la hemicelulosa es el xilano, que puede ascender a 95% del total de los polisacáridos no celulósicos de la biomasa. El porcentaje de xilano en los raquis de palma varía entre 20-27% (Shatalov & Pereira, 2012; Chin *et al*. 2015). Estos residuos, por su composición, constituyen un sustrato potencial para obtener azúcares fermentables, tales como glucosa y xilosa, que pueden ser convertidos, biotecnológicamente, en productos de valor económico, como xilitol y etanol (Pereira *et al.* 2011; Albuquerque *et al.* 2015).

El pretratamiento de lignocelulosa, para obtener azúcares fermentables, es un paso esencial para la conversión con fermentación microbiana. Una variedad de pretratamientos, como el mecánico, químico y biológico, han sido desarrollados para cambiar la estructura y la composición química de la lignocelulosa y así mejorar la producción de azúcares (Duangwang & Sangwichien, 2015; Carvalho *et al.* 2003). Entre estos métodos, el pretratamiento con hidrolisis ácida puede ser aplicado con ácido diluido o concentrado, aunque el empleo de ácidos concentrados es menos deseable, porque se forman compuestos inhibitorios. La hidrolisis ácida diluida es el método más aplicado generalmente y el más estudiado entre los pretratamientos químicos. El objetivo principal de la hidrolisis ácida es solubilizar la fracción de hemicelulosa de la biomasa e incrementar la accesibilidad de la celulosa por parte de las enzimas (Zhang *et al*. 2012).

Algunas especies de levaduras, se encuentran entre los mejores productores de xilitol, fermentando la xilosa, mediante la enzima xilosa-reductasa (XR), dependiente de la Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato ($NADPH^+$), produciendo xilitol (Tomotani *et al.* 2009; Arruda *et al*. 2011). Entre las levaduras más destacadas en este proceso, se registran *Candida guilliermondii* (Acosta *et al.* 2005; Arruda *et al.* 2011; Sene *et al.* 2011), *Candida tropicalis* (Ling *et al.* 2011) y *Pichia guilliermondii* (Zou *et al.* 2010).

El xilitol, un alcohol pentahidroxilado de la xilosa, puede ser producido química o bioquímicamente, a partir de xilosa (Acosta *et al*. 2005; Arruda *et al.* 2011). Este poliol es usado como edulcorante en la industria de alimentos, así como en productos para la higiene bucal, farmacéuticos y cosméticos. Tiene propiedades anticariogénicas y se puede usar por personas diabéticas, ya que su metabolismo es independiente de la insulina; además, es un compuesto benéfico para personas obesas, porque contribuye a la baja formación de grasa en el tejido adiposo (Arruda *et al*. 2011; Sene *et al*. 2011).

Diferentes estudios enfocados en la producción de xilitol, vía fermentación, han evaluado diversas condiciones de fermentación, como la aireación, a fin de aumentar su rendimiento (Soleimani & Tabil, 2014), el pH (Cheng *et al.* 2009), la concentración de sustrato (Chang, 2014; Camargo *et al.* 2015), el tiempo y sistemas de fermentación (Carvalho *et al.* 2003). También, se han evaluado las condiciones de hidrólisis (Pereira *et al.* 2011; Sene *et al*. 2011), la adaptación de la levadura y los métodos de detoxificación (Kamal *et al*. 2011). El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes medios de cultivo y diversas condiciones de fermentación, en la producción de xilitol por *Candida guilliermondii*, a partir de hidrolizados ácidos de raquis de palma de aceite, a escala de matraz agitado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Los racimos vacíos de frutos o raquis de palma fueron suministrados por la planta de beneficio Palmares del Oriente S.A.S. Los racimos se lavaron, secaron y molieron, en una máquina pica pasto (Molino #1, JM. ESTRADA.S.A, La Estrella, Colombia), hasta un tamaño de partícula de 3 a 5mm.

Hidrólisis ácida del raquis de palma. La hidrólisis ácida de los raquis, se realizó en matraces Erlenmeyer de 500mL, con una relación 1:8 sólido/líquido, tomando 40g del raquis y 320mL de ácido sulfúrico, diluido al 2%. Los matraces fueron esterilizados por 30min, a 121°C y posteriormente

sumergidos en un baño de hielo, para detener la hidrólisis. Finalmente, se filtró todo el contenido del hidrolizado y se ajustó el pH a 5,0, 5,5 y 6,0 con NaOH al 98%, para los diferentes tratamientos.

Crecimiento de la levadura en diferentes medios. El crecimiento de *Candida guilliermondiii* ATCC 6260, se determinó en los siguientes medios, a 30°C y 108 rpm: a) medio líquido de glucosa, peptona y extracto de levadura (YPG); b) hidrolizado de raquis de palma (HR) y, c) hidrolizado de raquis de palma suplementado (HRS), con 4g extracto de levadura/L, 3g $(NH_4)_2SO_4$/L, 0,5g $MgSO_4.7H_2O$/L y 0,1g $CaCl_2.2H_2O$/L. La biomasa, se determinó por peso seco. En el método de peso seco, se tomaron 10mL de muestra, se centrifugó a 3900rpm, durante 20min, a 25°C, se lavó dos veces con agua destilada y se secó en cajas Petri, a 60°C, por 72h, para luego registrar el peso seco (Niño-Camacho & Torres-Sáenz, 2010). De las curvas de crecimiento, se obtuvieron los siguientes parámetros: tiempo de fase exponencial, tiempo de duplicación (h) y velocidad específica máxima de crecimiento (h^{-1}).

Fermentación a diferentes condiciones. Se seleccionó el mejor medio de cultivo empleado, con base en el menor tiempo de duplicación de la biomasa. Las condiciones de fermentación evaluadas fueron: pH (5,0 y 5,5), concentración de inóculo (3 y 5g/L) y concentración de xilosa (17 y 37g/L). La fermentación, se llevó a cabo en matraces Erlenmeyer de 100mL, tomando 47mL de medio de cultivo, se incubó en un agitador, a 200rpm y 30°C, por 96 h. Los parámetros evaluados fueron: concentración de xilitol, rendimiento de producto con respecto al sustrato (Yp/s) y velocidad volumétrica de formación de producto (Qp). Las concentraciones de xilosa y de xilitol fueron determinadas por HPLC (Shimadzu Prominence 20A, Kyoto, Japan), con una columna Aminex HPX-87H (Biorad) y un detector RI (Piñeros-Castro *et al*. 2011).

Microaerobiosis. Se estudiaron diferentes condiciones de aireación a escala de matraz Erlenmeyer de 100mL, con variaciones en el volumen de medio efectivo, utilizado de 40, 60, 80 y 90mL (Villalba *et al*. 2009). La microaerobiosis, se determinó utilizando el medio de cultivo previamente seleccionado y un medio mínimo de xilosa (MMX), los cuales, fueron inoculados con 5g de la levadura/L, a 200rpm y 30°C, con un pH y una concentración inicial de xilosa específicos. Se realizaron al menos dos repeticiones de cada tratamiento.

Diseño experimental. En las pruebas de crecimiento de la levadura y microaerobiosis, se empleó un diseño factorial de una sola vía, tomando como factores el tipo de medio y el volumen efectivo, respectivamente. Además, en las pruebas de fermentación, se aplicó un diseño factorial 2^k completamente aleatorizado, con los siguientes factores: pH, concentración de inóculo y concentración de xilosa. Los datos experimentales, se sometieron a ANOVA, con un nivel de significancia del 5% y se utilizó diferencia mínima significativa (LSD), para comparar los tratamientos con diferencias significativas. El análisis estadístico, se aplicó mediante Statgraphics plus 5,1. Los resultados se presentan como el promedio ± desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinéticas de crecimiento en diferentes medios. Las curvas de crecimiento de *C. guilliermondii* en los medios YPG, HR y HRS, se observan en la figura 1. En la tabla 1, se reportan los valores de la velocidad específica máxima de crecimiento, el tiempo de duplicación y el tiempo de la fase exponencial. El tratamiento que se seleccionó para el montaje de las fermentaciones en matraz agitado fue HRS, debido a que presentó el mayor valor de la velocidad específica máxima de crecimiento ($0,12h^{-1}$), correspondiente a un tiempo de duplicación de 5,77h y la mayor concentración final de biomasas (5,5g/L). Los compuestos usados para suplementar el hidrolizado excluyen cualquier limitación del crecimiento de la levadura, debido a una deficiencia nutricional. Adicionalmente, en la curva de crecimiento con YPG, se observó una fase de adaptación prolongada de 20h, dado que la cepa se mantuvo por debajo de su temperatura óptima (30°C). El comportamiento de la levadura en HR no muestra una disminución de la concentración de biomasa en las primeras horas de la fermentación, a pesar de la presencia de compuestos tóxicos, como por ejemplo, hidroximetilfurfural (0,0023g/L), determinado en ensayos preliminares. Este compuesto es conocido como inhibidor en el crecimiento de la levadura; sin embargo, la concentración obtenida en este estudio no fue lo suficientemente alta para afectar metabólicamente la levadura (Carvalheiro *et al*. 2005).

Fermentación a escala de matraz. En la tabla 2, se observan los resultados de Yp/s, Qp y concentración final de xilosa, para las diferentes condiciones de fermentación. El tratamiento que mostró la mayor producción de xilitol (2,025 g/L) corresponde a un pH de 5,5, concentración inicial de xilosa de 17 g/L y un inóculo de 3 g/L. A esas mismas condiciones, Yp/s y Qp fueron de 0,094 g/g y 0,021 g/L.h, respectivamente. Otros estudios sobre fermentación con hidrolizados de residuos agroindustriales, utilizando *C. guilliermondii* para la producción de xilitol, reportan rendimientos de 0,7g de xilitol/g de sustrato bajo, condiciones semiaeróbicas a partir de 150g xilosa/L inicial (Mohamad *et al*. 2014). Así, por ejemplo, Arruda *et al*. (2011), al utilizar *C. guilliermondii* para la producción de xilitol con bagazo de caña, halló que la máxima producción fue de 50,5g/L a escala matraz (125mL), con un rendimiento ($Y_{p/s}$) de 0,81g/g y una productividad volumétrica (Q_P) de 0,60g/L.h, después

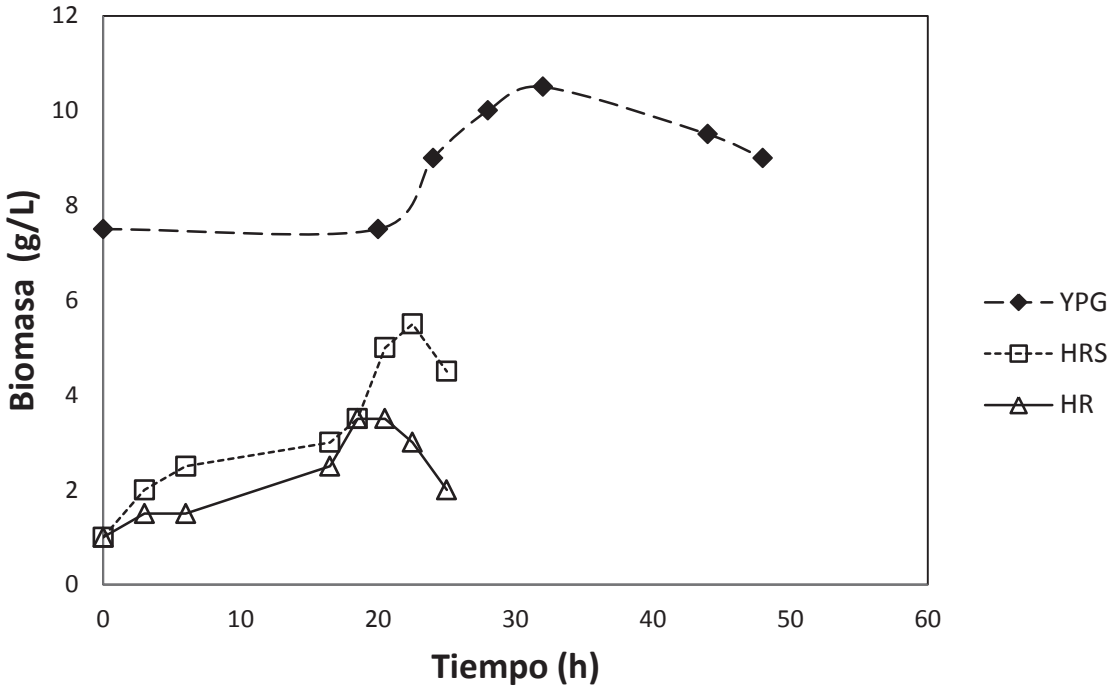


Figura 1. Cinética de crecimiento de *Candida guilliermondii* en medios YPG, HR y HRS, a 30°C y 108rpm.

Tabla 1. Parámetros de las cinéticas de crecimiento de *Candida guilliermondii* en diferentes medios de cultivo.

Medio de cultivo	Tiempo fase exponencial (h)	Velocidad específica máxima de crecimiento (h^{-1})	Tiempo de duplicación (h)
YPG	8	0,03	23,10
HR	12,5	0,06	11,55
HRS	4	0,12	5,77

YPG: medio líquido de glucosa, peptona y extracto de levadura; HR: hidrolizado de raquis de palma; HRS: hidrolizado de raquis de palma suplementado.

de 96 h de fermentación, a un pH 5,5 y 30°C. También, se ha reportado una producción de xilitol de 52g/L, con un factor de rendimiento de 0,65g/g, usando *C. guilliermondii* e hidrolizado de cascarilla de arroz, como sustrato (Silva & Roberto, 2001b). Una posible causa del bajo rendimiento de xilitol en este estudio podría ser la baja concentración de xilosa inicial, de aproximadamente 17-37g/L. Una mayor concentración de sustrato aumenta la concentración final de producto en el hidrolizado de raquis (Silva & Mussatto, 2006).

Microaerobiosis. La disponibilidad de oxígeno es un factor importante en la producción biotecnológica de xilitol, a partir de D-xilosa. En condiciones limitadas de oxígeno, la fosforilación oxidativa no puede volver a oxidar todo el Dinucleótido de Nicotinamida y Adenina (NADH) generado, lo cual, conduce a una acumulación de xilitol, a nivel intracelular (Albuquerque *et al*. 2014). Además, la presencia de alta cantidad de oxígeno favorece la conversión de xilosa a biomasa, mientras que una baja cantidad de oxígeno aumenta el rendimiento de xilitol (Aguiar *et al*. 2002; Carvalho *et al*. 2003). La producción de xilitol por medio

de microaerobiosis, a un pH de 5,5 y una concentración inicial de xilosa de 17g/L, en este estudio, se observa en la tabla 3. Los medios de cultivo estudiados fueron HRS y MMX. El mejor resultado, se obtuvo con HRS a 40mL de medio, en matraces de 100mL, con una producción de 6,7g xilitol/L. Esto indica, que la microaerobiosis a un volumen de 40mL, en un matraz de 100mL y en cultivo HRS, es apropiado para la producción de xilitol, tomando en cuenta los valores reportados de los demás tratamientos (Tabla 3); sin embargo, son valores bajos comparados con los de otros estudios (Silva & Roberto, 2001b; Arruda *et al*. 2011). Es necesario tener en cuenta que estos estudios emplean mayor cantidad de sustrato, lo que indica la aplicación de un proceso de concentración de la xilosa, procedimiento que no fue necesario para obtener xilitol a partir de hidrolizado de raquis de palma. La microaerobiosis para la producción de xilitol es importante, debido a que la acumulación de xilitol en la levadura está directamente asociada al desequilibrio redox, limitando las coenzimas, para mayor generación de producto (Mohamad *et al*. 2014). Previamente, se ha reportado que el volumen de medio ideal es de 40%, para el crecimiento de biomasa y 88%, para la producción de xilitol en microaerobiosis, bajo condiciones controladas de O_2, inóculo y pH, entre otros (Aguiar *et al*. 2002); sin embargo, Nolleau *et al*. (1993) reportaron un rendimiento ($Y_{p/s}$) en la producción de xilitol, de 0,69g/g, con *C. guilliermondii*, bajo condiciones de aerobiosis, con una concentración inicial de 300g xilosa/L. Dicha condición de oxígeno disponible presentó una alta densidad celular, garantizando óptima generación de xilitol.

En general, el crecimiento de la levadura *C. guilliermondii* ATCC 6260 en hidrolizados de raquis de palma suplementado

Tabla 2. Fermentación en matraz por 96h, con diferentes concentraciones de inóculo, sustrato y pH.

Condiciones de fermentación evaluadas			Xilitol (g/L)	Yp/s (g/g)	Qp (g/L.h)
pH	Xilosa inicial (g/L)	Inóculo (g/L)			
5,5	17	3	2,025±0,03^{d}	0,094	0,021
	17	5	1,426±0,02^{c}	0,076	0,018
	37	3	1,317±0,00^{c}	0,058	0,014
	37	5	1,141±0,02^{c}	0,046	0,012
5	17	3	0,700±0,01^{a}	0,089	0,007
	17	5	0,701±0,02^{a}	0,071	0,007
	37	3	0,683±0,08^{a}	0,040	0,007
	37	5	0,799±0,07^{b}	0,033	0,008

*Las diferencias de letras en la misma columna indican una diferencia significativa ($p<0.05$), de acuerdo a la prueba LSD.

Tabla 3. Microaerobiosis con hidrolizado suplementado (HRS), medio mínimo de xilosa (MMX) y cepa nativa de *Candida guilliermondii*.

Volumen efectivo (mL)	Medio	
	HRS	MMX
	Xilitol (g/L)	Xilitol (g/L)
40	6,745±0,30^{c}	0,323±0,03^{b}
60	0,143±0,01^{a}	0,037±0,01^{a}
80	0,317±0,01^{b}	0,035±0,00^{a}
90	0,367±0,02^{b}	0,046±0,01^{a}

*Las diferencias de letras en la misma columna indican una diferencia significativa ($p<0,05$), de acuerdo a la prueba LSD.

(HRS) presentó los mayores valores de velocidad específica máxima de crecimiento ($0,12h^{-1}$), correspondiente a un tiempo de duplicación de 5,77h y de producción de biomasa de 5,5g/L. Las condiciones de fermentación con cultivo HRS que tuvieron la mayor producción de xilitol fueron pH de 5,5, concentración inicial de xilosa de 17g/L y un inóculo de 3g/L. Además, al aplicar microaerobiosis, con un volumen de 40mL, en matraces de 100mL, a las condiciones de fermentación anteriormente mencionadas, aumenta la concentración de xilitol a 6,7g/L, lo que representa un parámetro de gran importancia para aumentar la producción de xilitol, utilizando esta cepa

Agradecimientos: Los autores agradecen a Colciencias, por la beca otorgada a Katherine Manjarres-Pinzón. Conflictos de interés: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, E.; ALMEIDA, J.B.; GIULIETTI, M.; FRADE, J.A.; NÁPOLES, A.L. 2005. Producción de xilitol en fermentador de 15 litros. ICIDCA. 29(3):45-51.

2. AGUIAR, W.B.; FARIA, L.F.F.; COUTO, M.A.P.G.; ARAUJO, O.Q.F.; PEREIRA, N. 2002. Growth model and prediction of oxygen transfer rate for xylitol production from D-xylose by *Candida guilliermondii*. Biochem. Eng. J. 12:49-59.

3. ALBUQUERQUE, T.L.; GOMES, S.D.L.; MARQUES, J.E.; SILVA, I.J.; ROCHA, M.V.P. 2015. Xylitol production from cashew apple bagasse by *Kluyveromyces marxianus* CCA510. Catal. Today 255:33-40.

4. ALBUQUERQUE, T.L.; SILVA, I.J.; MACEDO, G.R.; **D,** VALDEREZ, M.; ROCHA, M.V.P. 2014. Biotechnological production of xylitol from lignocellulosic wastes : A review. Process Biochem. 49:1779-1789.

5. ARRUDA, P.V.; RODRIGUES, R.C.L.B.; SILVA, D.D.V.; FELIPE, M.G.A. 2011. Evaluation of hexose and pentose in pre-cultivation of *Candida guilliermondii* on the key enzymes for xylitol production in sugarcane hemicellulosic hydrolysate. Biodegradation. 22:815-22.

6. CAMARGO, D.; SENE, L.; VARIZ, D.I.L.S.; FELIPE, M.G.A. 2015. Xylitol bioproduction in hemicellulosic hydrolysate obtained from sorghum forage biomass. Appl. Biochem. Biotechnol. 175(8):3628-3642.

7. CARVALHEIRO, F.; DUARTE, L.C.; LOPES, S.; PARAJÓ, J.C.; PEREIRA, H.; GIRIO, F.M. 2005. Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by *Debaryomyces hansenii* CCMI 941. Process Biochem. 40:1215-1223.

8. CARVALHO, W.; SILVA, S.S.; SANTOS, J.C.; CONVERTI, A. 2003. Xylitol production by Ca-alginate entrapped cells: comparison of different fermentation systems. Enzyme Microb. Technol. 32:553-559.

9. CHANG, S.H. 2014. An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production. Biomass Bioenerg. 62:174-181.

10. CHENG, K.K.; ZHANG, J.A.; LING, H.Z.; PING, W.X.; HUANG, W.; GE, J.P.; XU, J.M. 2009. Optimization of pH and acetic acid concentration for bioconversion of hemicellulose from corncobs to xylitol by *Candida tropicalis*. Biochem. Eng. J. 43:203-207.

11. CHIN, S.X.; CHIA, C.H.; ZAKARIA, S.; FANG, Z.; AHMAD, S. 2015. Ball milling pretreatment and diluted acid hydrolysis of oil palm empty fruit bunch (EFB) fibres for the production of levulinic acid. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 52:85-92.

12. DUANGWANG, S.; SANGWICHIEN, CH. 2015. Utilization of Oil Palm Empty Fruit Bunch Hydrolysate for Ethanol Production by Baker's Yeast and Loog-Pang. Energy Procedia. 79:157-162.

13. FEDEPALMA. 2015. Minianuario Estadístico 2015. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Bogota. 64p.

14. GARCÍA, J.A.; CÁRDENAS, M.M.; YÁÑEZ, E.E. 2010. Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de palma de aceite en Colombia. Palmas. 31(2):41-48

15. KAMAL, S.M.M.; MOHAMAD, N.L.; ABDULLAH, A.G.L.; ABDULLAH, N. 2011. Detoxification of sago trunk hydrolysate using activated charcoal for xylitol production. Procedia Food Sci. 1:908-913.

16. LING, H.; CHENG, K.; GE, J.; PING, W. 2011. Statistical optimization of xylitol production from corncob hemicellulose hydrolysate by *Candida tropicalis* HDY-02. N. Biotechnol. 28:673-678.

17. MOHAMAD, N.L.; KAMAL, S.M.M.; MOKHTAR, M.N. 2014. Xylitol biological production: A review of recent studies. Food Rev. Int. 31(1):74-89.

18. NIÑO-CAMACHO, L.; TORRES-SÁENZ, R. 2010. Implementación de diferentes técnicas analíticas para la determinación de biomasa bacteriana de cepas *Pseudomonas putida* biodegradadoras de fenol. Rev. Ion. 23:41-46.

19. NOLLEAU, V.; DELGENES, J.P.; NAVARRO, J.M. 1993. Xylitol production from xylose by two yeast strains: Sugar tolerance. Curr. Microbiol. 27:191-197.

20. PEREIRA, R.S.; MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. 2011. Inhibitory action of toxic compounds present in lignocellulosic hydrolysates on xylose to xylitol bioconversion by *Candida guilliermondii*. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 38:71-78.

21. PIÑEROS-CASTRO, Y.; VELASCO, G.A.; PROAÑOS, J.; CORTES, W.; BALLESTEROS, I. 2011. Producción de azúcares fermentables por hidrólisis enzimática de cascarilla de arroz pretratada mediante explosión con vapor. Rev. Ion. 24:23-28.

22. SENE, L.; ARRUDA, P.V.; OLIVEIRA, S.M.M.; FELIPE, M.G.A. 2011. Evaluation of sorghum straw hemicellulosic hydrolysate for biotechnological production of xylitol by *Candida guilliermondii*. Braz. J. Microbiol. 42:1141-1146.

23. SHATALOV, A.A.; PEREIRA, H. 2012. Xylose production from giant reed (*Arundo donax* L.): Modeling and optimization of dilute acid hydrolysis. Carbohydr. Polym. 87:210-217.

24. SILVA, C.J.S.M.; ROBERTO, I.C. 2001a. Improvement of xylitol production by *Candida guilliermondii* FTI 20037 previously adapted to rice straw hemicellulosic hydrolysate. Lett. Appl. Microbiol. 32:248-252.

25. SILVA, C.J.S.; ROBERTO, I.C. 2001b. Optimization of xylitol production by *Candida guilliermondii* FTI 20037 using response surface methodology. Process Biochem. 36:1119-1124.

26. SILVA, C.J.S.M.; MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. 2006. Study of xylitol production by *Candida guilliermondii* on a bench bioreactor. J. Food Eng. 75:115-119.

27. SOLEIMANI, M.; TABIL, L. 2014. Evaluation of biocomposite-based supports for immobilized-cell xylitol production compared with a free-cell system. Biochem. Eng. J. 82:166–173.

28. TOMOTANI, E.J.; ARRUDA, P.V.; VITOLO, M.; FELIPE, M.G.A. 2009. Obtaining partial purified xylose reductase from *Candida guilliermondii*. Braz. J. Microbiol. 40:631-635.

29. VILLALBA, M.; VÉLEZ, T.; ARIAS, M.; ARRÁZOLA, G. 2009. Producción de xilitol a partir de cascarilla de arroz utilizando *Candida guilliermondii*. Rev. Fac. Nal. Agr. 62(1):4897-4905.

30. ZHANG, W.; GENG, Y.A. 2012. Improved ethanol production by a xylose-fermenting recombinant yeast strain constructed through a modified genome shuffling method. Biotechnol. Biofuels. 5(1):46. DOI: 10.1186/1754-6834-5-46

31. ZOU, Y.; QI, K.; CHEN, X.; MIAO, X.; ZHONG, J. 2010. Favorable effect of very low initial k_La value on xylitol production from xylose by a self-isolated strain of *Pichia guilliermondii*. J. Biosci. Bioeng. 109:149-152.

Recibido: Agosto 21 de 2016
Aceptado: Noviembre 29 de 2016

Cómo citar:

Manjarres-Pinzón, K.; Arias-Zabala, M.; Molina-Ramírez, Y.A.; Betancur-Nieto, M.I.; Rodríguez-Sandoval, E. 2016. Producción de xilitol por *Candida guilliermondii* a partir de fermentación de residuos de palma de aceite. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 403-409.

LINEAMIENTOS PARA EL SEGUIMIENTO Y MONITOREO POST-LIBERACIÓN DE FAUNA SILVESTRE REHABILITADA

GUIDELINES FOR MONITORING AND POST-RELEASE MONITORING OF WILDLIFE REHABILITATED

Mary Cerliz Choperena Palencia[1], Néstor Javier Mancera-Rodríguez[2]

[1] Médica Veterinaria, Especialista en Gestión Ambiental, Estudiante de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, e-mail: chelychoperena@gmail.com; [2] Doctor en Biología, Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Departamento de Ciencias Forestales, Calle 59A No. 63-20, bloque 20, oficina 211, Medellín, Colombia, e-mail: njmancer@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 411-424, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo presentar orientaciones metodológicas a ser consideradas en las fases de pre-liberación, liberación, seguimiento y monitoreo de fauna silvestre, sometida a programas de rehabilitación. Estos lineamientos facilitan la toma de decisiones acertadas, que incrementan el éxito de sobrevivencia y de adaptación de los ejemplares en las poblaciones en que son liberados. Se describen los requerimientos mínimos que deben ser considerados en el proceso, los cuales, dependerán del grupo taxonómico. Estos requerimientos son: la procedencia de los individuos, la ubicación geográfica, la evaluación sanitaria, etológica o genética, los tipos de marcaje, la evaluación previa ecológica del sitio seleccionado, los tipos de liberación, la evaluación de los animales durante el proceso de monitoreo y seguimiento, las intervenciones, así como los requisitos técnicos y logísticos necesarios para alcanzar los objetivos de la reintroducción.

Palabras clave: Protocolos, rehabilitación, indicadores, evaluación clínica.

SUMMARY

This work aims to present methodological guidelines to be considered at the stage of pre-release, release, tracking and monitoring of wildlife under rehabilitation programs. These guidelines will facilitate to make the right decisions that increase the success of survival and adaptation of the released specimens into the wild populations. The minimum requirements that should be taken into consideration in the process are described, and these depend on the taxonomic group. These requirements are: the origin of the individuals, geographical location, health, ethological and/or genetic assessment; marking method, previous ecological assessment of the selected site, types of release, evaluation of animals during the process of monitoring and tracking, interventions, as well as technical and logistical necessary requirements for achieving the objectives of the reintroduction.

Key words: Protocols, rehabilitation, indicators, clinical evaluation.

INTRODUCCIÓN

La reintroducción de especies es una actividad relativamente reciente, que se ha desarrollado como consecuencia del aumento de la conciencia global por la necesidad de conservar la diversidad biológica (Seddon *et al.* 2007), con el propósito de intentar restablecer las especies dentro de sus rangos históricos, a través de la liberación de individuos silvestres o criados en cautividad, tras la extirpación o extinción en la naturaleza (IUCN/SCC, 2002), así como el refuerzo o suplementación de animales a una población en declive (Seddon, 1999; Seddon *et al.* 2007) o la liberación de ejemplares silvestres mantenidos ilegalmente como mascotas, producto del comercio ilegal y que son rescatados, rehabilitados y devueltos a su hábitat natural (Cheyne, 2006).

En este sentido, Colombia, por ser uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, se ha convertido en un centro importante del comercio ilegal de vida silvestre (Mendivelso & Montenegro, 2007; Mancera-Rodríguez & Reyes, 2008) y ha generado una alta extracción de ejemplares, objeto de tráfico, para la comercialización como mascotas, afectando las poblaciones naturales. Un alto número de estos ejemplares son decomisados y su manejo continúa siendo un problema complejo, debido a su volumen y a la poca infraestructura que existe en los Centros de Atención, Valoración y Rehabilitación (CAV o CAVR) de Fauna Silvestre de las Corporaciones Autónomas Regionales de Colombia, para

definir el destino final de los ejemplares incautados (Mendivelso & Montenegro, 2007).

Por lo anterior, se han encaminado diversas acciones orientadas a la conservación y protección de este recurso, como el trabajo coordinado de las instituciones con atribuciones administrativas, educativas, judiciales o policivas y el desarrollo normativo, especialmente, enfocado a la prevención y el control del tráfico ilegal de especies silvestres (CIFFA, 2007); por ejemplo, la Resolución 2064 del 21 de octubre de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (hoy, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), reglamentó las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especies silvestres de fauna y flora terrestres y acuáticas.

De igual manera, estos procesos de liberación de los animales silvestres en Colombia no están seguidos por un periodo de valoración riguroso y sus resultados casi nunca se publican, de manera que es imposible determinar con qué frecuencia logran cumplir sus objetivos (Jiménez & Cadena, 2004); a la vez, que son pocas las instituciones que tienen capacidad de hacer el proceso en la forma técnica recomendada y disponer de recursos financieros para mantener el monitoreo de los animales liberados, aspecto fundamental para el éxito del proceso (Nassar *et al.* 1998). De acuerdo con la Procuraduría General de la Nación (2011), la totalidad de autoridades ambientales en Colombia han incumplido las exigencias establecidas en la reglamentación sobre reintroducción, seguimiento y monitoreo de especies silvestres, dejando en evidencia que la normatividad generada para el manejo de fauna, objeto de tráfico, se queda corta y no se cuenta con unas líneas metodológicas para los procesos de reintroducción, seguimiento y monitoreo post-liberación de estos ejemplares.

Este artículo de revisión tiene por objetivo la construcción de una propuesta de lineamientos metodológicos para el monitoreo y seguimiento post-liberación de ejemplares de fauna silvestre rehabilitada en Colombia, con énfasis en mamíferos, en aves y en reptiles, que sirva de base para identificar los aspectos básicos que se deben tener en cuenta en estos procesos y las líneas metodológicas ajustadas a las necesidades reales del país, que contribuya a una mejor gestión de las liberaciones, jugando un papel significativo en la conservación de las especies y los hábitat.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de estos lineamientos, se revisaron los protocolos de reintroducción de fauna silvestre, definidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN/SCC, 2002; 2013), así como documentos enfocados a la definición de estrategias de conservación de vida silvestre, a nivel mundial, como los publicados por Association of Zoos and Aquariums (AZA, 1992), World Association of Zoos and Aquariums (WAZA, 2005; Barongi *et al.* 2015) y la revisión de estudios de caso publicados de reintroducciones de ejemplares silvestres (Griffith *et al.* 1989; Beck *et al.* 1994; Fischer & Lindenmayer, 2000; Armstrong & Seddon, 2008; Harrington *et al.* 2013; Soorae, 2016).

Teniendo en cuenta que la mayoría de procesos de liberación en Colombia se realiza sobre ejemplares de fauna silvestre decomisada –producto del comercio ilegal-, esta propuesta de lineamientos se basa, principalmente, en el análisis de procesos de liberación de ejemplares provenientes de CAV y CAVR, a los cuales, se les realizó monitoreo y seguimiento post liberación en el país, ejecutados principalmente por ONGs (Gómez *et al.* 1999; Cepeda *et al.* 2010; Morales-Betancourt, 2011; Bennett *et al.* 2013; Caicedo-Herrera *et al.* 2013), Universidades (Estrada, 2005; Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez, 2009; Leal *et al.* 2010; Arango *et al.* 2013), Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible-CARs (MAVDT, 2006a; 2006b) y Zoológicos (Jaramillo-Fayad *et al.* 2003; Camargo-Sanabria *et al.* 2005).

Estos procesos de liberaciones con seguimiento y monitoreo de los ejemplares en el país han sido poco documentados y corresponden, esencialmente, a informes técnicos, informes no publicados y, en menor medida, a artículos en revistas indexadas nacionales o internacionales, trabajos de grado para obtener título de pregrado y resúmenes en memorias de congresos, entre otros, lo que dificulta la evaluación comparativa de los diferentes aspectos a tener en cuenta, dentro de los procesos de seguimiento y de monitoreo.

Los estudios de caso para Colombia, se obtuvieron mediante la búsqueda en las bases de datos Pubmed, Google Scholar, Web of Science, páginas web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), CARs, ONGs y centros de documentación de entidades que trabajan en rehabilitación de fauna en el país para el período 1997-2015, teniendo como criterios de búsqueda las palabras: fauna silvestre, liberación, rehabilitación, reintroducción, seguimiento y monitoreo y telemetría.

A partir de la información obtenida, se presenta una propuesta de lineamientos metodológicos para el monitoreo y el seguimiento post-liberación de fauna silvestre rehabilitada en Colombia, identificando los aspectos básicos que se deben tener en cuenta en estos procesos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procedencia de los animales silvestres en programas de liberación: En Colombia, los ejemplares a liberar provienen, principalmente, de centros de atención y valoración (CAV),

donde se reciben de manera provisional, para su evaluación, atención, valoración, tratamiento y determinación de la opción para su disposición final, así como de algunos centros de atención, valoración y rehabilitación (CAVR), donde se rehabilitan antes de regresarlos a su hábitat natural. Los ejemplares llegan a estos centros como producto de decomisos por tenencia ilegal o tráfico de fauna silvestre o animales rescatados (Nassar *et al*. 1998; MAVDT, 2006a; MAVDT, 2010), también de parques zoológicos o centros especializados en cría en cautiverio, para programas de conservación de especies en riesgo de extinción.

De acuerdo con la Resolución No. 2064 del 21 de octubre de 2010 del MAVDT, los ejemplares provenientes de CAVR son los únicos que pueden ser liberados, pero en el país existen pocos centros especializados en rehabilitación de los diferentes grupos taxonómicos y es común que las CARs realicen liberaciones de individuos provenientes de CAV´s.

Es importante establecer la procedencia de los animales y tener certeza de que su liberación se realizará en poblaciones que tengan similares características genéticas, biológicas y ecológicas (IUCN/SCC, 2002; Wimberger *et al*. 2010; Torres *et al*. 2013). Los animales deben ser identificados y recibir una mínima interacción con humanos, fomentando las conductas naturales de la especie.

Con relación a la edad o grupo etario de liberación, Sarrazin & Legendre (2000) destacan que los individuos juveniles, a menudo, son naturalmente propensos a una alta mortalidad, pero presentan la ventaja con relación a los adultos de no verse tan afectados por el cautiverio, mientras que los adultos tienden a experimentar una mayor supervivencia en las poblaciones naturales. Por su parte, Torres *et al*. (2013) recomiendan la liberación de ejemplares jóvenes, ya que tendrán más capacidad de adaptarse al nuevo entorno y de desarrollar una capacidad inmunitaria, acorde con los desafíos que encontrarán en el medio natural; sin embargo, en el proceso de liberación, se debe hacer un análisis particular para seleccionar los individuos con edades óptimas, dependiendo de la especie a liberar y nunca deben ser liberados animales que hayan permanecido largos períodos en cautiverio como mascotas, ni animales de edad avanzada.

Exámenes necesarios en los animales rehabilitados: Previo a la liberación, se debe realizar una valoración integral de los ejemplares, que incluya exámenes paraclínicos e identificación de agentes patógenos específicos, evaluación genética, etológica y de la condición corporal de los individuos.

Exámenes paraclínicos y diagnóstico de agentes patógenos: En el país, las entidades ambientales y de salud no están realizando vigilancia de patógenos en la fauna silvestre, salvo algunas excepciones (Nassar *et al*. 2013). Esto se debe, quizás, a la ausencia de responsabilidades propias en esta materia, por deficiencias normativas para abordar la vigilancia y el control de las enfermedades en fauna silvestre (Peñuela-Gómez *et al*. 2012). Por esta razón, es de suma importancia la valoración del riesgo de posibles enfermedades y patógenos, para reducir al mínimo la eventualidad de transmisión a las poblaciones naturales, a los animales domésticos o los seres humanos (Jiménez & Cadena, 2004; Armstrong & Seddon, 2008; Nassar *et al*. 2013). En el cuadro 1, se presentan los principales diagnósticos de agentes patógenos y exámenes paraclínicos específicos que se sugiere realizar, previo a la liberación de mamíferos, aves y reptiles.

Exámenes genéticos: Son una herramienta imprescindible en muchas áreas de acción de la biología, como la evolución ecológica, los estudios de diversidad biológica y la conservación (Ruiz-García *et al*. 2007; Zamora-Abrego *et al*. 2013), principalmente, en especies que se encuentran en estado de amenaza o que son altamente traficadas, a nivel nacional.

Es ideal que las pruebas se realicen en la totalidad de individuos que sean liberados al medio, pero debido al alto volumen de ejemplares y la diversidad de especies que reciben los CAV, en la práctica esto es imposible de cumplir. Por lo anterior, se deben establecer criterios de selección de ejemplares en los que deben llevar a cabo estos análisis, así como el tipo de prueba genética a utilizar. Las herramientas básicas usadas en estudios de variabilidad genética son los marcadores moleculares, cuyas variaciones pueden ayudar a encontrar similitudes, en el nivel taxonómico y entre poblaciones (Mancera-Rodríguez *et al*. 2013). Existe una gran variedad de marcadores moleculares, como los fragmentos de restricción polimórficos (RFLP), polimorfismos de ADN amplificados al azar (RAPD), polimorfismos de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) y los microsatélites (STRs), para la identificación y comparación genética entre poblaciones o especies, ayudando en la resolución de dudas taxonómicas, el diseño y la planeación de estrategias para su conservación o para conocer la procedencia de animales silvestres, de los cuales, se desconoce su origen (Ruiz-García *et al*. 2003; 2007; Oyler-Mccance & Leberge, 2012); sin embargo, para muchas especies, se desconocen las características genéticas distintivas de subespecies o poblaciones.

La identificación genética, se puede obtener a partir de muestras obtenidas por métodos no invasivos, como excrementos, pelos o plumas y a través de métodos invasivos, como muestras sangre y de tejido (Godoy, 2009). En el país, algunos de los laboratorios de genética con experiencia en la identificación de especies de la fauna silvestre son el Laboratorio de Biología Evolutiva y Genética de Poblaciones del Departamento de Biología de la Pontificia Universidad Javeriana y el Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia, ambos en Bogotá.

Cuadro 1. Exámenes paraclínicos y diagnóstico de agentes patógenos, previos a la liberación de mamíferos, de aves y de reptiles.

Grupo	Enfermedad	Agente Patógeno	Examen específico	Referencia
Marsupiales	- Chagas o tripanosomiasis - Leptospirosis - Toxoplasmosis - Salmonelosis	- *Trypanosoma cruzi* - *Leptospira* spp. - *Toxoplasma gondii* - *Salmonella* spp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Fowler (2001) - Nassar *et al.* (2013) - Arcangeli (2014)
Roedores	- Leptospirosis - Brucelosis - Pasteurelosis	- *Leptospira* spp. - *Brucella* spp. - *Pasteurella* sp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Fowler (2001) - Estrada (2005) - Peñuela-Gómez *et al.*(2012) - Nassar *et al.* (2013)
Xenartros	- Leishmaniasis - Tripanosomiasis - Histoplasmosis - Paracoccidioidomicosis - Lepra - Brucelosis	- *Leshismania* sp. - *Trypanosoma* sp. - *Histoplasma* sp. - *Paracoccidioides brasiliensis* - *Mycobacterium leprae* - *Brucella* spp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	Fowler (2001) Gilmore *et al.* (2001) Plese & Moreno (2005) Miranda *et al.* (2007) Balderas *et al.* (2012) - Nassar *et al.* (2013)
Primates	- Toxoplasmosis - Salmonelosis - Hepatitis - Leptospirosis - Tuberculosis	- *Toxoplasma gondii* - *Salmonella* spp. - *Virus de hepatitis* - *Leptospira* sp. - *Myicobacterium tuberculosis*	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	Fowler (2001) - Leal *et al.* (2010) - Nassar *et al.* (2013) - Peñuela-Gómez *et al.*(2012)
Felinos	- Panleucopenia felina - Rinotraqueitis Felina - Peritonitis infecciosa felina - Salmonelosis - Gripe felina	- *Parvovirus* - *Herpesvirus felino tipo 1* - *Coronavirus felino* - *Salmonella* spp. - *Calicivirus felino*	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	Fowler (2001) Cepeda *et al.* (2010) Nassar *et al.* (2013)
Prociónidos	- Salmonelosis - Hepatitis - Leptospirosis - Leishmaniasis - Tripanosomiasis	- *Salmonella* spp. - *Virus de hepatitis* - *Leptospira* sp. - *Leshismania* sp. - *Trypanosoma* sp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Fowler (2001) - Peñuela-Gómez *et al.*(2012) - Nassar *et al.* (2013)
Aves	- Tuberculosis aviar - Psitacosis - Virus del Newcastle - Aspergilosis - Salmonelosis - Malaria aviar	- Mycobacterium *avium* - *Chlamydophila psittaci* - *Paramixovirus* - *Aspergillus* spp. - *Salmonella* spp. - *Plasmodium* sp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	Altman (1997) Fowler (2001) Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez (2009) Aguilar *et al.* (2010) - Peñuela-Gómez *et al.*(2012) - Nassar *et al.* (2013)
Quelonios	Herpersvirosis Fribropapilomatosis Salmonelosis Micosis por hongos	*Herpesvirus* *Herpesvirus* *Salmonella* spp. *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Candida* sp.	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Mader (1996) - Fowler (2001) - Aguilar *et al.* (2010) - Peñuela-Gómez *et al.*(2012) - Nassar *et al.* (2013)
Ofidios	- Criptosporidiosis - Paramixovirosis - Cuerpos de inclusión	- *Criptosporidium* - *Paramixovirus* - *Retrovirus*	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Mader (1996) - Fowler (2001) - Aguilar *et al.* (2010) - Nassar *et al.* (2013)
Cocodrilos	- Viruela	- *Poxvirus*	- Hemograma - Química sanguínea - Coprológicos	- Mader (1996) - Fowler (2001) - Aguilar *et al.* (2010)

Evaluación del comportamiento: El cautiverio es un ambiente restringido y extraño que afecta drásticamente el comportamiento de los ejemplares (Lozano, 2003; Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez, 2009; Arango *et al.* 2013). Por esto, es necesario realizar una evaluación etológica y de rehabilitación, que permita valorar si el animal desarrolla patrones conductuales normales o disminuye los anormales, para que pueda ser liberado (Lozano, 2003; Arango *et al.* 2013).

Algunos comportamientos deben ser estimulados en cautiverio, como la búsqueda de alimento (identificación, persecución y muerte de la presa, tiempo de manipulación y forma de consumo), hábitat (búsqueda de refugio, utilización de materiales y construcción del nido), reconocimiento de depredadores, interacciones intra e interespecíficas, amansamiento e impronta ción (contacto físico asociativo, contacto visual y acercamiento con humanos, comportamientos agonísticos) (Arango *et al*. 2013; Reading *et al*. 2013). Éstos, se pueden estimular a través de la implementación de programas de enriquecimiento ambiental que incrementan el bienestar, proporcionando un entorno confortable, para el desarrollo de patrones normales del comportamiento (Lozano, 2003).

Evaluación del estado corporal de los individuos: La condición corporal en los animales silvestres, se vincula con la disponibilidad de reservas de energía en cada individuo, así como con la probabilidad de supervivencia (Aguilar *et al*. 2010). Un animal en buen estado tiene más reservas de energía que uno en mal estado y, por consiguiente, es menos susceptible a la inanición, siendo el índice de condición corporal un buen indicador de la tasa de consumo previo de alimentos y el tamaño de las reservas energéticas (Mader, 1996; Green, 2001), por lo que, previo a su liberación, se debe evaluar el estado físico del animal.

En mamíferos, se miden el peso y la condición corporal y se clasifica en: obeso, normal, moderado y caquéctico (Acevedo *et al.* 2014); en aves, se evalúa la condición corporal, tiendo en cuenta el peso y masa corporal, la medición de niveles de grasa, la observación de piel, plumaje y medidas del tamaño del tarso (Altman, 1997); en reptiles varía, según el grupo taxonómico, pero en general, se mide el peso corporal, longitud total, longitud hocico–cloaca, longitud del cráneo, perímetro de la base de la cola, principalmente, en lagartos y cocodrilos; para tortugas, se calcula el índice de condición corporal, longitud recta de caparazón, largo curvo del caparazón, masa muscular y peso corporal (Mader, 1996; Rueda *et al.* 2007; Sampson *et al*. 2014).

Marcaje de ejemplares: El marcaje permite identificar los animales de manera más fácil al momento de realizar el seguimiento y el monitoreo (Mellor *et al*. 2004; Silvy *et al*. 2012). En el cuadro 2, se presentan los marcajes más utilizados, así como sus ventajas y desventajas.

Evaluación ecológica del sitio de liberación: Es necesario realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa de los atributos del hábitat donde se pretende liberar el ejemplar, con fines de planificación y de gestión del manejo de la fauna silvestre (Hall *et al*. 1997; Delfín *et al*. 2009). Se deben seleccionar aquellas zonas que cumplan con las mejores condiciones para la liberación dentro del área de distribución histórica de la especie, de acuerdo a su proceso evolutivo (IUCN/SCC, 2002) y garantizar que cumpla con los requerimiento de espacio, de recursos, de zonas de reproducción necesarias y permita el desarrollo de los procesos ecológicos importantes para la especie (Cepeda *et al*. 2010). Adicionalmente, se debe efectuar una investigación exhaustiva de las liberaciones previas de la especie o de especies similares en el área seleccionada o en sus cercanías, para planificar todo el proceso de liberación y seguimiento (IUCN/SCC, 2002; Osborne & Seddon, 2012).

La evaluación ecológica debe caracterizar los parámetros del hábitat seleccionado para la liberación de fauna silvestre rehabilitada, los cuales, incluyen el tamaño del área, la cobertura vegetal, las fuentes de agua, las condiciones climáticas, los usos del suelo, la inclinación y orientación de las laderas, el estado sanitario de las poblaciones naturales, los asentamientos humanos, la infraestructura vial y las amenazas presentes (Cheyne, 2006; Seddon *et al.* 2007; Armstrong & Seddon, 2008; Delfín *et al*. 2009; Cepeda *et al*. 2010).

Existen algunos métodos para la evaluación del hábitat donde se hará la reintroducción de fauna silvestre rehabilitada, como ALCES (A Landscape Cumulative Effects Simulator), que cuantifica la disponibilidad y la calidad del hábitat para especies concretas; el Índice de Capacidad del Hábitat (ICH), que estima la capacidad de un parche paisajístico y las áreas circundantes, para proporcionar condiciones importantes para la supervivencia y reproducción de las especies y el Índice de Idoneidad de Hábitat (IHS), que permite representar la distribución espacial de las variables y usarse para generar mapas de calidad de hábitat, entre otros (Beck & Suring, 2007).

Selección del tipo de liberación: El tipo de liberación depende de aspectos relacionados con el grupo taxonómico, la edad, el origen del animal, el manejo y el tiempo de permanencia en cautiverio, entre otros. Las liberaciones duras, se llevan a cabo de manera abrupta, sin ningún tipo de aclimatación a su nuevo ambiente (IUCN/SCC, 2002; Harrington *et al*. 2013), normalmente, de individuos recién capturados o que han estado en cautiverio corto tiempo o que han tenido una buena respuesta al proceso de rehabilitación. Las liberaciones suaves requieren de algún tiempo de adaptación y de aclimatación del animal, por eso es necesario implementar medidas de apoyo, que garanticen su bienestar (IUCN/SCC, 2002; Arango *et al*. 2013; Harrington *et al*. 2013); se reali-

Cuadro 2. Tipos de marcaje utilizado en animales silvestres.

Tipo de marcaje	Grupo	Ventajas	Desventajas	Referencia
Pinturas y tintura (Semipermanente)	Mamíferos Aves Reptiles	Utilizadas estudios de corta duración Fácil visualización a distancia Bajo costo	Tóxicos. Generar alteraciones en la piel donde se aplica. Corta duración. Requiere remarcar los animales.	Mellor *et al*. (2004) Silvy *et al*. (2012)
Pigmento fluorescente (Semipermanente)	Mamíferos Reptiles	Utilización en animales nocturnos Observación fácil en la oscuridad	Puede ser toxico y puede generar la muerte del individuo Necesario una lámpara de luz ultravioleta o de luz blanca	Silvy *et al*. (2012)
Etiquetas o tags (Semipermanente)	Mamíferos Aves Reptiles	Fácil de observar	Etiquetas de gran tamaño pueden generar efectos negativos. Se puede desprender dependiendo de su tamaño, material, forma, posición, sitio anatómico, comportamiento del animal Necesita restricción física o química para colocarlo.	Silvy *et al*. (2012)
Collar expandible (Semipermanente)	Mamíferos Aves	Fácil de observar	Puede impedir su circulación sanguínea, respiración o alimentación. El animal puede quedar enredado en el collar y ahogarse.	Silvy *et al*. (2012)
Radio collar (Semipermanente)	Mamíferos Aves Reptiles	Seguimiento remoto de los animales liberados en una gran área.	Puede enredarse quedando los individuos atrapados y/o asfixiados. Requiere entrenamiento técnico para el manejo de los equipos. Costoso.	Mellor *et al*. (2004) Silvy *et al*. (2012)
Anillo (Permanente)	Aves	Anillos de metal permiten determinar la entidad anilladora con su país de origen.	Pueden generar lesiones a nivel de la tibia	Pinilla (2000)

zan, principalmente, con individuos producto de decomiso y nacidos en cautiverio, que han sido rehabilitados.

Aspectos logísticos para la liberación: Los animales que se liberan deben ser transportados por separado, chequear su estado de salud constantemente y suministrar tranquilizantes a los que presenten un alto estrés. Las jaulas tienen que ser totalmente seguras y cómodas, que no permitan fugas innecesarias o traumas durante el viaje.

Técnicas de seguimiento y monitoreo: Estas técnicas permiten determinar rangos de acción, desplazamientos, usos del hábitat y obtener información directa del comportamiento del animal en el medio silvestre, que validan la eficacia de la rehabilitación, reintroducción y su adaptación al medio (MAVDT, 2006a). Las técnicas más utilizadas son la radiotelemetría (telemetría por tierra, satelital por sistemas de posicionamiento global) (Silva & Opps, 2011), cámara trampa (Chávez *et al*. 2013), la observación directa y las trampas de huellas y rastros (Aranda, 2012).

Evaluación durante la fase de seguimiento y monitoreo: La vigilancia del estado sanitario de los ejemplares liberados permite identificar los riesgos reales para la salud de los individuos reintroducidos (Seddon *et al*. 2007; Armstrong & Seddon, 2008). Es conveniente monitorear, rutinariamente, el estado de salud, mediante la observación directa de la condición corporal, estado de la piel, además, el registro de algún signo clínico que denote enfermedad. En el cuadro 3, se presenta una propuesta de formato de evaluación clínica

rutinaria en la fase de seguimiento y de monitoreo de mamíferos, de aves y de reptiles reintroducidos.

Se recomienda, si es posible, recapturar los animales liberados en un periodo determinado, para hacerles un examen clínico general, acompañado de pruebas paraclínicas, además, para evaluar presencia de anticuerpos contra agentes infecciosos y contaminantes (Mader, 1996).

La evaluación de los patrones de movimiento de los animales reintroducidos ayudan a definir el tamaño de su área de acción, distancias diarias recorridas, patrones de actividad y el efecto del hábitat en sus movimientos, así como a determinar si la especie selecciona hábitat al azar o según la abundancia de alimento (Le Gouar *et al*. 2012) (Figura 1).

Cuadro 3. Formato de evaluación clínica rutinaria en la fase de seguimiento y de monitoreo de mamíferos, de aves y de reptiles reintroducidos.

Formato de evaluación clínica rutinaria en la fase de seguimiento y monitoreo de mamíferos, aves y reptiles reintroducidos						
Fecha			Lugar:			
Hora de inicio de observación:			Hora de finalización de la observación:			
Nombre común:			Nombre científico :			
Número de identificación:			Edad: Ad SA J I		Sexo: Ma He	
EVALUACIÓN GENERAL						
	Mamíferos		**Aves**		**Reptiles**	
Condición Corporal	Buena		Buena		Buena	
	Regular		Regular		Regular	
	Mala		Mala		Mala	
Evaluación de la piel y anexos	Pelaje	Bueno	Plumaje	Bueno	Escamas y osteodermos	Bueno
		Regular		Regular		Regular
		Malo		Malo		Malo
	Garras, pezuñas, uñas	Completas	Garras	Completas	Garras	Completas
		Fracturadas		Fracturadas		Fracturadas
		Pérdida total		Pérdida total		Pérdida total
	Cuernos y astas	Completa	Ranfoteca	Completa	Ranfoteca y dientes	Completa
		Fracturada		Fracturada		Fracturada
		Pérdida total		Pérdida total		Pérdida total
	Dientes	Completo	Podoteca	Bueno	Caparazón	Bueno
		Fracturado		Regular		Regular
		Pérdida total		Malo		Malo
Evidencia de signos de enfermedad	Vocalización persistente		Vocalización persistente		Estiramiento del cuello	
	Decaimientos y muecas faciales		Decaimientos (renuente al ejercicio)		Decaimientos (renuente al ejercicio)	
	Temblores		Movimientos excesivos		Coloración oscura de la piel (saurios)	
	Chasquido de dientes		Ojos parcialmente cerrados		Ojos parcialmente cerrados y hundidos	
	Rechazo alimentarse		Pérdida de peso y/o rechazo a alimentarse		Pérdida de peso y/o rechazo a alimentarse	
	Pérdida de peso		Cuello retraído y alas abiertas		Piel reseca	
	Pilo erección		Respiración rápida y superficial		Respiración rápida y superficial	
	Respiración rápida y superficial		Dificultades en la locomoción		Dificultades en la locomoción	
	Dificultades en la locomoción		Plumaje erizado y sucio		Nado de lado (tortugas)	
Evaluación de lesiones físicas	Superficial: eritema de la piel.		Superficial: eritema de la piel.		Superficial: eritema de la piel	
	Piel: pérdida de epidermis y dermis		Piel: pérdida de epidermis y dermis		Piel: pérdida de epidermis y dermis	
	Necrosis cutánea con compromiso subcutáneo		Necrosis cutánea con compromiso subcutáneo		Necrosis cutánea con compromiso subcutáneo	
	Compromiso muscular u óseo		Compromiso muscular u óseo		Compromiso muscular u óseo	
OBSERVACIONES						

En cuanto a la evaluación etológica, se debe priorizar las diferentes categorías del comportamiento a valorar, las cuales, están clasificadas en alimenticias, asociativas, agonísticas, epimeléticas, et-epimeléticas, alelomiméticas, reproductivas, eliminatorias y exploratorias (Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez, 2009; Arango *et al*. 2013). También es necesario determinar las posibles variaciones comportamentales derivadas de cambios en el entorno y comparar los comportamientos observados en rehabilitación, pre adaptación y liberación, verificando que los estímulos ambientales aumenten conductas favorables para la supervivencia (Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez, 2009; Leal *et al*. 2010; Arango *et al*. 2013).

Tiempo de seguimiento y monitoreo: El periodo de seguimiento y de monitoreo está condicionado por el tipo de especie liberada, el hábitat, el personal disponible, entre otros (Cepeda *et al*. 2010). El monitoreo, se debe hacer por un tiempo de, al menos, 8 horas diarias, durante las primeras semanas de seguimiento, para observar la adaptación de los ejemplares al nuevo ambiente o para realizar medidas de manejo. Posteriormente, se sugiere ejecutar seguimientos mensuales, bimestrales o trimestrales, durante un 1 año, como mínimo (Beck *et al*. 1994; Seddon *et al*. 2007; Armstrong & Seddon, 2008; Mccarthy *et al*. 2012)

Tipo de intervenciones - medidas de apoyo: Durante el proceso de seguimiento y de monitoreo, se pueden revisar, replantear o cancelar ciertas actuaciones previstas o, incluso, el propio programa, de acuerdo con los resultados obtenidos. Asimismo, incluir nuevas acciones que contribuyan a cumplir los objetivos planteados, para lograr la permanencia de la población reintroducida (Seddon, 1999). Las intervenciones, se deben hacer siempre que sean necesarias, principalmente, en animales que provengan de liberaciones blandas, siendo las más comunes las alimenticias, el control de depredadores, la construcción de refugios y recapturas (Seddon, 1999; Armstrong & Seddon, 2008).

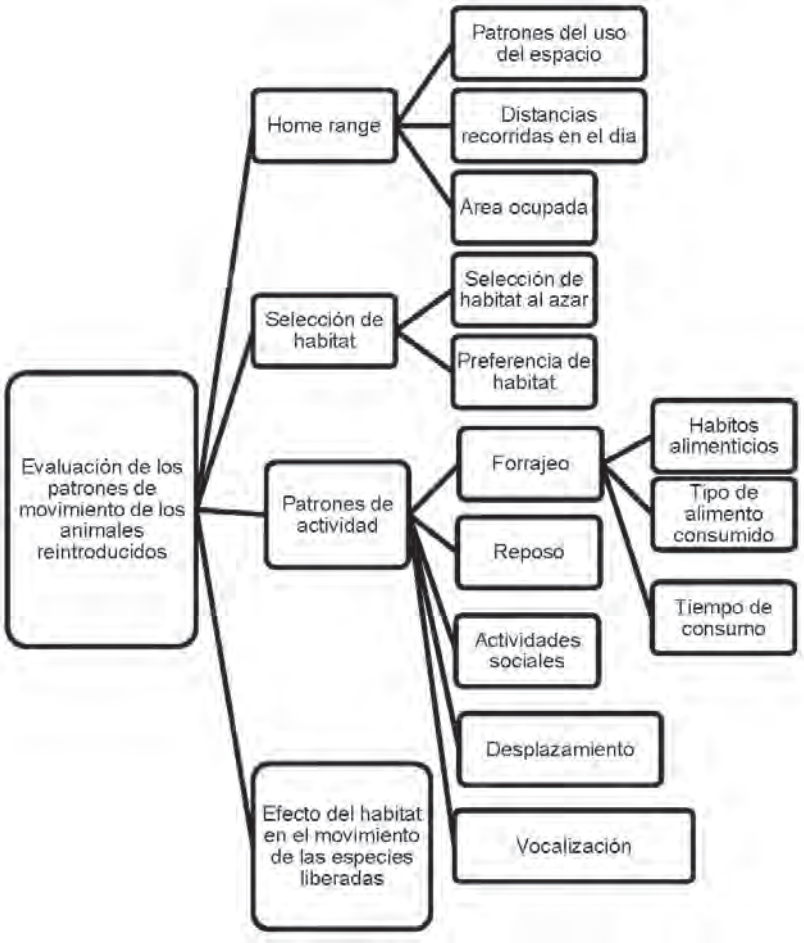


Figura 1. Evaluación de los patrones de movimiento de los animales silvestres reintroducidos.

Implementación de estrategias divulgativas en el área de liberación: Se recomienda ejecutar un programa de educación ambiental para sensibilizar a la comunidad acerca de la conservación de ecosistemas, su protección y propiciar un cambio de actitud, que favorezca la supervivencia de la especie en particular, en las áreas donde existe o es liberada (Leal *et al*. 2010). Esta información permitirá involucrar a las poblaciones humanas locales, como colaboradores del proyecto (IUCN/SCC, 2002). En el cuadro 4, se presenta una descripción de estrategias divulgativas y las correspondientes actividades a desarrollar en ellas.

Requisitos técnicos y logísticos: Las liberaciones deben ser adelantadas o vigiladas por la autoridad ambiental, así la rehabilitación, la liberación, el seguimiento y el monitoreo sea realizado por Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), universidades e institutos de investigación. Se requiere personal técnico interdisciplinario durante todo el proceso (Seddon *et al*. 2007) y se deben tomar las previsiones para informar y educar a las comunidades del área de influencia del proyecto (IUCN/SCC, 2002). Por otro lado, es importante publicar los resultados obtenidos y que queden a disposición de la consulta ciudadana (IUCN/SCC, 2002).

Para finalizar, se debe asegurar la financiación adecuada para todas las fases del programa (IUCN/SCC, 2002) y considerar los aspectos legales vinculados a la liberación de ejemplares, ya que todas las actuaciones contempladas han de incorporar la obtención de autorizaciones para el manejo y el desplazamiento de individuos, en cumplimiento de la legislación vigente (IUCN/SCC, 2002).

Evaluación del programa de reintroducción: El éxito de los programas de reintroducción de especies silvestres es difícil de evaluar, porque normalmente está enfocado en los criterios post liberación y no en el proceso completo de recuperación, de rehabilitación, de liberación, de seguimiento y de monitoreo. La evaluación del programa implica la recolección de datos de forma periódica a corto, mediano y largo plazo, que permita conocer la efectividad del trabajo y de las metodologías implementadas, usando, para ello, indicadores previamente establecidos (Lozano, 2003; Armstrong & Seddon, 2008). En el cuadro 5, se presenta una propuesta de indicadores de evaluación de la fase de liberación, de seguimiento y de monitoreo de animales silvestres rehabilitados.

Cuadro 4. Estrategias divulgativas en el área de reintroducción de la especie.

Estrategia	Descripción	Actividades a desarrollar
Elaboración y producción de material educativo idóneo	Actividades de educación ambiental en las comunidades relacionadas de manera directa o indirecta con el programa	Elaborar cartillas, afiches, volantes, botones, stickers, vídeos Producir material didáctico
Realización de investigaciones científicas	Realizar investigaciones científicas en las diferentes etapas del proceso	Ejecutar Tesis o Investigaciones de las liberaciones ejecutadas
Divulgación de informacion relacionada con el proyecto	Participar y ofrecer espacios de información del proyecto de liberación a nivel local, nacional, internacional	Divulgar en eventos y en publicaciones científicos, periódicos locales, programas de televisión y radio, Internet y puntos de información
Generar alianzas	Generar alianzas entre Autoridades Ambientales, Universidades, ONGs, administraciones locales y organizaciones comunitarias que estén trabajando por la conservación de la especie a liberar	Vincular instituciones que trabajan en beneficio de las especies silvestres Obtener aportes desde lo técnico, logístico, financiero, entre otros
Trabajo con la comunidad	Brindar pautas necesarias para un cambio de actitud con respecto a las liberaciones y crear un verdadero compromiso en ellas, en pro de la conservación Enseña a valorar y preservar los recursos naturales y a proteger los ejemplares liberados	Implementar alternativas sostenibles que generen beneficios sociales y económicos a las comunidades locales Fomentar la disminución de la captura o caza de los animales liberados Vincular voluntarios de la comunidad que vigilen que no se presenten capturas y caza de los individuos reintroducidos Capacitar a miembros de centros educativos, grupos ecologicos y la comunidad en general sobre la protección de las especies liberadas

Finalmente, destacamos que esta propuesta de lineamientos generales es un punto de partida para el seguimiento y el monitoreo de ejemplares de fauna silvestre, pero debido al volumen importante de decomisos por entidades del estado y al alto número de especies que se ven afectadas por el comercio ilegal, se deben implementar CAVR especializados y desarrollar protocolos post-liberación específicos, para las especies o grupos taxonómicos que presentan mayor número de liberaciones o que son más frecuentemente objeto del tráfico de fauna silvestre.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

Cuadro 5. Indicadores de evaluación de la fase de liberación, de seguimiento y de monitoreo de animales silvestres rehabilitados.

Componente	Indicador de éxito
Ejemplares de fauna silvestre liberados	Número de animales sobrevivientes
	Número de animales en actividad reproductiva
	Número de nacimientos
	Número de animales enfermos
	Número de animales recapturados
	Número de animales muertos
	Número de animales establecidos en un área
	Número de animales reintroducidos unidos a grupos naturales
	Número de animales de los que se desconoce su fin
	Número de animales desplazados a áreas diferentes al sitio de liberación
	Número de conflictos de fauna reintroducida con los humanos
	Número de animales usados como refuerzo poblacional
Hábitat	Número de estrategias implementadas para la conservación del hábitat utilizado para la liberación
	Número de efectos generados por las poblaciones silvestre o individuos reintroducidos al hábitat
Gestión del proyecto	Total de fondos financieros para el desarrollo del proyecto
	Número de reuniones para evaluación de la liberación con personas e instituciones del área de influencia del proyecto de liberación
	Número de estrategias que permitan la continuidad de las acciones de protección, conservación y prevención de impactos al ambiente dentro de las áreas elegidas para la liberación
	Número de intervenciones durante el proyecto
	Número de metas alcanzadas con el desarrollo e implementación de las acciones descritas en el proyecto de liberación
	Número acciones correctivas implementadas
Estrategia Educativa	Número de materiales educativos
	Número de investigaciones científicas
	Número de publicaciones
	Total de alianzas durante el proceso
	Número de capacitaciones en centros educativos
	Número de capacitaciones a la comunidad en general
	Total de voluntarios de la comunidad que vigilen que no se presenten capturas y caza de los individuos reintroducidos

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO, A.; ÁLVAREZ-VARGAS, V.; HERNÁNDEZ, C.; GARCÍA, G.; SOTO, I. 2014. Valoración clínica y parasitológica del tití gris (Primates: Cebidae: *Saguinus leucopus*) en dos poblaciones naturales presentes en San Carlos y San Rafael (Antioquia, Colombia). Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 9(1):68-83.

2. AGUILAR, R.; HERNANDEZ, S.; DIVERS, S.; PERPIÑAN, D. 2010. Atlas de Medicina de Animales exóticos. Ed. Intermédica (Buenos Aires). 480p.

3. ALTMAN, R. 1997. Avian medicine and surgery. Ed. W.B. Saunders Company (United States of American). 1070p.

4. ARANDA, J. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Tlalpan. Ed.Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (México DF). 260p.

5. ARANGO, H.; BALLESTEROS, S.; GARCÍA, F.; MONSALVE, S. 2013. Primer proceso de rehabilitación y reintroducción de un grupo de titís cabeciblancos (*Saguinus oedipus*). Rev. Lasallista Invest. 10(1):49-61.

6. ARCANGELI, J. 2014. Manejo de crías de zarigüeya (*Didelphis virginianus*) en cautiverio. REDVET Rev. Electrón. 15(9):1-13.

7. ARMSTRONG, D.; SEDDON, P. 2008. Directions in reintroduction biology. Trends Ecol. Evolution. 23:20-25.

8. ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIUMS –AZA-. 1992. Guidelines for Reintroduction of Animals Born or Held in Captivity. https://www.aza.org/reintroduction (con acceso 16/09/2014).

9. BALDERAS, S.; BARRÓN, D.; MAGAÑA, V. 2012. Plan de manejo tipo para armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) modalidad intensiva. Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General de Vida Silvestre (México). 52p.

10. BARONGI, R.; FISKEN, F.A.; PARKER, M.; GUSSET, M. 2015. Committing to Conservation: The World Zoo and Aquarium Conervation Strategy. Ed. WAZA (Gland). 69p.

11. BECK, B.; RAPAPORT, LG.; STANLEY, M.; WILSON, AC. 1994. Reintroduction of captive-born animals. En: Olney, P (ed). Creative conservation: interactive management of wild and captive animals. Ed. Chapman & Hall, (London). p.265-286.

12. BECK, J.; SURING, L. 2007. Description and evaluation of frameworks for the development of wildlife habitat relationships models En: Millspaugh, J.; Thompsonent, F. (eds). Models for Planning Wildlife Conservation in Large Landscapes. Ed. Elservier (United States). p.37.

13. BENNETT, S.E.; VÁSQUEZ, J.I.; SÁNCHEZ, L.; SINARAHUA, L.; MURAYARI, A.; MARTÍNEZ, A.; PELÁEZ L.; MILLÁN, J. 2013. Preliminary observations from a welfare release of woolly monkeys in the Colombian Amazon. In: Soorae, P. (Ed). Global Re-introduction Perspectives: 2013. Further case studies from around the globe. p.229-234.

14. CAICEDO-HERRERA, D.; MONA-SANABRIA, Y.; ESPINOSA-FORERO, R.; BARBOSA-CABANZO, J.; FARIAS-CURTIDOR, N.; GONGORA-CORREA N.; TRUJILLO-GONZALEZ, F. 2013. Aplicación de tecnologías VHF y satelital para seguimiento de manatíes *Trichechus manatus* como una estrategia para su manejo y conservación en la cuenca baja y media del río Sinú, departamento de Córdoba. En: Trujillo, F.; Gartner, A.; Caicedo, D.; Diazgranados, C. (Eds). Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Fundación Omacha. Bogotá, Colombia. p.273-311.

15. CAMARGO-SANABRIA, A.; LÓPEZ, H.F.; SARMIENTO-PARRA, D. 2005. Evaluación preliminar del área de acción y patrón de actividad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), como parte de una alternativa de manejo ex situ en un bosque seco tropical (Cundinamarca, Colombia). Acta Biológica Col. 10(1):84-85.

16. CEPEDA, I.; BALAGUERA, S.; GONZÁLEZ, J.; CEPEDA, A.; QUIROS, V.; CASTAÑO, C.; ZARRATE CHARRY, D.; ZAMORA, A.; JARAMILLO, C. 2010. Proceso de reubicación y monitoreo de dos individuos de Ocelote (*Leopardus pardalis*) en la Reserva Natural Sanguaré (Sucre, Colombia).CARSUCRE, PROCAT, Fundación Herencia Ambiental Caribe, Reserva Natural Sanguaré. Boletín Alúna. 3(2):39-42.

17. CHÁVEZ, C.; LA TORRE, A.; BÁRCENAS, H.; MEDELLÍN, R.; ZARZA, H.; CEBALLOS, G. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Ed. Aliana WWF/TELCEL (México). 108p.

18. CHEYNE, S. 2006. Wildlife reintroduction: considerations of habitat quality at the release site. BMC Ecology. 6(5):1-10.

19. COMITÉ INTERINSTITUCIONAL DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE DE ANTIOQUIA –CIFFA-. 2007. Guía para el control al tráfico ilegal de fauna silvestre Colombia. Ed. CIFFA (Medellín). 96p.

20. DELFÍN, C.; GALLINA, S.; LÓPEZ, C. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. Tropical Conserv. Sci. TCS. 2(2):215-228.

21. DUARTE-SÁNCHEZ, L.F.; DÍAZ-MARTÍNEZ, J.A. 2009. Conducta de forrajeo y social en dos especies de loros recuperados del tráfico ilegal. Mesoamericana. 13(1):12-22.

22. ESTRADA, C. 2005. Seguimiento poblacional de borugas (*Agouti paca*) en el piedemonte Amazónico colombiano. Rev. Fac. Cienc. Agropec. 1(7):12-17.

23. FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B. 2000. An assessment of the published results of animal relocation. Biol. Cons. 96:1-11.

24. FOWLER, M. 2001. Biology, Medicine, and surgery of South American wild animals. Ed. Iowa State University Press / Ames (Iowa State). 536p.

25. GILMORE, D.; DA COSTA, C.; DUARTE, D. 2001. Sloth biology: an update on their physiological ecology, behavior and role as vectors of arthropods and arboviruses. Braz. J. Med. Biol. Res. 34(1):1-25.

26. GODOY, J. 2009. La genética, los marcadores moleculares y la conservación de especies. Ecosistemas. 18(1):23-33.

27. GÓMEZ, J.R.; JORGESON, J.; VALBUENA, R. 1999. Report on the rehabilitation and release of two giant river otter (*Pteronura brasiliensis*) pups in the Bita River (Vichada, Colombia). IUCN otter specialist group Bulletin. 16(2):86-89.

28. GREEN, A. 2001. Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? Ecology. 82(5):1473-1483.

29. GRIFFITH, B.; SCOTT, M.; CARPENTER, J.; REED, CH. 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. Science. 245:447-480.

30. HALL, L.; KRAUSMAN, P.; MORRISON, M. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. Wildlife Soc. Bull. 25:173-182.

31. HARRINGTON, L.; MOEHRENSCHLAGER, A.; GELLING, M.; ATKINSON, R.P.; HUGHES, J.; MACDONALD, DW. 2013. Conflicting and Complementary Ethics of Animal Welfare Considerations in Reintroductions. Conserv. Biol. 27(3):486-500.

32. IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Ed. IUCN Species Survival Commission (Gland, Switzerland). 72p.

33. IUCN/SCC. 2002. Guidelines for placement of confiscated animals. Preparado por grupo de especialistas de Re–Introducción de SSC. Ed. (Species Survival Commission). 24p.

34. JARAMILLO-FAYAD, J.C.; PÉREZ-TORRES, J.; SARMIENTO, D.M. 2003. Cambios del comportamiento como respuesta a la supresión de alimento suplementario en una población semicautiva de *Saimiri sciureus* (mono ardilla). Rev. Mastozool. Neotrop. 10(2):261-268.

35. JIMÉNEZ, I.; CADENA, C.D. 2004. Por qué no liberar animales silvestres decomisados. Ornitología Colombiana. 2:53-57.

36. LE GOUAR, P.; MIHOUB, J.; SARRAZIN, F. 2012. Dispersal and Habitat Selection: Behavioural and Spatial Constraints for Animal Translocations. En: Ewen, J.; Armstrong, D.; Parker, K.; Seddon, P. (Eds). Reintroduction Biology: Integrating Science and Management. Ed. Blackwell Publ. Ltd. p.138-164.

37. LEAL, A.; GRANADOS, L.; ZERDA, E.; BRIEVA, C. 2010. Liberación y seguimiento de dos grupos de tití gris (*saguinus leucopus*) en el departamento de Tolima. Rev. Med. Vet. Zoot. 57:132-143.

38. LOZANO, I. 2003. Manejo del comportamiento en primates cautivos mediante el uso de técnicas de enriquecimiento ambiental, con énfasis en centros de rehabilitación d fauna decomisada En: Nassar, F.; Pereira, V.; Savage, A. (eds). Primatología del Nuevo Mundo: Biología, Medicina, Manejo, Conservación. Ed. Centro de Primatología Araguatos (Bogotá). p.219-229.

39. MADER, D. 1996. Reptile medicine and surgery. 1ª ed. California: W.B Saunders Company. 512p.

40. MANCERA-RODRÍGUEZ, N.J.; REYES O. 2008. Comercio de fauna silvestre en Colombia. Rev. Fac. Nal. Agr. 61(2):4618-4645.

41. MANCERA-RODRÍGUEZ, N.J.; MÁRQUEZ, E.; HURTADO, J. 2013. Uso de la Citogenética y técnicas moleculares en estudios de diversidad genética en peces colombianos. En: Biología Molecular aplicada a la producción animal y la conservación de especies silvestres. Medellin: Ed. Universidad Nacional de Colombia (Medellín). p.237-312.

42. MCCARTHY, M.; ARMSTRONG, D.; RUNGE, M. 2012. Adaptive management of reintroduction. En: Ewen, J.; Armstrong, D.; Parker, K.; Seddon, P. (eds). Reintroduction Biology: Integrating Science and Management. Ed. Blackwell Publishing. p.256-290.

43. MELLOR, D.; BEAUSOLEIL, N.; STAFFORD, K. 2004. Marking amphibians, reptiles and marine mammals: animal welfare, practicalities and public perceptions in New Zealand. Ed. Department of Conservation (Wellington New Zealand).12p.

44. MENDIVELSO, D.A.; MONTENEGRO, O.L. 2007. Diagnóstico del tráfico ilegal y del manejo post decomiso de fauna silvestre en nueve corporaciones autónomas regionales de Colombia. Acta Biol. Col. 12(5):125-127.

45. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL –MAVDT-. 2006a. Programa nacional para la conservación del oso andino (*Tremactor ornatus*). Ed. Dirección General de Ecosistemas (Bogotá). 28p.

46. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL –MAVDT-. 2006b. Programa de conservación del cóndor andino *Vultur gryphus* en Colombia. Plan de acción 2006-2016. Bogotá, Colombia.

47. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL –MAVDT-. 2010. Resolución 2064/ 2010. Por lo cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de fauna y flora terrestre y acuática y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 47.874, (Oct 26 de 2010).

48. MIRANDA, F.; SUPERINA, M.; OROZCO, M.; JIMÉNEZ, I. 2007. Manual de cuarentena del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*). Vers. 1. Proy. Tamandua. Ed. The convervation land trust (Brasil). 25p.

49. MORALES-BETANCOURT, D. 2011. Report of an adaptive reintroduction of a juvenile giant otter (*Pteronura brasiliensis*). IUCN/SCC Otter Specialist Group Bull. 28(1):1-60.

50. NASSAR, F.; GONZÁLEZ, C.; LOZANO, I.; PATIÑO, X.; CUADROS, M. 1998. Protocolo general de manejo para el centro de recepción y rehabilitación de fauna silvestre del DAMA. Ed. DAMA (Bogotá). 45p.

51. NASSAR, F.; PEREIRA, V.; ALFONSO-AGUILAR, L.M. 2013. Capacidad Colombiana para identificar oportunamente enfermedades zoonóticas de origen silvestre. Cuadernos de Investigaciones Veterinarias. Ed. Fundación Universitaria San Martin (Bogotá). 55p.

52. OSBORNE, P.; SEDDON, P. 2012. Selecting Suitable Habitats for Reintroductions: Variation, Change and the Role of Species Distribution Modelling En: Ewen, J.; Armstrong, D.; Parker, K.; Seddon P. (Eds). Reintroduction Biology: Integrating Science and Management. Ed. Blackwell Publ. Ltd. p.73-105.

53. OYLER–MCCANCE, S.; LEBERGER, P. 2012. Conservatión genetics and molecular ecology in wildlife management En: Silvy, N. (ed).The Wildlife Techniques Manual Research. Ed. Johns Hopkings University Press (Baltimore). p.526-580.

54. PEÑUELA-GÓMEZ, S.M.; PÉREZ-TOBAR, J.M.; SOLER-TOVAR, D.; VARELA-ARIAS, N. 2012. Conocimiento y Gestión de las Enfermedades de los Animales Silvestres en Colombia. Ed. Asoc. Veterinarios de Vida Silvestre (VVS) - Wildlife Conservation Society (WCS) (Bogotá). 220p.

55. PINILLA, J. 2000. Manual para el anillamiento científico de las aves. Ed. Seo/Birdlife Madrid). 160p.

56. PLESE, T.; MORENO, S. 2005. Protocolos de rehabilitación, reintroducción o reubicación de perezosos de dos uñas (*C. hoffmanni) y* de tres uñas (*B. variegatus*). Ed. Fund. UNAL-CORANTIOQUIA (Colombia). 24p.

57. PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. 2011. Informe de gestión 2011. República de Colombia. Procuraduría General de la Nación. Ed. Procuraduría General de la Nación (Bogotá D.C). 250p.

58. READING, R.; MILLER, B.; SHEPHERDSON, D. 2013 The Value of Enrichment to Reintroduction Success. Zoo Biol. 32(3):332-341.

59. RUEDA, J.; CARR, J.; MITTERMEIER, R.; RODRIGUEZ, J.; MAST, R.; VOGT, R.; RHODIN, A.; DE LA OSSA, J.; RUEDA, J.; GOETTSCH, C. 2007. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. Ed. Conservación Internacional (Bogotá D.C). 537p.

60. RUIZ-GARCÍA, M.; BANGUERA, E.; GÁLVEZ, H.; ÁLVAREZ, D. 2003. Discriminación de especies de los géneros *Saimiri* y *Aotus* mediante las técnicas de RAPDs y STRPs: Un estudio preliminar para la identificación de diferencias interespecíficas. En: Nassar, F.; Pereira, V.; Savage, A. (eds). Primatología del Nuevo Mundo: Biología, Medicina, Manejo, Conservación. Ed. Centro de Primatología Araguatos (Bogotá). p.207-217

61. RUIZ-GARCÍA, M.; MURILLO, A.; CORRALES, C.; ROMERO, N.; ÁLVAREZ, D. 2007. Genética de poblaciones amazónicas: la historia evolutiva del jaguar, ocelote, delfín rosado, mono lanudo y piurí, reconstruida a partir de sus genes. Anim. Biod. Cons. 30(2):115-130.

62. SAMPSON, L.; PAYÁN, L.; AMOROCHO, D.; SEMINOFF, J.; GIRALDO, A. 2014. Variación intraespecífica de la tortuga verde *Chelonia mydas* (Cheloniidae) en el área de forrajeo del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacífico colombiano). Acta Biol. Col. 19(3):461-470.

63. SARRAZIN, F.; LEGENDRE, S. 2000. Demographic approach to releasing adults versus young in reintroductions. Conserv. Biol. 14(2):488-500.

64. SEDDON, P.; ARMSTRONG, D.; MALONE, R. 2007. Developing the Science of Reintroduction Biology. Conserv. Biol. 21(2):303-312.

65. SEDDON, P. 1999. Persistence without intervention: assessing success in wildlife reintroductions. Trends Ecol. Evol. 14(12):503.

66. SILVA, M.; OPPS, S. 2011. Use of Telemetry Data to Investigate Home Range and Habitat Selection in Mammalian Carnivores. En: Ondrej, K.; (ed). Modern Telemetry. Ed. Intech (Prince Edwar Island). p.281-308.

67. SILVY, N.; LÓPEZ, R.; PETERSON, M. 2012.Techniques for marking wildlife. En: Silvy, N. (ed).The Wildlife Techniques Manual Research. Ed. Johns Hopkings University Press (Baltimore). p.339-370.

68. SOORAE, P.S. 2016. Global Re-introduction Perspectives: 2016. Case-studies from around the globe. Ed. IUCN/SSC Reintroduction Specialist Group and Abu Dhabi, UAE: Environment Agency-Abu Dhabi (Gland, Switzerland). 276p.

69. TORRES, A.; JIMÉNEZ, M.; BLANCO, K. 2013 La reintroducción de poblaciones de animales como verdadera herramienta de conservación. Ambientico. 239:31-37.

70. WIMBERGER, K.; DOWNS, C.T.; BOYES, R.S. 2010. A survey wildlife rehabilitation in South Africa: is there a need for improved management ? Anim. Welf. 19(4):481-499.

71. WORLD ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIUMS – WAZA-. 2005. Building a Future for Wildlife – The World Zoo and Aquarium Conservation Strategy. Olney, P.J. (Ed.). Disponible desde Internet en: http://www.waza.org/en/site/conservation/conservation-strategies (con acceso 15/10/2014).

72. ZAMORA-ABREGO, G.; MANRÍQUEZ-MORÁN, N.; ORTÍZ-YUSTY, O.; ORTEGA-LEÓN, A. 2013. Uso de técnicas moleculares como herramienta para conservar la diversidad biológica. En: Biología Molecular aplicada a la producción animal y la conservación de especies silvestres. Ed. U. N. Colombia (Medellín). p.318-387p.

Recibido: Febrero 10 de 2016
Aceptado: Julio 8 de 2016

Cómo citar:

Choperena Palencia, M.C.; Mancera-Rodríguez, N.J. 2016. Lineamientos para el seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 411-424.

GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTICIOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN ARROYO TROPICAL (COLOMBIA)

FUNCTIONAL FEEDING GROUPS OF AQUATIC MACROINVERTEBRATES IN A TROPICAL STREAM (COLOMBIA)

Ángela Motta Díaz[1], Laura Ortega Corredor[2], Yeina Niño Fernández[3], Nelson Aranguren Riaño[4]

[1] Biólogo. U. Pedagógica y Tecnología de Colombia, Grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, Avenida Central del Norte, Vía Paipa, Tunja-Boyacá, Colombia, e-mail: angelitaconejon@gmail.com; [2] Biólogo. U. Pedagógica y Tecnología de Colombia, Grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, Tunja-Boyacá, Colombia, e-mail: laurandreaoc@gmail.com; [3] Biólogo. U. Pedagógica y Tecnología de Colombia, Tunja-Boyacá, Colombia, e-mail: rijoal1122@yahoo.es; [4] Ph.D. en Ciencias Biológicas. U. Pedagógica y Tecnología de Colombia, Facultad de Ciencias Básicas, Escuela de Biología, Grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, Tunja- Boyacá, Colombia, e-mail: nelson.aranguren@uptc.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 425-433, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Los macroinvertebrados son un importante componente biológico de los ríos, ya que están vinculados, activamente, en el flujo de materia y energía. El objetivo del estudio fue determinar la estructura y los grupos funcionales alimenticios de los macroinvertebrados, en la quebrada La Chapa (Departamento de Boyacá). En tres tramos de la quebrada, en las épocas de lluvia y sequía, se midieron características físicas y químicas. Mediante red Surber, se obtuvieron muestras en cada tramo, para estimar la abundancia y la biomasa de macroinvertebrados. La asignación de los grupos funcionales alimenticios por taxón, se hizo a partir de fuentes secundarias. En el análisis de componentes principales, las variables físicas y químicas se ordenaron según la temporalidad; la conductividad eléctrica, la dureza y la alcalinidad fueron las variables con mayor peso en el análisis. Respecto a los macroinvertebrados, se hallaron 35 taxones, con mayor riqueza en efemerópteros y dípteros, con 8 y 7 taxones, respectivamente. En época de lluvias predominaron, en abundancia, los organismos colectores-recolectores y colectores-filtradores, como *Thraulodes* sp. y *Simulium* sp., mientras que en época seca fueron los raspadores, como *Helycopsyche* sp. En cuanto a la biomasa, en la época de lluvia predominaron los perforadores-carnívoros, como *Limnocoris* sp., mientras en la época seca fueron los raspadores, como Hydrobiidae. La variación temporal en los grupos funcionales, se puede asociar con los cambios en las condiciones del hábitat, determinados por la expresión diferencial del caudal. Se confirma que los cambios temporales asociados a la estacionalidad climática e hidráulica son importantes en la estructuración de la comunidad de macroinvertebrados, en los sistemas loticos andinos.

Palabras clave: Macroinvertebrados, estructura trófica, ríos de cabecera, Andes,

SUMMARY

Aquatic macroinvertebrates are an important biological component of rivers because they contribute to the flow of matter and energy. The goal of this study was to determine the structure and functional feeding groups of macroinvertebrates in the stream La Chapa (Dpto. Boyacá). In three sections of the stream, during the rainy and dry seasons, we measured physical and chemical characteristics of the water and used a surber net to obtain macroinvertebrate samples. Next, all species were identified, abundance and biomass calculated, then assigned each taxon to a functional feeding group based on dietary preferences. In the principal component analysis the physical and chemical variables were organized according to seasonality, electric conductivity, hardness and alkalinity. Thirtyfive macroinvertebrate taxa were found, with a high abundance of mayflies and diptera, with 8 and 7 taxa respectively. During the rainy season the stream was dominated by collector-gatherer and collector-filter organisms including *Thraulodes* sp. and *Simulium* sp., while in the dry season scrapers such as *Helycopsyche* sp.

were more common. In terms of biomass, the rainy season was composed primarily of the driller-carnivore *Limnocoris* sp., while in the dry season the biomass of the scrapers such as Hydrobiidae increased. The temporal variation in the functional feeding groups that we observed is likely a consequence of changes in habitat conditions over time. In conclusion, our work supports the role for seasonal changes in structuring the phenology of macroinvertebrate communities in Andean lotic ecosystems.

Key words: Macroinvertebrates, trophic structure, headstreams, Andes.

INTRODUCCIÓN

Los ríos de montaña andinos presentan características topográficas, geológicas e hidráulicas únicas, dadas por los cambios de caudal, entre épocas (seca-lluvias), su ubicación en la región húmeda tropical y en montañas geológicamente jóvenes, con altas pendientes. Estas circunstancias condicionan procesos físicos, químicos, biológicos y metabólicos, tales como: el transporte de sedimentos, la concentración de iones y sólidos disueltos y el procesamiento de materia orgánica (Jacobsen, 2008). Cerca de estos sistemas, se encuentran asentamientos humanos, que afectan negativamente la calidad ecológica, con actividades agropecuarias, de minería, extracción de agua y vertimientos de desechos (García *et al*. 2015).

Según Wantzen *et al*. (2008), existe gran variedad de fuentes de materia orgánica en estos sistemas, aunque la principal oferta, se halla en forma de materia orgánica particulada fina (MOPF), resultante de la dinámica hidráulica del río, debido al fraccionamiento físico y biológico de la MOPG. También, se destaca, en menor grado, la materia particulada gruesa (MOPG), compuesta, principalmente, por hojas caídas y restos de animales (Sabater *et al*. 2009).

Los macroinvertebrados cumplen importantes funciones en la transformación de la materia orgánica fina y gruesa, por ende, son un componente fundamental en la dinámica y funcionamiento del río. Debido a esto, han desarrollado modificaciones morfológicas y fisiológicas, que les ayudan a la adaptación en el hábitat, como son las estrategias alimenticias, las cuales, se organizan en grupos funcionales (Cummins, 1974). En este sentido, existen cinco grupos funcionales alimenticios principales: trituradores, que se alimentan de MOPG; colectores-recolectores; colectores filtradores de MOPF; raspadores de biopelícula y depredadores, que consumen otros animales (Cummins, 1974). En quebradas de montaña, se observa variedad de oferta alimenticia, que se relaciona con la presencia de ciertos grupos funcionales; en general, en estos sistemas, se destacan los organismos raspadores y colectores-recolectores (Tomanova *et al*. 2006).

Los cambios temporales de la estructura y la función de los macroinvertebrados acuáticos en sistemas Neotropicales están influenciados por las variaciones climáticas y la incidencia de éstas sobre la dinámica de flujo; estas perturbaciones naturales desempeñan un papel importante en la estructuración de la comunidad acuática (Rios-Touma *et al*. 2011). En Colombia, se han desarrollado trabajos que aprovechan la información de composición y de función de las comunidades de macroinvertebrados en quebradas de montaña, como por ejemplo, los de Rodríguez-Barrios *et al*. (2011), Chará-Serna *et al*. (2010), Guzmán-Soto & Tamarís-Turizo (2014), Rivera *et al*. (2013) y Tamarís-Turizo & Rodríguez-Barrios (2015). Regularmente, estos autores sugieren que se deben realizar más estudios ecológicos, que aborden otros aspectos, como grupos funcionales y auto-ecología, que permitirían entender mejor los procesos de autorregulación en los sistemas acuáticos y la influencia de perturbaciones naturales o artificiales, sobre éstos. La información sobre aspectos funcionales y cuantitativos de las comunidades acuáticas permiten cualificar los sistemas de evaluación de la calidad ecológica de los ríos que utilizan, principalmente, la estructura de las comunidades, como criterio de indicación (Bonada *et al*. 2006).

Dada la importancia de los macroinvertebrados en el funcionamiento de los sistemas de montaña, nuestra hipótesis de que la expresión de los grupos funcionales está dada por la época climática y la calidad ecológica del sistema, el objetivo de este trabajo fue determinar la estructura y los grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados acuáticos, en una quebrada alto-andina y el uso potencial de esta información, para evaluar la calidad ecológica del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El presente estudio, se desarrolló en la quebrada La Chapa, que hace parte de la cuenca hidrográfica del río Suárez, en la vereda San Pedro, del Municipio de Santana, Boyacá; está Localizada en las coordenadas 6°02´85´´Norte y 73°29´26´´ Oeste, a 1650m de altitud. Debido a la actividad agrícola intensiva en la región, la cuenca se encuentra alterada, además, el caudal se ha modificado, por extracción de agua, para el abastecimiento de las veredas de la zona. El rango de temperatura media oscila entre 18 y 23°C, con precipitación media multianual de 1700mm. Los periodos de lluvia, se concentran en mayo y octubre, con periodos de transición a meses de baja precipitación, en julio y en diciembre-enero. Santana tiene una estructura geomórfica de rocas sedimentarias, abundantes concreciones calco-piritosas y delgadas intercalaciones de calizas grasosas; en la fase arenosa hay alternancia de areniscas arcillosas de grano fino, con lutitas negras a amarillentas. Las formaciones vegetales que se pueden encontrar en Santana son fragmentos

aislados de bosques húmedos subtropicales y bosques muy húmedos subtropicales (IGAC, 2005).

Diseño de muestreo: El trabajo, se llevó a cabo en dos épocas climáticas: lluvias, en octubre de 2010 y seca, en enero de 2011, con un muestreo cada una. Se seleccionaron tres puntos ubicados sobre un tramo de 300m, aproximadamente. Como criterios de selección, se consideraron: los sustratos de mayor frecuencia, como arena (<2mm), grava (2-16mm) y gravilla (17-64mm), la ausencia de vertimientos puntuales entre los puntos, similitud en la condición de la fisonomía de la vegetación riparia, la cual, consistía en bosque subandino.

Variables físicas y químicas: Para caracterizar la condición física y química de la quebrada, se midió por punto: el pH y la temperatura, con pH-metro Hanna; la conductividad eléctrica, con conductivímetro YSI 30; la concentración de Oxígeno y la saturación de Oxígeno, con el Oxímetro YSI y la alcalinidad y la dureza total, mediante el Kit Aqua-Merck colorimétrico. El Caudal, se estimó a través de la relación área de sección y velocidad de flujo (Gore, 2007):

$$D = A \times v = \frac{wdal}{t}$$

Donde, **D** es la descarga o caudal, **A**, el área de la sección transversal del río, **v**, la velocidad del objeto flotante, **w**, la anchura del lecho, **d**, la profundidad media del río, **a**, un coeficiente que varía de 0,8, si el cauce es rugoso a 0,9, si el cauce es liso, **l** es la distancia recorrida por el objeto y **t**, el tiempo recorrido por el objeto.

Variables biológicas: Las muestras cualitativas, se tomaron con red de pantalla de 250μm de poro de malla. Para estimar la abundancia, se utilizó una red Surber, con un área de 900cm^2, con tres repeticiones aleatorias, en cada tramo. Los especímenes fueron preservados en alcohol, al 70% (Wetzel & Likens, 2000). La identificación taxonómica, se realizó a nivel de género, mediante las claves de Merritt *et al*. (2008) y Domínguez & Fernández (2009).

La asociación de los grupos taxonómicos con los grupos funcionales alimenticios, se realizó por medio de información secundaria, tomada de Merritt *et al*. (2008), Tomanova *et al*. (2006) y Chará-Serna *et al*. (2010).

La biomasa, se halló mediante peso seco, que consistió en introducir los individuos separados por taxón, en el horno marca Memmert, a temperatura de 105°C, durante cuatro horas y después pesarlos en una balanza analítica marca Ohaus Adventur Ar 1530-260, con sensibilidad de centésima de gramo; este método es sugerido por Wetzel & Likens (2000) y Rodrigues-Capitulo *et al*. (2009).

Tratamiento de los datos: Para los datos físicos y químicos, se aplicó estadística descriptica; se estimó, promedio y coeficiente de variación, así como un análisis de componentes principales (PCA), para evaluar patrones de ordenación y variables determinantes; se llevó a cabo en el programa Past 3.1, versión libre.

Para conocer la estructura de los macroinvertebrados, se estimó la riqueza de géneros y se realizaron análisis gráficos, para la abundancia relativa y proporción porcentual de biomasa por taxón y época, considerando la clasificación de los grupos funcionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas: El sistema presentó cambios temporales importantes en la expresión física y química. La conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, la alcalinidad y la dureza tienden a incrementarse en el periodo seco, contrario al comportamiento del caudal, la temperatura y el pH (Tabla 1). El caudal, la conductividad eléctrica y la alcalinidad expresaron la mayor variación temporal, con coeficientes de variación de 115, 48 y 46%, respectivamente.

En el análisis de componentes principales, el primer componente explica el 70% y el segundo, el 22% de la variabilidad. El ordenamiento indica una distinción de los periodos hidroclimáticos, explicados, principalmente, por los cambios en la dureza, la alcalinidad y la conductividad eléctrica (Figura 1). Así, en el periodo de bajo caudal, hay concentración de iones en el sistema, entre ellos, los carbonatos, así como mayor concentración de oxígeno, lo que se interpretaría en la mayor productividad primaria (Sabater *et al*. 2009), en contraste a un proceso de dilución, que se evidencia en el periodo de mayor caudal, lo que es común en este tipo de ambientes (Allan & Castillo, 2007).

Características biológicas: Los grupos taxonómicos hallados y la riqueza estimada en el estudio (Tabla 2), se encuentran, habitualmente, en sistemas de montaña andinos (Domínguez & Fernández, 2009; Roldán *et al*. 2014; Vásquez-Ramos & Reinoso, 2012). La mayor riqueza obtenida en época seca (26 taxones), se puede explicar por la mayor heterogeneidad espacial, disponibilidad de hábitats y recursos que, según Sabater *et al*. (2009) y Longo *et al*. (2010), es lo que sucede en momentos de reducción del caudal, lo que afecta, además, la distribución, la estructura, la composición y el estilo de vida de la comunidad.

En este sentido, la abundancia, la biomasa y la expresión de grupos funcionales en la comunidad también presentaron variación temporal, entre las épocas de bajas y altas lluvias; en la figura 2, se presenta la abundancia por taxón. Los géneros con mayor abundancia en la época de bajas lluvias

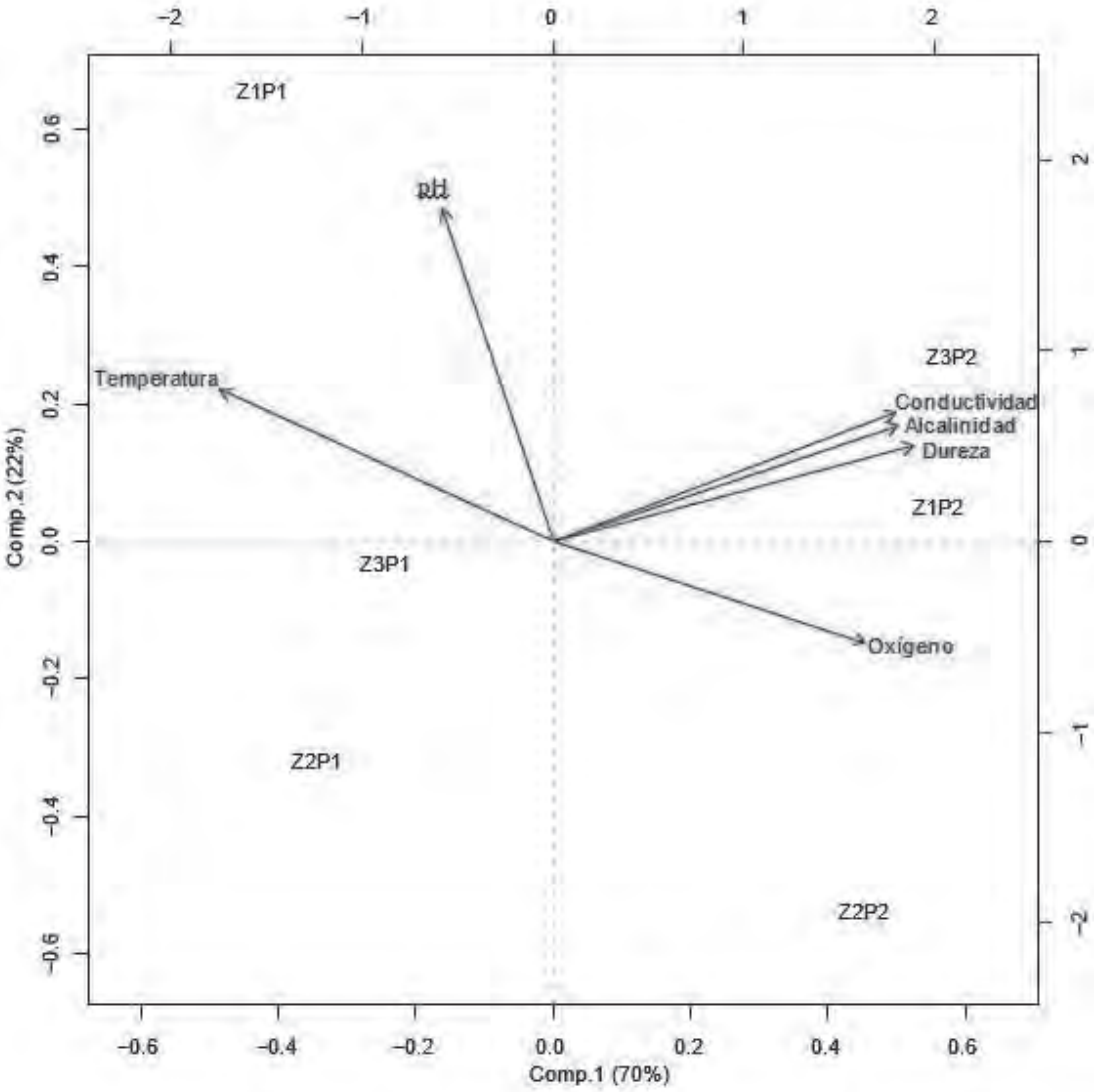


Figura 1. Análisis de componentes principales (ACP) de las variables físicas y químicas, en la quebrada La Chapa. Se indica la varianza explicada por cada componente. Z) zona, P1) periodo de lluvias altas y P2) periodo lluvias bajas.

Tabla 1. Variables físicas y químicas en la quebrada la Chapa.

	Lluvias	pH	Temp. °C	Cond. $\mu S.cm^{-1}$	OD $mg.l^{-1}$	Sat. %	Alcal. $mg.l^{-1}$	Dureza	Vel. $m.s^{-1}$	Caudal $m^3.s^{-1}$
Tramo 1	**Altas**	6,3	19,5	170	4,9	52,8	160	81	0,260	0,040
	Bajas	6	18,7	320	7,5	77	320	175	0,032	0,006
Tramo 2	**Altas**	5,9	19,1	98	5,2	55,9	110	61	0,620	0,720
	Bajas	5,7	18,9	180	6,4	67,3	180	95	0,026	0,039
Tramo 3	**Altas**	5,9	19,3	175	5,1	55,3	180	88	SD	SD
	Bajas	5,9	18,8	410	6,04	64	420	182	0,064	0,040

Tabla 2. Composición de la comunidad de macroinvertebrados, de la quebrada La Chapa. Se indica el grupo funcional alimenticio, al cual, pertenece cada taxón.

Familia	Taxón específico	Grupo funcional	Época	
			A	B
Naididae	Naididae	Colector-recolector	1	1
Asellidae	Asellidae	Colector-recolector	0	1
Baetidae	*Andesiops* sp.	Colector-recolector	1	0
	Baetodes sp.	Raspador	0	1
	Prebaetodes sp.	Colector-recolector	0	1
	Mayobaetis sp.	Colector-recolector	0	1
Leptohyphidae	*Leptohyphes* sp.	Colector-recolector	1	1
Leptophlebiidae	*Thraulodes* sp.	Colector-recolector	1	1
	Ecuaphlebia sp.	Raspador	1	1
	Traverella sp.	Colector-recolector	1	0
Perlidae	*Anacroneuria* sp.	Depredador	0	1
Calopterygidae	*Hetaerina* sp.	Depredador	0	1
Coenagrionidae	*Argia* sp.	Depredador	1	0
Libellulidae	*Libellula* sp.	Depredador	1	0
Naucoridae	*Limnocoris* sp.	Perforador-carnívoro	0	1
Veliidae	*Rhagovelia* sp.	Perforador-carnívoro	1	1
Elmidae	*Cylloepus* sp.	Colector-recolector	0	1
	Disersus sp.	Colector-recolector	0	1
Ptilodactylidae	*Anchytarsus* sp.	Fragmentador	1	1
Helicopsychidae	*Helicopsyche* sp.	Raspador	0	1
Hydroptilidae	*Metrichia* sp.	Raspador	0	1
	Hydroptila sp.	Raspador	0	1
Hydropsychidae	*Leptonema* sp.	Fragmentador	0	1
	Hydropsychidae	Fragmentador	1	0
	Smicridea sp.	Fragmentador	0	1
Polycentropodidae	*Cyrnellus* sp.	Depredador	0	1
Odontoceridae	Odontoceridae	Colector-recolector	0	1
Pyralidae	Pyralidae	Fragmentador	1	0
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	Depredador	1	0
Chironomidae	*Parametriocnemus* sp.	Colector-recolector	0	1
	Lopescladius sp.	Colector-recolector	0	1
Simuliidae	*Simulium* sp. 1	Colector-filtrador	1	1
	Simulium sp. 2	Colector-filtrador	1	0
Tipulidae	Tipulidae	Colector-recolector	1	0
Arrenuridae	Arrenuridae	Perforador-carnívoro	0	1
Hydrobiidae	Hydrobiidae	Raspador	0	1
Total			16	26
Índice de similitud de **Jaccard (coeficiente de similitud Ij)**			0,2	

fueron *Thraulodes* sp. (37 individuos) y *Helicopsyche* sp. (85 individuos), ya que ambientes con corriente moderada, se consideran su hábitat preferente (Vásquez-Ramos & Reinoso, 2012). Por otro lado, en la época de lluvias, *Simulium* sp. (7 individuos), fue el grupo dominante, dado que prefieren flujos de agua continua y de mayor velocidad (Gallardo-Mayenco & Toja, 2002).

En contraste con la abundancia, los grupos dominantes en biomasa, para la época seca, fueron el hemíptero *Limnocoris* sp. (0,16g/m^2) y el gasterópodo de la familia Hydrobiidae (0,059 g/m^2), mientras que en la época de lluvias, fueron los lepidópteros de la familia Pyralidae (0,29g/m^2) (Figura 3). El contraste entre estos descriptores cuantitativos, se debe a que la biomasa está afectada, en mayor grado, por el tamaño corporal que por la abundancia (Peters, 1983).

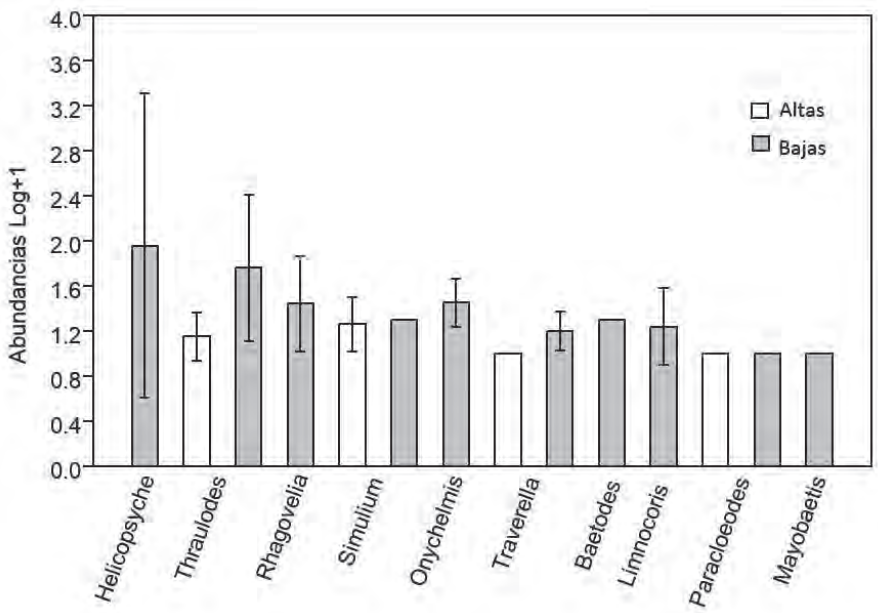


Figura 2. Abundancia transformada Log +1 de los taxones encontrados en la quebrada la Chapa, en los periodos de lluvias altas y bajas.

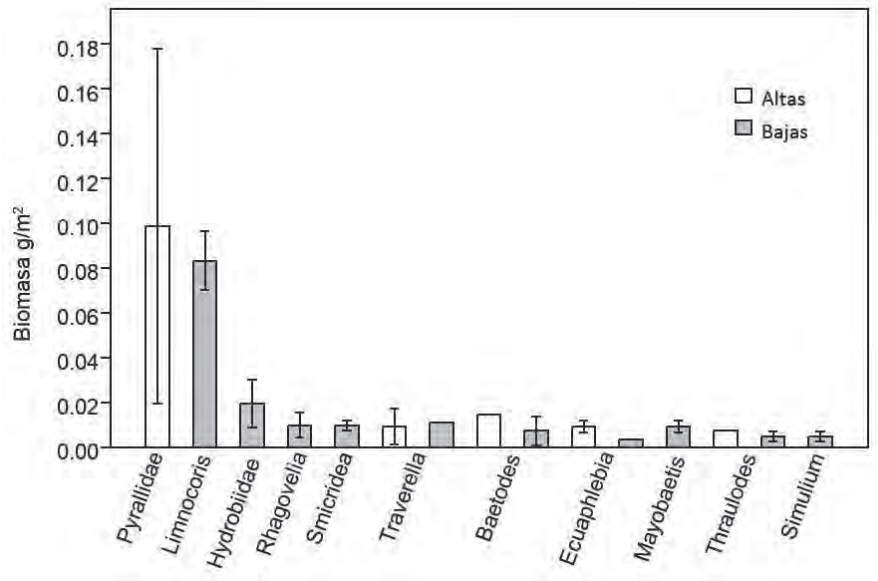


Figura 3. Biomasa de los taxones encontrados en la quebrada la Chapa, en periodo lluvias altas y bajas.

Grupos funcionales alimenticios: En cuanto a los grupos funcionales alimenticios encontrados, se observó gran variación temporal. Esta condición, se puede dar en función de los cambios del caudal, sustrato y al efecto que pueda tener la vegetación ribereña dentro del sistema, como fuente aportante de recursos, ya que la entrada alóctona y detritus son la principal fuente de energía para muchos de los organismos que habitan los ríos, en las zonas de cabecera (Jacobsen, 2008; Ueda & Motta, 2007; Lorion & Kennedy, 2009).

En la época seca hubo mayor abundancia de organismos raspadores (Figura 4), que se relacionan con la mayor disponibilidad de perifiton en la quebrada que, según Biggs & Close (1989), se incrementa en condiciones de corriente moderada a baja. La mayor concentración de oxígeno estimada para este momento sería indicador del incremento de la actividad de las algas del fito-perifiton (Sabater *et al*. 2009). En contraste en el periodo de lluvias, los grupos con mayor abundancia fueron colectores-recolectores y colectores-filtradores, que se vinculan con el aumento del transporte de MOPF, lo que es habitual en época de precipitaciones, en este tipo de sistemas (Ueda & Motta, 2007; Wantzen *et al*. 2008; Tamarís-Turizo & Rodríguez-Barrios, 2015).

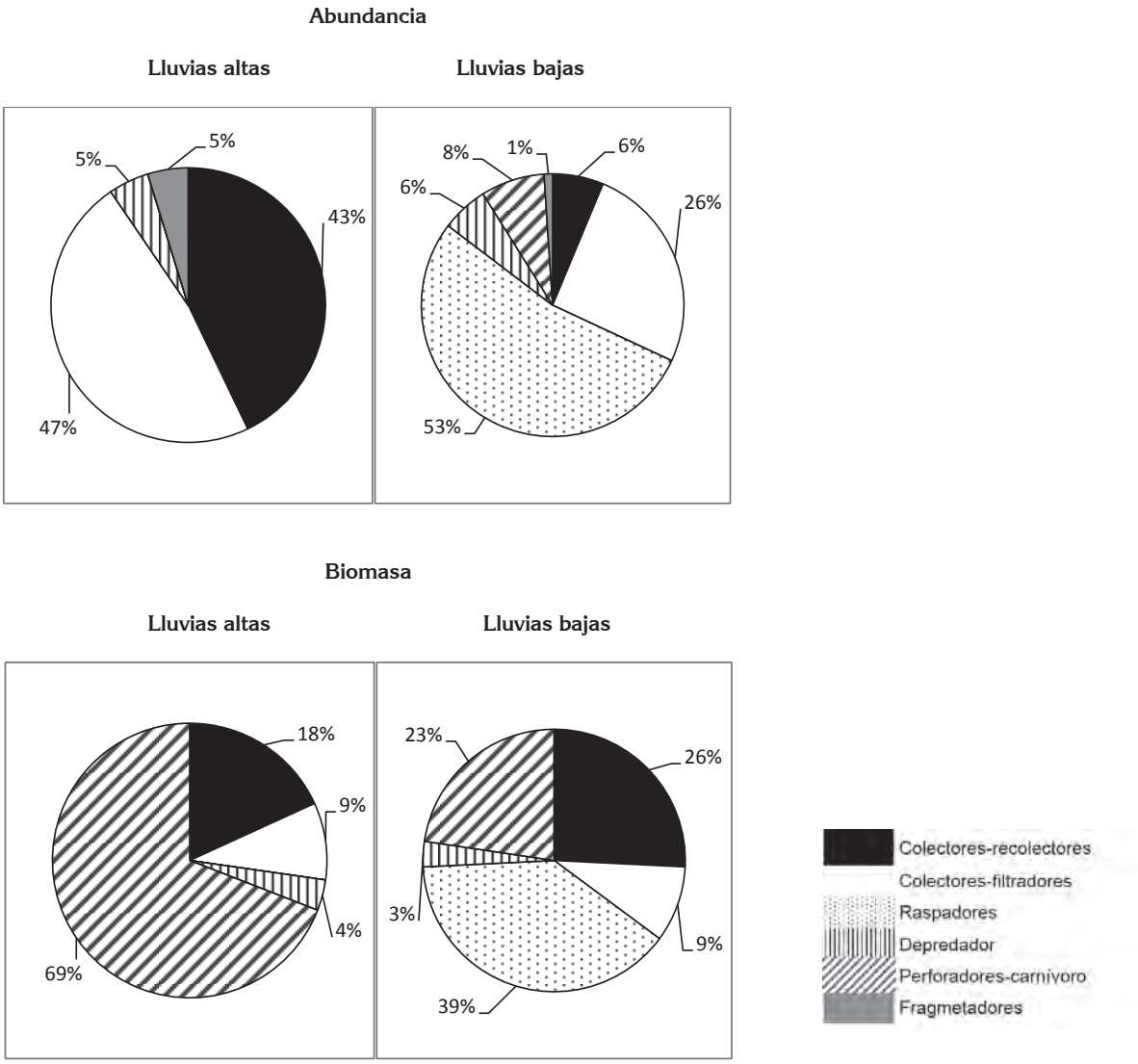


Figura 4. Proporción de grupos funcionales alimenticios para abundancia y biomasa, en época de lluvias altas y bajas, en la quebrada la Chapa.

Respecto al comportamiento de los grupos funcionales, medida en biomasa (Figura 4), en la época seca, los organismos raspadores (0,18g/m^2) y colectores-recolectores (0,12g/m^2) tuvieron mayor biomasa, mientras que en época de lluvias, los organismos con mayor biomasa fueron los perforadores-carnívoros (0,14g/m^2) y ello se explica, por el efecto del mayor tamaño de estos organismos (Margalef, 1983; Príncipe *et al*. 2010; Smock *et al*. 1985).

Como conclusión, se confirma que los cambios temporales asociados con la estacionalidad climática e hidráulica son importantes en la estructuración de las comunidades de macroinvertebrados, de las quebradas de montaña.

La interpretación de la abundancia y de la biomasa de los macroinvertebrados, como descriptores cuantitativos de estructura y de funcionalidad de un sistema de este tipo, varía; esto, en función de la morfología y el hábito trófico de los organismos; sin embargo, rasgos alimenticios, como raspador y colector-recolector, independientemente del descriptor, fueron representativos.

La expresión de los grupos funcionales alimenticios en arroyos de montaña está asociada a la oferta de recursos y el tipo de metabolismo del sistema, por tanto, podría ser un buen criterio de indicación de su calidad ecológica, como complemento a los sistemas de evaluación, basados en composición y en estructura.

Agradecimientos: Al grupo de investigación UDESA de la UPTC, por su constante apoyo en el desarrollo de la investigación. A los biólogos Karen Lizeth Pulido, Alcybiades Escarraga y Luz Nidia Gil, por el apoyo en la primera fase del proyecto. Al doctor Jonathan Shurin, por la revisión idiomática del abstract. A los revisores anónimos, por los valiosos aportes a la cualificación del manuscrito. Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses, que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALLAN, D.; CASTILLO, M. 2007. Stream Ecology. Structure and function of running waters.Ed. Springer (Netherlands). 436p.

2. BIGGS, B.; CLOSE, M. 1989. Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. Freshwater Biology. (USA). 22(2):209-231.

3. BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.; STATZNER, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. Ann. Rev. Entomol. (Brasil). 51:495-523.

4. CHARÁ-SERNA, A.M.; CHARÁ, J.D; ZÚÑIGA, M. del C.; PEDRAZA, G.X.; GIRALDO, L.P. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. Universitas Scientiarum. 15(1):27-36.

5. CUMMINS, K. 1974. Structure and function of stream ecosystem. BioScience. (USA). 24 (11):631-641.

6. DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Ed. Fundación Miguel Lillo (Argentina). 654p.

7. GALLARDO-MAYENCO, A.; TOJA, J. 2002. Spatio-temporal distribution of Simuliids (Diptera) and associated environmental factors in two mediterranean basins of Southern Spain. Limnetica. (España). 21(1-2):47-57.

8. GARCÍA, M.; VARGAS, O.; SANTOS, A.; BERNAL, F.; OLAYA, G.; ROSERO, M.; CEBALLOS, J.; GONZALEZ, J.; ALFONSO, N.; GARZON, C.; CAMPILLO, A.; ONOFRE, C.; AREVALO, D.; CAMPUZANO, C.; RODRIGUEZ, C.; GONZALEZ, J.; GUZMAN, A.; PARADA, G.; ZARATE, E.; TETAY, C.; ORJUELA, L.; CARDENAS, O.; DIAZ, D.; CASTAÑEDA, C.; BELTRAN, M.; MONTOYA, J.; CONTRERAS, C.; CAICEDO, F.; AGUIRRE, S. 2015. Estudio nacional del agua IDEAM. Ed. Panamericana formas e impresos. (Colombia). 493p.

9. GORE, J. 2007. Discharge measurements and streamflow analysis. En: Hauer, F.; Lamberti, G. (eds). Methods in Stream Ecology. Ed. Elsevier Science (USA). p.51-78.

10. GUZMÁN-SOTO, C.; TAMARÍS-TURIZO, C. 2014. Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. Rev. Biol. Trop. (Costa Rica). 62(2):169-178.

11. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI –IGAC-. 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá, Tomo I.

12. JACOBSEN, D. 2008. Tropical high-altitude streams. En: Dudgeon, D. (ed). Tropical Stream Ecology. Ed. Elsevier Science (USA). p.219-253.

13. LONGO, M.; ZAMORA, H.; GUISANDE, C.; RAMÍREZ, J. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. Limnetica. (España). 29(2):195-210.

14. LORION, C.; KENNEDY, B. 2009. Relations between deforestation, Riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical head water streams. Freshwater Biology. (USA). 54: 165–180.

15. MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, S.A. (España).1010p.

16. MERRITT, R.; CUMMINS, K.; BERG, M. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Ed. Kendall/Hunt Company. (USA). 1158p.

17. PETERS, R. 1983. The Ecological Implications of Body Size. Ed. Cambridge University Press (Reino Unido). 329p.

18. PRÍNCIPE, R.; GUALDONI, C.; OBERTO, A.; RAFFAINI, G.; CORIGLIANO, M. 2010. Spatial-temporal patterns of functional feeding groups in mountain streams of Córdoba. Ecología Austral. (Argentina). 20:257-268.

19. RIOS-TOUMA, B.; ENCALADA, A.C.; PRAT, N. 2011. Macroinvertebrate assemblages of an Andean high-altitude tropical stream: the importance of season and flow. Int. Rev. Hydrobiol. (USA). 96(6):667-685.

20. RIVERA, J.; PINILLA, G.; CAMACHO, D. 2013. Macroinvertebrate Trophic Groups in an Andean Wetland of Colombia. Acta Biol. Col. 18(2):279-292.

21. RODRIGUES-CAPITULO, A.; MUÑOZ, I.; BONADA, N.; GAUDES, A.; TOMANOVA, S. 2009. La biota de los ríos: los invertebrados. En: Elosegi, A.; Sabater, S. (eds.). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Ed. Fundación BBVA. (España). p.253-270.

22. RODRÍGUEZ-BARRIOS, J.; OSPINA-TÓRRES, R.; TURIZO-CORREA, R. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. Rev. Biol. Trop. (Costa Rica).59(4):1537-1552.

23. ROLDÁN, G.; ZÚÑIGA, M.; ZAMORA, L.; REINOSO, G.; LONGO, M. 2014. Colombia. En: Alonso-Eguía Lis, P.; Mora, J.; Campbell, B.; Springer, M. (eds). Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. Ed. D.R. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (México). p.63-93.

24. SABATER, S.; DONATO, J.; GIORGI, A.; ELOSEGI, A. 2009. El río como ecosistema. En: Elosegi, A.; Sabater, S. (eds). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Ed. Fundación BBVA. (España). p.23-37.

25. SMOCK, L.; GILINSKY, E.; STONEBURNER, D. 1985. Macroinvertebrates production in southeastern United States blackwater streams. Ecology. (USA). (66):1491-1503.

26. TAMARÍS-TURIZO, C.; RODRÍGUEZ-BARRIOS, J. 2015. Transport of organic matter across a tropical mountain stream of Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Acta Biol. Col. 20(3):209-216.

27. TOMANOVA, S.; GOITIA, E.; HELEŠIC, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. Hydrobiologia. (Alemania). 556:251-264.

28. UIEDA, V.; MOTTA, R. 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: A review. Acta Limnol. Bras. 19(1):15-30.

29. VÁSQUEZ-RAMOS, J.; REINOSO, G. 2012. Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. Rev. Col. Entomol. 38(2):351-358.

30. WANTZEN, K.; YULE, C.; MATHOOKO, J.; PRINGLE, C. 2008. Organic Matter Processing in Tropical Streams. En: Dudgeon, D. (ed.). Tropical Stream Ecology. Ed. Elsevier Science (USA). p.43-64.

31. WETZEL, R.; LIKENS, G. 2000. Limnological Analyses. Springer-Verlag. (USA). 429p.

Recibido: Mayo 6 de 2016
Aceptado: Octubre 24 de 2016

Cómo citar:

Motta Díaz, A.; Ortega Corredor, L.; Niño Fernández, Y.; Aranguren Riaño, N. 2016. Grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 425-433.

COSTO SOCIAL DEL FREE-RIDE EN CARTAGENA – COLOMBIA: UN ANÁLISIS PARA EL SUBSECTOR DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE LAVADO DE VEHÍCULOS

SOCIAL COST OF FREE-RIDE IN CARTAGENA – COLOMBIA: AN ANALYSIS FOR THE CAR WASH SUBSECTOR

Martha Alicia Yánez Contreras[1], Flavio Moncayo Flórez[2], Cindy Paola Otero Betancur[3]

[1] Economista, M.Sc. Economía, M.Sc. Economía del medio ambiente y recursos naturales, Profesora titular, Directora del Grupo de Investigación Economía y Gestión del Medio Ambiente. Universidad de Cartagena (Colombia), Avenida del consulado Calle 30 N°48 – 152, e-mail: myanezc@unicartagena.edu.co; [2] Economista, e-mail: Fr.97@hotmail.com; [3] Economista, e-mail: Transporte2@actiportsas.com.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 435-444, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Los establecimientos de lavado de vehículos representan un problema ambiental, debido al uso intensivo del agua, en su funcionamiento. Además, los lavaderos, de la ciudad de Cartagena, tienden a actuar como free-riders, es decir, que en las 15 Unidades Comuneras de Gobierno Urbano, se encuentran lavaderos que evaden parte del pago por el uso de agua, lo que genera un costo, asumido por la sociedad y por las generaciones futuras. El presente artículo, se centra en determinar el costo social producido por el fenómeno del free-ride en los lavaderos de autos en Cartagena, para el periodo 2018, 2028 y 2038. Los resultados obtenidos muestran que el costo social proyectado, para estos lapsos, será de $1.351, $6.051 y $12.694 millones a precios corrientes, respectivamente.

Palabras clave: Lavaderos de autos, consumo real, consumo registrado.

SUMMARY

The vehicle washing facilities represent an environmental problem, due to the intensive use of water as a productive input in their daily operations. Also, the car washes of the city of Cartagena tend to act as free riders, in others words, they evade the full payment for the used water, which generates a cost that is borne by society and future generations. This article focuses primarily on determining the social cost caused by the Free-Ride phenomenon on the car washes from Cartagena for 2018, 2028 and 2038. The results show that the social cost forecasted for those years will be $1.351, $6.051 and $12.694 million in current prices respectively.

Key words: Car washes, real consume, registered consume.

INTRODUCCIÓN

Las diferentes decisiones que toman los individuos, a lo largo de su vida, impactan directa e indirectamente en la sociedad en general, inclusive, en las generaciones futuras. En ocasiones, únicamente se tienen en cuenta los costos financieros de una decisión económica, dejando de lado las consecuencias que pueden tener sobre la disponibilidad y la calidad de otros bienes, como la salud, la educación, el medio ambiente, entre otros.

El costo de los daños generados a los bienes es asumido por aquellas personas que hacen uso de los mismos, cuando no es internalizado por la persona que lo produce, es decir, las personas asumen un costo social. La primera persona en acuñar este término fue Pigou (1932), haciendo referencia a la pérdida de bienestar de la sociedad, producto de las deseconomías externas no compensadas, de determinada actividad económica.

Con el paso del tiempo, otros autores han analizado y discutido lo planteado por Pigou, llegando a diversas conclusiones. En primera medida, Coase (1960) menciona que las alternativas propuestas por Pigou, para internalizar el costo social, no son eficientes; únicamente, consideran el detrimento en el bienestar del afectado, sin tener en cuenta el efecto que puede tener, por ejemplo, un impuesto sobre el bienestar del productor del daño. Posteriormente, Lemley (2004) explica que siempre y cuando el productor del daño posea los derechos de propiedad del bien que produce la externalidad, existirá alguna posibilidad de conciliar, antes de imponer una regulación.

Por otro lado, cuando es el propio productor de la externalidad el que internaliza el costo del daño, estimará subjetiva-

mente un costo menor, ya que es consiente que su actividad económica puede ser gravada (Buchanan, 1999).

Estas proposiciones, se han aplicado en áreas del conocimiento, como la del medio ambiente. Constantemente, las personas y las empresas, al realizar sus actividades económicas, producen efectos desfavorables al medio ambiente, que afectan la calidad de vida de las personas, por ejemplo, la contaminación del aire por las emisiones de carbono.

El costo social producido por esta externalidad ha sido abordado, a través de numerosas alternativas de cálculo, utilizándose, con mayor frecuencia, aquella que supone que los costos marginales de reducción de emisiones representan el costo social del carbono. Las investigaciones de Tol (2008), Anthoff *et al.* (2009) y Nordhaus (2014) hacen uso de este supuesto metodológico; sin embargo, la primera se basa en una revisión de 211 estimaciones calculadas, previamente, por otros autores.

A diferencia del detrimento de la calidad del aire por las emisiones de carbono existen otros bienes que son afectados por externalidades sin un costo social estimado o monetizado, por ejemplo, el agua.

La cantidad disponible de agua dulce que alberga el planeta tierra, se encuentra limitada, por mantenerse congelada en los polos y glaciares (Serageldin, 1995). Contabilizando el agua congelada, se dice que el mundo tiene alrededor de 8.273km^2 de agua dulce, es decir, agua que puede ser asimilada por el cuerpo humano y así satisfacer sus necesidades básicas (U.S. Geological Survey, 2015).

Esta escasa dotación de agua dulce se ve amenazada, frecuentemente, por diversos factores, como el desperdicio y el mal uso de este recurso, que comprometen su suministro a la población. En respuesta a lo anterior, Petrella (2004), en su manifiesto del agua para el siglo XXI, menciona los principales usos del agua: asegurar la vida y asegurar la existencia de actividades colectivas.

Dentro de las actividades colectivas, se especifican las relacionadas a la producción agrícola, actividades industriales y gestiones de turismo y ocio; sin embargo, existen labores comerciales, como el lavado de autos, que utilizan este recurso de manera intensiva, para satisfacer necesidades, que no son básicas. Este tipo de labores atentan directamente en contra de la disponibilidad y la gestión sostenible del agua, que es un objetivo de obligatorio cumplimiento de cada país (ONU, 2015).

En respuesta a este fenómeno, se han desarrollado estudios de técnicas que se sustentan en la implementación de tecnología avanzada, permitiendo reutilizar el agua consumida (Brown, 2015). Lastimosamente, en países como Colombia, no se ha dado la implementación de estos sistemas, máxime, por los costos que acarrean.

El Estado, muy seguramente cegado por la premisa cultural que en Colombia este recurso es abundante (Gaitán, 1996), solo regula el uso del agua mediante el cobro de una tasa a toda persona natural o jurídica, que desee satisfacer sus necesidades, mediante el empleo de este bien público (Roy, 2000; Presidencia de la República de Colombia, 2005).

A pesar de lo anterior, Méndez Sayago & Méndez Sayago (2010) demostraron que esta tasa, aunque incorpora los costos sociales, ambientales y de recuperación del recurso hídrico de donde se extrae el bien, posee diversos problemas y, uno de ellos, es su difícil recaudo. En la ciudad de Cartagena, los lavaderos de autos no son la excepción a la regla. Esta situación genera un costo, que termina siendo asumido por los habitantes de la ciudad, es decir, un costo social.

El agua, por ser un bien público que presenta propiedades de no exclusión y no rivalidad (Samuelson, 1954), induce a que las personas eviten pagar por su uso, ya que otros lo están haciendo por ellos; a este grupo de personas se les denomina free-riders (Hardin, 1971). Otros autores, como Hess & Ostrom (2006), mencionan que esta situación se produce, no específicamente, cuando una persona evade el pago de un valor monetario por el uso de un determinado bien, sino cuando un individuo, al buscar su interés a expensas de otro, no contribuye con el esfuerzo conjunto realizado por los demás y, al mismo tiempo, recibe beneficios.

La existencia del free-riding en Cartagena es un problema que no debe pasar desapercibido. Mankiw (2002) expresa que el free-ride atenta contra la disponibilidad de cualquier bien público, ya que aquellas empresas que se interesen en ofrecer servicios, como el acueducto o la seguridad, lo harán a niveles sub-óptimos, al no tener suficientes personas que paguen por su uso.

Asimismo, el free-riding es una situación que atenta contra la calidad de los servicios o bienes ofrecidos; un grupo de individuos al no pagar su tiquete de tren, impiden que la empresa obtenga los ingresos presupuestados para y reinvertir en el mejoramiento del servicio, con lo cual, perjudica al resto de beneficiarios (Farieta, 2015).

Otro de las consecuencias que genera el free-riding es que desestimula al resto de beneficiaros del bien a que paguen por el mismo. Todos los consumidores están tentados a evadir el pago del bien público que disfrutan, ya que consideran que su goce no disminuye el stock del mismo, aunque no haya contribuido a su producción (Rawls, 2003). Esto, en el caso de los lavaderos de agua, puede generar que ninguna

persona esté dispuesta a pagar por el servicio de agua potable o que se dispare el número de lavaderos de agua y que actúen como free-riders.

El presente artículo tiene la finalidad de calcular el costo social que asumirán las generaciones futuras por el free-ride, a partir del análisis de los establecimientos de lavado de vehículos, en la ciudad de Cartagena, desde diferentes escenarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de carácter descriptivo, ya que se pretende determinar la magnitud de un fenómeno y su efecto en el tiempo. Este efecto se medirá, a través del uso de fórmulas financieras y así determinar el costo de este fenómeno, en generaciones futuras.

El costo social proyectado, se presenta mediante la agrupación de los lavaderos por Unidades Comuneras de Gobierno Urbano (UCGU). Las UCGU son divisiones administrativas que pertenecen a las localidades del distrito y que, a su vez, agrupan barrios de acuerdo a las características comunes y homogeneidad relativa, de quienes habitan en cada una de ellas. Esta aglomeración, se realiza, principalmente, para tener un mecanismo más robusto de georreferenciación de los lavaderos de la ciudad, de acuerdo los barrios donde están ubicados.

La investigación utilizó información de fuentes secundarias. Se calcula el costo social en la ciudad de Cartagena, a partir de información de encuestas dirigidas a los propietarios o administradores de los lavaderos de vehículos. Asimismo, se empleó información de la empresa Aguas de Cartagena, encargada de la administración y de la regulación del agua; suministró, un listado oficial de los 112 lavaderos de vehículos, registrados en su base de datos y que se encontraban en funcionamiento, al momento de realizar las encuestas. En el directorio que facilitaron, se dio a conocer el consumo de agua, registrado de los últimos meses, de estos establecimientos. De igual manera, se obtuvieron algunos datos e indicadores del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

Según la ley 240 de 2004, el pago por el consumo de agua, se establece para compensar los costos sociales, ambientales y de recuperación del recurso hídrico. Por tal motivo, el free-ride, al ocasionar que la oferta de bienes públicos se vea afectada por el hecho de no existir suficientes individuos dispuestos a pagar por el consumo, termina generando un costo social.

Para medir el costo social de los free-riders, se procedió a comparar el valor real de consumo de agua de los lavaderos, con el consumo reportado por la entidad administradora de agua de Cartagena. La estimación del costo social se realiza, a través de dos expresiones matemáticas mostradas a continuación:

$$(\mathbf{1}) \qquad \boldsymbol{Cs} = \left(\sum_{\boldsymbol{i}=\mathbf{1}}^{\mathbf{112}} (\boldsymbol{Cr} - \boldsymbol{Cg})_{\boldsymbol{i}}\right) \boldsymbol{Pec}$$

Donde, CS es el costo social de los establecimientos de lavado de autos, que actúan como free-riders, expresado en pesos; Pec es la tarifa de agua cobrada a los establecimientos comerciales por metro cúbico que, en 2012, fue de $3.824 pesos; Cr es el consumo real de agua de un lavadero de autos; i y Cg es el consumo registrado por AguaCar del mismo lavadero de autos. Ambas variables de consumo están expresadas en metros cúbicos.

Por otra parte, para el cálculo del costo real del consumo de agua, se efectuó una medición del tiempo necesario para llenar un recipiente de un volumen determinado, empleando las mangueras para lavar los vehículos; el tiempo estimado en cada lavadero junto al volumen del recipiente, componen una magnitud física, denominada caudal. El volumen del recipiente utilizado es de 0,002 m^3 y el tiempo estimado en cada lavadero se mide en segundos, por lo tanto, la magnitud resultante, se expresa en m^3/sg.

La medición, se llevó a cabo en abril de 2012. Se visitaron 112 establecimientos de lavado de vehículos, registrados en la empresa AguaCar y se tomó una muestra en cada uno de ellos; en cada establecimiento, se registró el tiempo de lavado de autos particulares, motocicletas, taxis, camionetas y buses. El cálculo del costo real, se resume en la segunda expresión:

$$(\mathbf{2}) \qquad \boldsymbol{Cr_i} = \boldsymbol{\beta_i} \left(\sum_{\boldsymbol{k}=\mathbf{1}}^{\mathbf{5}} (\boldsymbol{Tl} \cdot \bar{\boldsymbol{Q}})_{\boldsymbol{k}}\right) \boldsymbol{Da_i}$$

Donde, B es el caudal estimado para un establecimiento de lavado; i expresado en m^3/sg. La estimación de esta variable por cada establecimiento es necesaria para no asumir que la presión de todos los lavaderos es la misma. Algunos establecimientos demoran menos en lavar vehículos y uno de los factores que podría incidir en esta variable es la presión de salida del agua; en este caso, no sería correcto considerar que la diferencia del tiempo de lavado de autos entre un establecimiento y otro se deba completamente a la presión de salida del agua; existen otros factores, tenidos en cuenta en esta investigación ,como el tipo y el tamaño del vehículo y otros no incluidos, como la destreza de la persona encargada de la limpieza o el grado de suciedad presente en los vehículos, antes de ser lavados. Tl es el tiempo de lavado de

un vehículo; k y q es el promedio de vehículos k lavados en un día; Da representa el número de días de atención de un establecimiento i. Por último, k toma valores de acuerdo al tipo de vehículo que sea lavado: 1, si es una moto; 2, si es un auto particular; 3, si es un taxi; 4, si es una camioneta y 5, si es una buseta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación base agrupa los lavaderos de la ciudad de Cartagena por UCGU. La ubicación geográfica de las diferentes Unidades Comuneras de Gobierno, se aprecia en la ilustración 1.

Ilustración 1. Distribución geográfica de las Unidades Comuneras de Gobierno de Cartagena (2009). Fuente: Programa "Cartagena como Vamos".

Además, en la tabla 1, se muestra una caracterización de las UCGU por estrato representativo, número de lavaderos contenidos en ellas y número de autos lavados por semana. Un primer aspecto a destacar es el no registro de lavaderos de vehículos en la comuna 11.

Inicialmente, se podría pensar que, a medida que una comuna albergara mayor número de lavaderos, mayor sería el número de autos lavados semanalmente, en comparación con otra de menor número. La premisa anterior no es estrictamente cierta, ya que en la comuna 13 existen 7 lavaderos y reportaron la limpieza de 103 vehículos, mientras que en la comuna 15, con 4 lavaderos registrados, reportaron 182 carros atendidos.

Una explicación de lo descrito anteriormente es el factor trabajo de cada lavadero y UCGU, representado por las personas destinadas a la limpieza de los autos. Retomando el caso anterior, se podría decir, en primera instancia, que la comuna 15 es más productiva que la comuna 13; la primera, promedia 7,3 personas por lavadero, mientras que la segunda, 5 trabajadores.

A pesar de lo anterior, no se puede atribuir la totalidad de la productividad de un lavadero al factor trabajo. Existen otros aspectos no tenidos en cuenta en esta investigación, como el componente capital.

Por otro lado, en la tabla 2, se muestra el costo social generado por el free-ride de los establecimientos de lavado de autos de la ciudad de Cartagena, en el 2012.

Tabla 1. Caracterización de los lavaderos de autos de las UCGU de Cartagena (2012).

UCGU	Estrato representativo	Número de lavaderos	Número de trabajadores	Demanda semanal
1	5	13	61	457
2	4	9	58	132
3	3	4	25	109
4	2	5	19	115
5	1	5	28	87
6	1	8	29	176
7	3	4	8	17
8	3	11	52	281
9	3	12	53	318
10	2	6	29	168
12	4	16	75	527
13	4	7	35	103
14	1	8	43	408
15	2	4	29	182
Total general		112	544	3080

De acuerdo con los resultados, la comuna 9 presenta el mayor costo social generado por el free-ride en Cartagena, con un valor de $2.581.697,12 pesos. Otro aspecto a destacar es la presencia de free-riders en todas las comunas, que registraron lavaderos activos. Como se mencionaba anteriormente, la comuna 11 no se muestra en los resultados, ya que no posee lavaderos registrados.

Tabla 2. Costo social mensual del free-ride de los establecimientos de lavado de autos, en Cartagena (2012).

UCGU	CR – CG (m^3)	Costo social (pesos)
UCG1	296,34	1.133.204,16
UCG2	97,79	373.948,96
UCG3	89,32	341.559,68
UCG4	51,80	198.083,20
UCG5	91,02	348.060,48
UCG6	331,54	1.267.808,96
UCG7	50,19	191.926,56
UCG8	394,83	1.509.829,92
UCG9	675,13	2.581.697,12
UCG10	179,03	684.610,72
UCG12	335,99	1.284.825,76
UCG13	61,38	234.717,12
UCG14	187,76	717.994,24
UCG15	72,20	276.092,80
Total 2.914,32		11.144.359,68

De la misma forma, se detalla que el mayor costo social registrado se destaca en las UCGU que abarcan estratos de clase media, como la 9, 8 y 12. Algunos de los barrios que se encuentran en estas comunas: Chino, Martínez Martelo, El Prado, Amberes, España, Juan XXIII, Paraguay y Junín, en la comuna 9; Zaragocilla, Ángeles, Calamares, Troncal, para la comuna 8 y Caracoles, Blas de Lezo, Campestre y San Pedro, para la 12.

El valor total que se muestra en la tabla 2 es $11.144.359,68 y obedece al costo social producido por lavaderos de autos que actúan como free-riders en Cartagena; sin embargo, este dato solo representa un mes del año, específicamente, abril de 2012. Por consiguiente, se podría decir, que el costo social generado por este fenómeno para un año, se aproximaría a $133.732.316,16 pesos.

Según los reportes del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI), el crecimiento promedio mensual del consumo de los establecimientos comerciales fue de 0,7%, en el 2011. Para este mismo año, el consumo promedio mensual del sector comercial fue de 360.259,33m^3, con una variabilidad del 3%. El bajo porcentaje de variabilidad indica que, en términos generales, el consumo de agua no presenta grandes variaciones de un mes a otro.

El aspecto intergeneracional es una variable importante dentro del análisis del costo social. Cuando una acción produce una externalidad que atenta contra la disponibilidad de un bien, se generarán costos sociales, no únicamente para los individuos que disfrutan, en la actualidad, de dicho bien, sino también a las futuras generaciones, que no podrán disfrutarlo o, por lo menos, no en las mismas condiciones de calidad (Pearce, 2002).

Ejemplo de esto es el costo social ocasionado por los free-riders. Si un gran número de lavaderos de autos decide actuar de manera ilegal y no pagar el valor real de su consumo de agua, ocasionará un déficit, que se verá reflejado en la oferta de bien. Probablemente, en el corto plazo, se siga suministrando el recurso a los individuos; sin embargo, en el largo plazo, no se podrá abastecer a la población creciente de la ciudad, debido a los insuficientes recursos para ejecutar los proyectos de restauración de la cuenca hídrica del canal del dique.

De acuerdo con lo expuesto, es de suma importancia calcular el costo social ocasionado por los lavaderos de autos en el corto y mediano plazo, en la ciudad de Cartagena. Los resultados del primer escenario surgen a partir de los cálculos realizados con la fórmula de valor futuro a pesos corrientes, de una anualidad presentada a continuación:

$$(3) \qquad Cs_t = Cs_{2012}\frac{(1+i)^t - 1}{i}$$

Donde, Cs_t es el costo social generado por los lavaderos que actúan como Free-Rides en un periodo de tiempo; i es la tasa para estimar el costo social en el futuro y t, el número de años al que se llevará el valor del costo social actual.

Para el análisis del primer escenario, i toma el valor de 6,25%, en referencia al incremento promedio anual de las tarifas de consumo de agua del sector comercial, desde el 2004 hasta el 2011. El crecimiento promedio de las tarifas fue calculado a partir de los datos suministrados por el SUI (2016).

Con base a los resultados estimados y presentados en la tabla 3, el costo social mensual incrementará con el paso de los años. Este valor, para el 2018, 2028 y 2038 será, respectivamente, 8, 29, y 66 veces mayor, al reportado en el 2012.

Tal y como es resaltado en el anterior apartado, el impacto del costo social generado por la comuna 9 es amplio. Aproximadamente, el 23% de todos los ingresos por uso de agua dejados de percibir por la empresa AguaCar, provienen de esta comuna. Es necesario que las autoridades de la ciudad tomen medidas para regular los establecimientos en esta zona y así disminuir el impacto del costo social generado.

Para el segundo análisis, además de aplicar la tasa de crecimiento de la tarifa de consumo de agua, se utiliza la tasa de descuento ambiental gamma, estimada en el trabajo de Correa Restrepo (2008), para simular el desgaste del bien hídrico, a causa de su uso. Esta tasa de descuento tiene la particularidad de no ser constante, ya que hace distinción de acuerdo al número de años que se vaya a evaluar. La tabla 4 muestra las distintas tasas de descuento a utilizar, de acuerdo a determinado plazo.

Para efectuar el segundo cálculo, se utilizó la fórmula número tres, de valor futuro incremental, expresada a continuación:

$$(4) \qquad Cs_t = Cs_{2012}\frac{(1+i)^t - (1+g)^t}{i-g}$$

Donde, Cs_t es el costo social generado por los lavaderos en un periodo; i es una tasa para estimar el valor del costo social en el futuro; t es el número de periodos y g, se tomará como el crecimiento promedio de la tarifa de agua del sector comercial, el cual, fue de 6,1%, desde el 2004 hasta el 2012.

Tabla 3. Proyección del costo social mensual del Free-Ride de los establecimientos de lavado de autos, en Cartagena (2018 - 2038).

UCGU	2018	2028	2038
UCGU1	9.584.743	32.687.029	75.045.897
UCGU2	3.162.894	10.786.477	24.764.589
UCGU3	2.888.942	9.852.215	22.619.624
UCGU4	1.675.405	5.713.667	13.117.964
UCGU5	2.943.927	10.039.729	23.050.136
UCGU6	10.723.243	36.569.676	83.960.035
UCGU7	1.623.332	5.536.080	12.710.243
UCGU8	12.770.278	43.550.718	99.987.756
UCGU9	21.836.228	74.468.496	170.971.643
UCGU10	5.790.499	19.747.448	45.338.013
UCGU12	10.867.172	37.060.522	85.086.964
UCGU13	1.985.258	6.770.364	15.544.027
UCGU14	6.072.860	20.710.389	47.548.821
UCGU15	2.335.217	7.963.837	18.284.112
Total	94.260.006	321.456.652	738.029.830

Tabla 4. Esquema de tasas de descuento ambientales para Colombia.

Horizonte de evaluación (años)	Tasa marginal de descuento (%)
1 – 5	9,45
6 – 25	6,37
26 – 75	3,51
76 – 100	2,86
Más de 100	2,1

Fuente: Extraído de Correa Restrepo (2008).

Las estimaciones, se formalizan para el mismo periodo del primer análisis. Se seleccionaron estos periodos, principalmente los dos últimos, para mostrar la diferencia en el costo social que genera el cambio en la tasa, de acuerdo al plazo.

Conforme a las estimaciones presentadas en la tabla 5, el costo social generado por los free-riders es aún mayor, al tener en cuenta el detrimento ambiental por el consumo de agua, junto al incremento de las tarifas para el sector comercial.

Se observa que para el 2038, la empresa Aguas de Cartagena dejará de percibir $1.057 millones, en un solo mes. Por año, esta cantidad ascendería a los $12.900 millones, aproximadamente. Esta es una cantidad que no podrá ser destinada a la inversión en la conservación de las fuentes hídricas y ampliación de la cobertura de suministro que, sin lugar a dudas, atenta contra el suministro de servicio de agua potable para las generaciones futuras, ya que el agua es un bien insustituible.

Es necesario que las autoridades ambientales de Cartagena y los gobiernos de turno tomen medidas para regular el consumo y las tarifas de agua de estos establecimientos comerciales. En los estratos altos de la ciudad, la tarifa de agua es mayor que aquella que se cobra a establecimientos comerciales.

Una de las conclusiones más generales encontradas dentro del desarrollo de este artículo es el impacto que tiene el free-

Tabla 5. Proyección del costo social mensual del free-ride de los establecimientos de lavado de autos, en Cartagena, utilizando la tasa de descuento ambiental gama (2018 - 2038).

UCGU	2018	2028	2038
UCGU1	11.451.215	51.280.057	107.565.590
UCGU2	3.778.816	16.922.038	35.495.846
UCGU3	3.451.517	15.456.350	32.421.403
UCGU4	2.001.663	8.963.713	18.802.381
UCGU5	3.517.208	15.750.525	33.038.469
UCGU6	12.811.419	57.371.230	120.342.498
UCGU7	1.939.449	8.685.112	18.217.982
UCGU8	15.257.081	68.323.227	143.315.523
UCGU9	26.088.477	116.827.648	245.058.909
UCGU10	6.918.104	30.980.187	64.984.368
UCGU12	12.983.377	58.141.278	121.957.761
UCGU13	2.371.855	10.621.481	22.279.732
UCGU14	7.255.450	32.490.867	68.153.186
UCGU15	2.789.963	12.493.825	26.207.179
Total	112.615.601	504.307.544	1.057.840.834

ride sobre el bienestar de la sociedad. El agua es un bien elemental y básico para la vida de todo ser vivo y los lavaderos de autos están generando un costo para la sociedad, poniendo el riesgo la disponibilidad de este bien.

Por otro lado, se puede decir, que el costo social generado por los lavaderos de agua podría ser mucho mayor al calculado. Este trabajo incluye el costo que se genera al actuar como free-riders y no pagar el valor real por el uso de este bien; sin embargo, existe un costo por el hecho de emplear un bien, sumamente escaso, en una actividad que no es esencial, es decir, un costo de oportunidad por utilizar agua potable para lavar carros; no obstante, este valor no entra en el objetivo de este trabajo y, por ende, no fue monetizado.

Cabe resaltar que el costo calculado es un valor que dejará de percibir la empresa AguaCar, al momento de recaudar la prestación de sus servicios; sin embargo, la pérdida principal es asumida directamente por la sociedad, ya que se pone en riesgo la oferta de este bien, para las generaciones futuras

Otro aspecto a destacar es el costo social que asumirán las generaciones futuras por este fenómeno. Para el 2018, el agua será un bien más escaso y más costoso que hoy en día, por ende, este valor, que tendrá que asumir la sociedad, será aproximadamente un 700% mayor, que el costo de 2012.

El free-riding, tal y como lo definen Hardin (1971) y Buchanan (1999), es una situación indeseable en cualquier sistema, por lo que los esfuerzos deben ir orientados a determinar algún tipo de mecanismo, que evite la aparición de esta conducta y así se maximicen los beneficios, de aquellos que intervienen en la acción colectiva.

Con base en lo anterior y a los resultados encontrados, las autoridades de la ciudad de Cartagena deben establecer acciones que permitan controlar la evasión en el pago por consumo de agua de los lavaderos de autos. Una medida que podría ser implementada sería establecer un proceso de revisión periódica a los medidores de estos establecimientos, por parte de la empresa AguaCar. Como segunda recomendación, la empresa AguaCar debería implementar sistemas que permitan la comercialización y el consumo de agua no potable, para actividades que no son indispensables para el ser humano; de esta manera, se disminuiría el riesgo del cese de la oferta de este servicio y el desperdicio de agua potable.

Del mismo modo, sería recomendable que estos negocios utilizaran, en su ejercicio diario, otro tipo de agua disponible, como el agua cruda, que se encuentra en su estado natural, sin ningún tipo de tratamiento. Este tipo de líquido es comercializado por AguaCar, a una tarifa de $3.314, por metro cubico.

Una recomendación realizada por Kobayashi & Nakajima (2008), que minimizaría el free-riding generado por la naturaleza de los bienes públicos, es la monetización de los mismos, en este caso, del agua. Los investigadores proponen que el gobierno debe emitir dinero en términos de bienes públicos que, a su vez, se encuentren respaldados con la reserva de los mismos. De acuerdo con ello, el Estado procederá a ajustar la oferta monetaria, de tal manera que ésta y las reservas sean iguales, a un ratio predeterminado de reservas.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANTHOFF, D.; HEPBURN, C.; TOL, R. 2009. Equity weighting and the marginal damage costs of climate change. Ecological Economics. 68:836-849 Disponible desde Internet en: http://basesdedatos.unicartagena.edu.co:2053/science/article/pii/S0921800908002991 (con acceso 01/10/2015).

2. BROWN, C. 2015. International CarWash Association. Disponible desde Internet en: interhttp://www.carwash.org/docs/default-document-library/water-conservation-in-the-professional-car-wash-industry-.pdf?sfvrsn=0 (con acceso 01/12/2015).

3. BUCHANAN, J. 1999. Cost and Choise: An inquiry in economic theory. Liberty Found (Indianapolis). 120p.

4. COASE, R. 1960. The problem of social cost. J. Laws and Economics. (Chicago). 3:1-44.

5. CORREA RESTREPO, F. 2008. Tasa de descuento ambiental Gamma: Una aplicación para Colombia. Lecturas de Economía (Medellin). 69:143-162.

6. FARIETA, A. 2015. Aproximaciones éticas al problema del free rider: consecuencialismo, deontología y ética de la virtud. Discuciones Filosóficas (Manizales). 27:147-161.

7. GAITÁN, F. 1996. Cálculo de la tasa por el uso del agua. Planeación y Desarrollo (Bogota). 12:127-158.

8. HARDIN, R. 1971. Collective action as an agreeable n-prisoners´ dilema. Behavioral Science. 16:472-481. Disponible desde Internet en: http://onlinelibrary.wiley.com/wol1/doi/10.1002/bs.3830160507/abstract (con acceso 27/09/2015).

9. HESS, C.; OSTROM, E. 2006. Understanding Knowledge as a Commons. The MIT Press (Cambridge). 367p.

10. KOBAYASHI, K.; NAKAJIMA, T. 2008. Monetization of public goods provision: a possible solution for the free-rider problem. RIETI. 8:2-12.

11. LEMLEY, M. 2004. Property, intellectual property, and free riding. Tex L. Rev. (Texas). 83:1031.

12. MANKIW, N. 2002. Principios de Economía. McGraw-Hill (Madrid). 811p.

13. MÉNDEZ SAYAGO, J.A.; MÉNDEZ SAYAGO, J.M. 2010. Tasas por utilización del agua ¿Instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la gestión ambiental? Estudios gerenciales (Cali). 26:90-115.

14. NORDHAUS, W. 2014. Estimates of the social cost of carbon: Concepts and results from the DICE-2013R model and alternative Aapproaches. J. Assoc. Envirom. Resource Economists (Madison). 1:273-312.

15. ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS -ONU-. 2015. Transofrmar nuestro mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Disponible desde Internet en: Interhttp://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1 (con acceso 21/10/2015).

16. PEARCE, D. 2002. The social cost of carbon and its policy implications. University College of London. Disponible desde Internet en: http://www.ucl.ac.uk/~uctpa15/SOCIAL_COST_OF_CARBON.pdf (con acceso 14/02/2016).

17. PETRELLA, R. 2004. El manifiesto del agua para el siglo XXI. Disponible desde Internet en: https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/palabras/Petrella_ES.pdf (con acceso 05/01/2016)

18. PIGOU, A. 1932. The Economics of Welfare. London: Macmillan. 872p.

19. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. 2005. Decreto 4742 de 2005. Disponible desde Internet en: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18725 (con acceso 30/12/2015).

20. RAWLS, J. 2003. Teoría de la justicia. The Belknap Press of Harvard University Press (Cambridge). 549p.

21. ROY, R. 2000. Sustainable product-service systems. Futures [En línea]. 32:289-299. Disponible desde Internet en: http://basesdedatos.unicartagena.edu.co:2053/science/article/pii/S0016328799000981 [consultado el 05/09/2015].

22. SAMUELSON, P. 1954. The pure theory of public expenditure. Review Economics Statistics (Cambridge). 36:387-389.

23. SERAGELDIN, I. 1995. Toward sustainable management of water resources. Banco Mundial (Washigton). 33p.

24. SUI - Sistema Único de Información de Servicios Públicos. 2016. Acueducto. Disponible desde Internet en: www.sui.gov.co/SUIAuth/logon.jsp (con acceso 30/07/2016). /

25. TOL, R. 2008. The social cost of carbon: trends, outliers and catastrophes. Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal (Hidenburgufer). 2:1-25.

26. U.S. GEOLOGICAL SURVEY. 2015. The world´s water. Disponible desde Internet en: http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html (con acesso 07/08/2015)

Recibido: Mayo 2 de 2016
Aceptado: Octubre 26 de 2016

Cómo citar:

Yánez Contreras, M.A.; Moncayo Flórez, F.; Otero Betancur, C.P. 2016. Costo social del free-ride en Cartagena – Colombia: un análisis para el subsector de los establecimientos de lavado de vehículos. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 435-444.

MODELO DE DESARROLLO LOCAL PARA UNA ZONA DE BOGOTÁ-COLOMBIA, RELACIONANDO LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL Y EL PROCESO DE EXPANSIÓN URBANA

MODEL OF LOCAL DEVELOPMENT FOR AN AREA OF BOGOTÁ-COLOMBIA, LINKING THE PROCESS OF URBAN EXPANSION AND ECOLOGICAL MAIN STRUCTURE

Adriana Posada Arrubla[1], Jenny Vanessa Páez Chávez[2]

[1] Economista Agrícola, Esp. Gestión Social y Ambiental, M.Sc. Planeación Urbana y Regional, Docente-Investigadora Facultad Ingenierías. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, calle 222 # 55-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: aposada@udca.edu.co; [2] Joven investigadora U.D.C.A, Ingeniera Geógrafa y Ambiental U.D.C.A, calle 222 No.55-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: vanepaez1017@gmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 445-455, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Dada la importancia de asumir el reto del crecimiento acelerado de las ciudades, surge la necesidad de planear estrategias de mejoramiento territorial, que contengan enfoques cruzados, capaces de interpretar la complejidad generada entre los procesos de expansión y los ecosistemas naturales. Para ello, el objetivo de este estudio fue establecer las relaciones entre la estructura ecológica principal, como componente fundamental de la ciudad de Bogotá, Colombia y la expansión urbana, como proceso de crecimiento acelerado, característico de las últimas dos décadas. Al utilizar un método con énfasis en relaciones complejas, se logró diseñar un modelo de desarrollo local, con criterios de índole multiespacial, multitemporal y multiobjetivo, que fue ajustado con la participación de las comunidades de dos barrios y con el uso de sistemas de información geográfica.

Palabras clave: Complejidad territorial, relaciones socioambientales, modelación territorial.

SUMMARY

Given the importance of the challenge of the rapid growth of cities, there is a need to generate territorial improvement strategies that contain cross approaches, able to interpret the complexity generated between processes of expansion and natural ecosystems. Therefore the aim of this study was to establish the relationships between the main ecological structure, as a fundamental component of urban expansion, and the city of Bogotá – Colombia, as a process of accelerated growth characteristic of the last two decades. When employing a method with emphasis on complex relationships, the design of a model of local development was achieved, with criteria of multi-spatial, multi-temporal and multi-objective nature, adjusted with the participation of the communities in two districts and the use of geographic information systems.

Key words: Territorial complexity, social and environmental relations, territorial modeling.

INTRODUCCIÓN

Las problemáticas ambientales del proceso de expansión urbana son ya un factor común mundial y ello incide en un cambio de análisis y de perspectivas, para mejorar las políticas públicas y los modelos de desarrollo, tal como ha sucedido en Europa, donde no se mantiene ya, como única pretensión, conservar intactos los paisajes naturales, sino orientar su evolución, mediante instrumentos de gestión y de ordenación (Lahoz, 2010). Este asunto es tratado por el PNUMA (2012), con su posición mundial, para definir nuevos escenarios, en función de la transformación de la sostenibilidad. En Latinoamérica, la situación de los impactos de la expansión urbana sobre los componentes ambientales estructurantes, también son abordados como una premisa del desarrollo territorial; por ejemplo, en México, los efectos ambientales de la expansión urbana, rebasan los límites de la ciudad, ejerciendo presión sobre zonas circunvecinas y, por ello, la ciudad no puede ser vista como un sistema autosuficiente (Pisanty *et al.* 2009). Por su parte, Colombia y

en especial su ciudad central Bogotá, no han sido ajenos al estudio y adaptación de políticas y estrategias frente a esta problemática, pero dada su complejidad, un estudio más al respecto, puede arrojar nuevas luces para su tratamiento.

El crecimiento urbano en las principales ciudades del mundo ha sido acelerado y se ha aumentado la densidad de población, debido, principalmente, a migraciones de habitantes rurales, generando expansión de las urbes en un tiempo relativamente corto, dejando el 80% de la población en ciudades (ONU-Habitat, 2012). En capitales como Bogotá, su modelo de desarrollo previo y de planificación, generó un crecimiento informal y periférico, que consolidó zonas de riesgo para la población y para la estructura natural de la urbe, al no considerar la capacidad del ambiente para soportar la concentración de población, de urbanizaciones y de contaminación. Esta tendencia de sobrepasar los límites geográficos ha ocasionado impactos negativos en diferentes zonas, por la excesiva demanda de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones contaminantes al suelo, agua y aire. La problemática de dicha situación es que el impacto podría ser el correspondiente a un espacio de mayor área, aunque la zona tenga una extensión menor (Lahoz, 2010).

La estructura ecológica principal (EEP), entendida como la "red de espacios y corredores que sostienen y conducen la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales, a través del territorio del Distrito Capital" (AMB, 2013), ha sido de los componentes más afectados por causa del crecimiento urbano, ya que por ser el instrumento de planificación de mayor jerarquía para la conservación y el desarrollo sostenible de la ciudad (Andrade *et al.* 2008) tiene incidencia en la forma de ocupación del territorio y en la población que se ve afectada, por la forma inadecuada como se integra al proceso de expansión urbana.

Teniendo en cuenta que lo que se busca es la relación armónica población-territorio por medio de diversas estrategias e instrumentos (Posada & Berrocal, 2015), es importante comprender que la expansión urbana es una realidad que se debe asumir e integrar al concepto natural de la ciudad, porque de lo contrario, difícilmente, se logrará el desarrollo sostenible del territorio. Una de las localidades donde se presentó un incremento apresurado, tanto poblacional como territorialmente, afectando de manera directa la EEP, fue la localidad de Kennedy, considerada como la más poblada de todo el distrito, con 1.500.000 habitantes aproximadamente, ubicada en el occidente de Bogotá (ALK, 2013). En esta localidad, las zonas más afectadas por contar con mayor presencia de elementos naturales de la EEP, fueron las unidades de planeación zonal (UPZ) Calandaima y Tintal Norte. Este territorio representa una zona en desarrollo que está creciendo urbanísticamente y el posicionamiento sobre la EEP, a pesar de que está reglamentado en varios casos, es progresivo y está generando consecuencias e impactos negativos, ya que la afectación, la transformación y el agotamiento de los elementos característicos de dicha estructura, impide la prestación de servicios ambientales fundamentales para la población, no solo local sino regional.

Por lo anterior, se vio la importancia de establecer las relaciones existentes entre la EEP y el proceso de expansión urbana (PEU), para determinar un modelo de desarrollo local sostenible (MDLS), que permitiera, por un lado, visualizar la problemática de forma integral, a partir de las relaciones entre los aspectos físicos, espaciales, ambientales, sociales y normativos y, por otro, que posibilitara la creación de estrategias para solucionar los conflictos, incluyendo y fortaleciendo la participación comunitaria, con el fin de mitigar problemáticas actuales y prevenir las dificultades futuras. Como afirman Martínez & Milla (2012), las estrategias del medio no surgen de la nada, por ello, para definir el modelo fue fundamental prever la tendencia de la intervención, ya que a partir de ésta, es posible determinar las condiciones a las que la situación estará sometida.

Ya que el enfoque del estudio se centró en la generación de un MDLS es importante entender que dicho modelo no necesariamente constituyó una explicación de la realidad física, ya que, según Concari (2011), representar no es describir, ni tampoco es explicar; las representaciones pueden ser vistas como medios para comprender y conocer, por lo que el modelo puede ser concebido como una representación posible de una cosa o evento; que para el presente estudio, se visualizó como una solución a corto, mediano y largo plazo, de las condiciones actuales del territorio estudiado. La especificad de desarrollo local y la parte de la sostenibilidad, se enfocó en relación con el bienestar, el crecimiento y el progreso (Sanchis, 2010). La búsqueda del mejoramiento de calidad de vida de la población, por medio del crecimiento económico, se enfocó en la potencialidad territorial (Gaviria, 2009). Todo ello, en el marco de una visión de largo plazo, para establecer una serie de políticas de gestión, que permitan alcanzar la gobernanza democrática del territorio (Bravo & Marín, 2014).

En la zona de estudio, el incremento poblacional acelerado, a finales del siglo pasado, generó cambios ambientales y urbanos, especialmente, en las formas de construcción de vivienda, pasando de ser un territorio con ciertas características rurales, a ser un paisaje netamente urbano. La problemática, se evidenció hasta que la oferta de vivienda dejó de ser suficiente para suplir la demanda y aparecieron las construcciones informales, en sitios no aptos para urbanizar, con riesgos para las edificaciones y la población residente en ellas, multiplicando las problemáticas naturales y a la población, en general. Dada la importancia de la sostenibilidad en

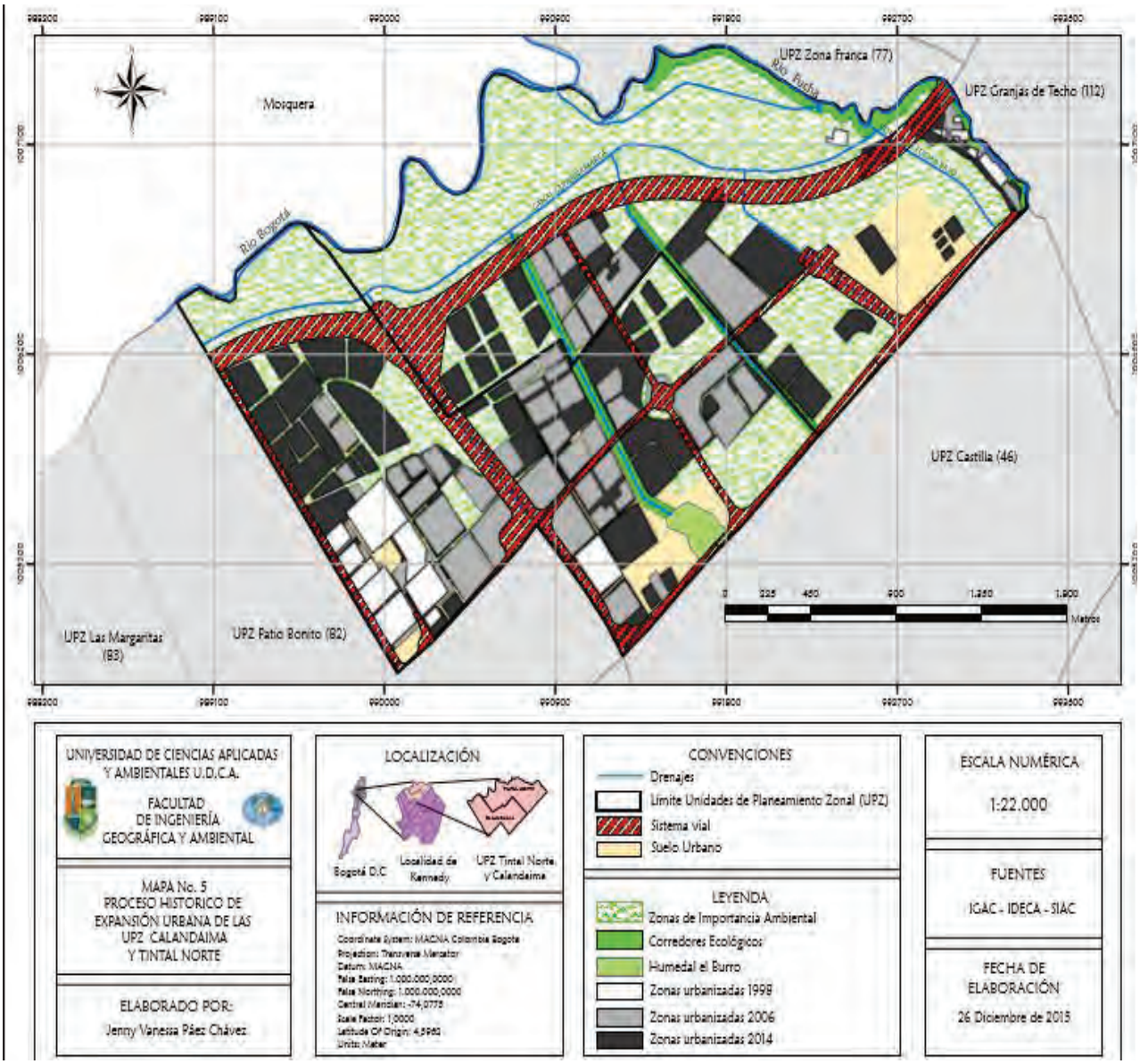
zonas locales, el objetivo del presente escrito es difundir la construcción de un modelo de desarrollo local, a partir de la relación entre la EEP y el PEU de las UPZ Calandaima y Tintal Norte, de la capital colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se desarrolló en las UPZ Calandaima y Tintal Norte, ubicadas en la localidad de Kennedy, al sur occidente de Bogotá (Mapa 1). La caracterización de la EEP y del PEU, se efectuó mediante una verificación teórica y normativa; además, se utilizaron aerofotografías, para la elaboración de la cartografía base. Respecto a la EPP, se listaron y se explicaron todos sus elementos y para el PEU, se realizó un estudio multi-temporal, empleando fotografías aéreas de 1998, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi e imágenes de Google Earth, de 2006 y de 2014. La cartografía correspondiente de 1998 fue elaborada mediante diferentes fotografías aéreas, que conforman la totalidad de la zona de estudio, realizando un mosaico, para obtener una sola fotografía, que contuviera las dos UPZ.

Dado que el modelo parte de la identificación de las relaciones entre la EEP y el PEU, este procedimiento se llevó a cabo

Mapa 1. Proceso histórico de expansión urbana de las UPZ Calandaima y Tintal Norte, en Bogotá, Colombia.



en cuatro etapas: Para las relaciones espaciales, se realizó una demostración, a través de un sistema de información geográfica (SIG), evidenciando la relación física entre la EEP y el PEU en las UPZs. La etapa correspondiente a las relaciones socioambientales tuvo en cuenta las condiciones de vida de la población residente en la zona de estudio y su interacción con los elementos ambientales de la EEP; además, se utilizó el análisis de coyuntura, teniendo en cuenta la premisa de que éste permite conocer la realidad histórico-social, para orientar el cambio en función de las necesidades e intereses (Gallardo, 1990). Para la relación población-entorno y su perspectiva del territorio, se realizó una entrevista semiestructurada; esta herramienta |se ajusta adecuadamente a dicho propósito, ya que se considera indicada para objetivos descriptivos, donde se requiere saber algún aspecto específico de la población (Ochoa, 2013). La fórmula para determinar la muestra de la población a entrevistar fue la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1-p)}{(N-1) * e^2 + Z^2 * p * (1-p)}$$

Dónde: n = Tamaño de la muestra; N = Cantidad de población (personas entrevistadas en 12 barrios); Z = Nivel de confianza (95%, que equivale a Z= 1,96); p = Proporción esperada (50% = 0,5) y e = Margen de error admitido (5% = 0,05):

$$n = \frac{23 * 1{,}96^2 * 0{,}5 * (1-0{,}5)}{(23-1) * 0{,}05^2 + 1{,}96^2 * 0{,}5 * (1-0{,}5)}$$

$$n = \frac{22.0892}{1.0154}$$

$$n = 21.75418554 \sim 22$$

Este resultado hace referencia a la cantidad de habitantes que se requieren entrevistar y se decidió duplicarlo, para entrevistar a dos habitantes por barrio, en cada una de las dos localidades, para un total de 44 habitantes, a quienes se aplicaron 15 preguntas, sobre la situación pasada y presente de las condiciones del territorio, las principales problemáticas ambientales y sociales, y la forma como la población relaciona dichas situaciones.

La etapa participativa consistió en la realización de un taller con la comunidad, para generar el modelo de desarrollo local. Esta actividad estuvo compuesta de los siguientes pasos: (I) identificación de los usos del suelo en la zona de estudio; (II) clasificación de las variables que intervienen en el desarrollo; (III) identificación de ejes estratégicos de desarrollo local sostenible; (IV) diseño del MDLS, explicación teórica del MDLS, explicación esquemática del MDLS y elaboración cartográfica, que explica el diseño del MDLS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio evidencia que en las UPZ Calandaima y Tintal Norte existe un deterioro constante de los elementos de la EEP; es débil e inexistente, en algunos casos, y carece de la capacidad de cumplir funciones, como conectar las zonas de importancia ambiental, generar sostenibilidad, conducción de procesos ecológicos, conservar los recursos naturales y aumentar las condiciones de habitabilidad de la población.

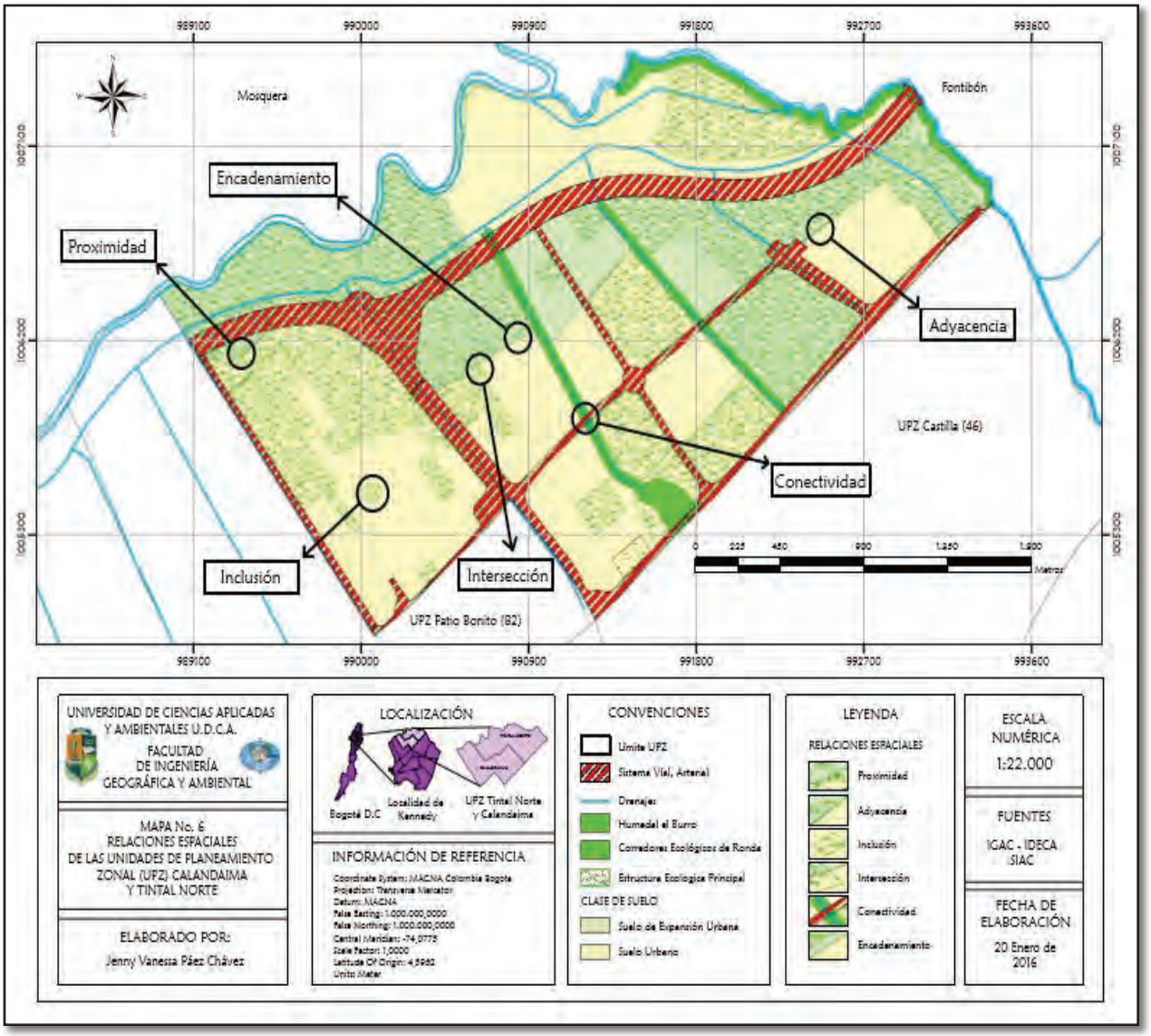
Sobre la identificación de relaciones

Relaciones espaciales. Las relaciones espaciales contribuyen con el entendimiento de la interacción entre los componentes del territorio y la manera en que generan vínculos importantes para el desarrollo y la continuidad del mismo. Estas relaciones permiten representar la realidad y observar la organización del territorio, teniendo en cuenta los factores que lo constituyen. El procedimiento para identificar las relaciones de tipo espacial, se llevó a cabo por medio de la realización del mapa 2 y el cuadro 1 (parte A), donde se visualizan las alteraciones y las modificaciones espaciales en el territorio, que ocasionan el inicio de nuevos procesos, para acondicionar a la población a los sucesos futuros. Las acciones o las situaciones sucesivas en el tiempo, crearon unas relaciones entre la EEP y el PEU de las UPZs, que se pueden clasificar en 10 tipos.

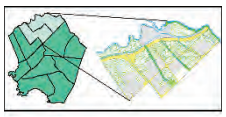
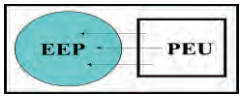
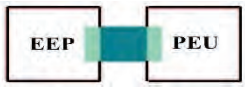
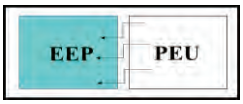
Relaciones socioambientales. La población residente y flotante de las UPZ Calandaima y Tintal Norte tiene una perspectiva del territorio positiva, en general, pero es consciente que existen muchas problemáticas que no permiten que se genere un desarrollo local óptimo. El total de la población entrevistada ha observado cambios físicos significativos, independientemente del tiempo que lleva viviendo allí y han evidenciado que el PEU se ha desarrollado en, relativamente, poco tiempo y debido a la implementación de las nuevas edificaciones, se asume que la tendencia es que este crecimiento continúe hacia las zonas que aún no están construidas. La población reconoce que es la principal responsable por la falta de consciencia, tolerancia y, en algunos casos, por el desconocimiento de las consecuencias, pero aun así no busca la manera que estas relaciones cambien o mejoren. Esta responsabilidad también se le atribuye a las entidades sociales y ambientales, encargadas de gestionar las mejoras y el acompañamiento a la población.

Teniendo en cuenta la perspectiva de la población frente al territorio y el análisis de la forma de concebir el lugar en el que habitan, se identificaron 10 tipos de relaciones sociambientales, que se describen en el cuadro 1 (parte B). En la figura 1, se muestra de forma sistémica, las relaciones identificadas y los elementos en conexión con el resto del territorio, demostrando que más allá de la extensión que estos posean o de su capacidad de generar diversos procesos, la

Mapa 2. Relaciones espaciales de las UPZ Calandaima y Tintal Norte, en Bogotá, Colombia.



Cuadro 1. Clasificación de las relaciones: A (Espaciales) y B (Socioambientales).

PARTE A. CLASIFICACIÓN DE LAS RELACIONES ESPACIALES	
ESQUEMA DE LA RELACIÓN	**DESCRIPCIÓN DE LA RELACIÓN**
	Geográfica: Cercanía física, que permite compartir situaciones y generar nuevas características.
	Territoriales: La población que hace parte de los nuevos asentamientos, se ha posicionado y empoderado de su espacio y ha creado una relación de dependencia.
	Proximidad: Los elementos urbanos cada vez están más cerca de los naturales.
	Exposición: Los elementos naturales cada vez están menos protegidos y su exposición es más abierta a los impactos del PEU.
	Adyacencia: Es similar a la proximidad, con la diferencia que, además de su cercanía, presentan un contacto directo, casi superpuesto.
	Inclusión: Existen elementos naturales que han sido rodeados por los artificiales, pero aún hacen parte de la EEP, como los humedales.
	Intersección: Son zonas ambiguas de intersección, entre la EEP y la zona de EU, que bien se pudieran concretar para un lado u otro, dependiendo de las actuaciones de expansión o preservación que se den en el futuro.
	Conectividad: Vectores naturales y artificiales, que conectan diferentes elementos.
	Encadenamiento: Varios espacios de intersección con relativa continuidad, potencian un encadenamiento, sea natural o artificial.
	Dependencia: La población que ha estado más cerca, por más tiempo, de los elementos ambientales, cada vez los valora más y crea una relación de dependencia.

Continuación Cuadro 1.

PARTE B. CLASIFICACIÓN DE LAS RELACIONES SOCIOAMBIENTALES	
TIPO DE RELACIÓN	**DESCRIPCIÓN**
ESTRECHA	Debido a la cercanía de la EPP con la expansión urbana, se crea una relación estrecha, porque los elementos no se desarrollan en espacios extensos, sino en pequeñas proporciones, donde la intervención o la modificación de cualquier elemento, tiene repercusión en todo lo que se encuentra alrededor.
DESPROPORCIÓN	Existe una desproporción entre el área que corresponde a la EEP y el posicionamiento de la expansión urbana sobre la EEP, que ocasiona que esta pierda extensión y que tienda a desaparecer por completo.
DEPENDENCIA	Esta relación, se evidencia por la necesidad de la expansión urbana por construir en espacios que cuenten con elementos de la EEP y por la necesidad de la población, por contar con los servicios ambientales que ofrece la EEP.
DESIGUALDAD	La prioridad que se la ha dado a la zona de expansión urbana ocasionó que los intereses por preservar los elementos de la EEP disminuyeran, ocasionando una inclinación por mejorar las zonas construidas y desmejorar la EEP.
ANTAGÓNICA	Manejar los elementos del territorio por separado ocasiona que se generen relaciones con intereses opuestos, donde prima el bienestar para lo particular y no para lo general.
INTERESES	La consolidación de la población sobre las zonas de expansión urbana género que las personas se interesaran por estar cerca de elementos de la EEP, debido a los servicios ambientales que ofrecen y el bienestar que mejora las condiciones de vida.
REFLEXIVA	Por la presencia de la población en las zonas de expansión urbana, se genera una relación reflexiva frente a la percepción de las personas sobre la EEP, ya que estar tan cerca de sus elementos origina una introspección sobre su importancia y la necesidad de preservarlos, en óptimas condiciones.
COMPROMISO	La generación de las relaciones reflexivas permitió el incremento de compromiso por cuidar y preservar los elementos de la EEP, debido al bienestar que brinda para la población local y por el aumento de la calidad del ambiente, que mejora las condiciones del entorno en general.
COOPERATIVAS	El hecho de que se forje un compromiso por respetar y preservar los elementos de la EEP por parte de la población asentada en las zonas de expansión urbana, genera una unión entre la población por ejecutar acciones, que permitan la conservación y la protección de dichos elementos.
COLECTIVAS	El incremento del interés por proteger las zonas de importancia ambiental, a pesar de la presencia de asentamientos urbanos, fomenta conexiones, no solo con la población sino con actores externos, que puedan contribuir con el mejoramiento de las condiciones locales.

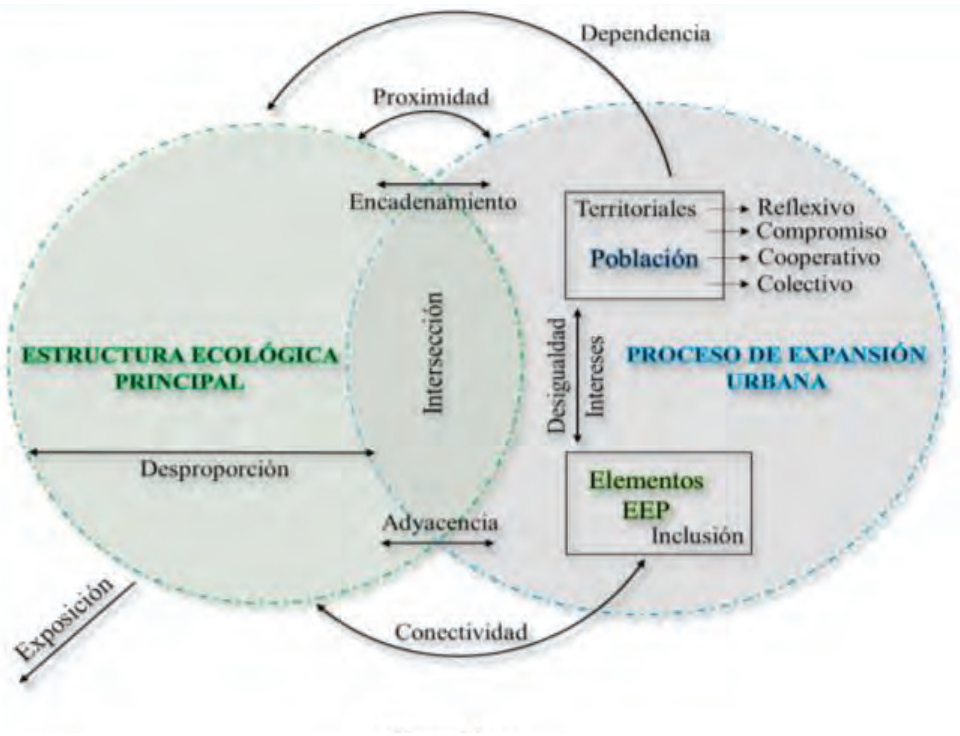


Figura 1. Resultado de relaciones entre la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana, en Bogotá, Colombia.

transformación o cambio de alguno de ellos altera representativamente la funcionalidad de todo el sistema que, en este caso, se refiere a las UPZ Calandaima y Tintal Norte.

Construcción del modelo de desarrollo local

A partir de las relaciones identificadas en conjunto con la comunidad, se agruparon los resultados, con el fin de considerar la posibilidad de fortalecimiento de cada relación y el lapso de tiempo requerido para llevarlo a cabo. Asimismo, se consideró importante incluir las oportunidades y las amenazas, consideradas por la población, para que las estrategias de desarrollo local sostenible se enfocaran en incrementar las oportunidades y transformar las amenazas en situaciones positivas. Posteriormente, se construyó el modelo, traslapando las diferentes escalas espaciales y temporales y, en razón al cruce entre éstas, se trazaron unos objetivos, para el logro progresivo y gradual del modelo de desarrollo local.

Definición de la escala espacio-temporal. La escala espacial, se determinó teniendo en cuenta los requerimientos planteados en la escala temporal, donde el corto plazo, incluye a la UPZ Calandaima; el mediano plazo, a la UPZ Calandaima y Tintal Norte y el largo plazo, a la UPZ Calandaima, Tintal Norte y los barrios Osorio, Castilla, Pio XII y las Dos Avenidas (Figura 2).

Definición de objetivos. Para lograr que las UPZ Calandaima y Tintal Norte se consoliden localmente es necesario trazar objetivos de manera gradual y consecutiva, así:

En el **corto plazo:** Fortalecer las relaciones positivas, que permiten que los elementos que componen el territorio se desarrollen de manera adecuada, por medio de la consolidación, la creación y la integración de grupos sociales y actores que intervienen en la UPZ Calandaima.

En el **mediano plazo:** Modificar las condiciones negativas actuales del territorio, por medio del mejoramiento de las relaciones entre los elementos que lo componen, teniendo en cuenta los dos componentes principales de las UPZ Calandaima y Tintal Norte; la EEP y el PEU.

En el **largo plazo:** Armonizar las dinámicas territoriales, por medio de la integración sostenible de los elementos del territorio, conformado por las UPZ Calandaima y Tintal Norte y barrios Castilla.

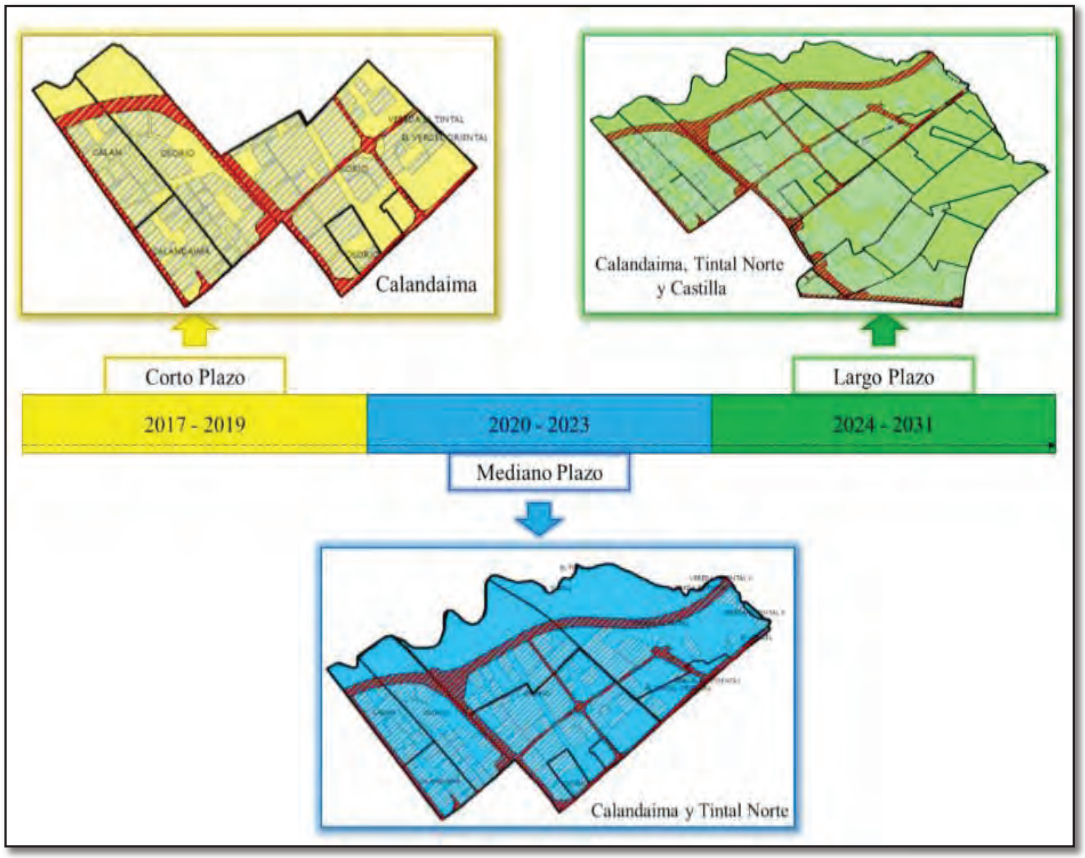


Figura 2. Representación de la escala espacio temporal del modelo de desarrollo local sostenible, en Bogotá, Colombia.

En el cuadro 2, se presenta una síntesis dinámica del modelo, donde se explican las condiciones principales que se tuvieron en cuenta para el diseño de esta alternativa de desarrollo del territorio local. Este modelo es acorde, no solo a las condiciones de las UPZ Calandaima y Tintal Norte sino que relaciona otros espacios que tienen que ver, principalmente, con la afectación a las fuentes hídricas y los ecosistemas que conectan, por lo que se incluyen elementos de la EEP de la UPZ Castilla, que se encuentran impactados en mayor proporción por la población de esta UPZ, con influencia sobre el canal que lleva sus aguas a toda la red hídrica de las UPZ Calandaima y Tintal Norte.

Por medio de este ejercicio, se logra comprender que el diseño prospectivo es un reto importante en las soluciones de los problemas territoriales, debido a la exigencia para concretar la capacidad de contextualizar, no solo el problema sino la alternativa de solución, para el presente y el futuro; dado que los problemas territoriales más complejos se presentan en las interfaces de situaciones, de espacios territoriales y de tendencias, justo aquí es donde se puede plantear y actuar sobre modelos de desarrollo.

Los problemas territoriales son tantos, tan grandes, profundos y difusos, que requieren soluciones muy concretas, puntuales e innovadoras, como lo es el diseño de modelos de desarrollo local. Según Posada Arrubla *et al*. (2016), un modelo puede ser una representación esquemática de los elementos de un sistema y de las relaciones que existen entre ellos, por lo cual, la modelación territorial exige detallar los procesos de integración, de relaciones e interacciones externas e internas del sistema territorial.

En consonancia con lo anterior, para la FAO (s/f), en América Latina y el Caribe, el problema de las desigualdades socioespaciales, se identifica como un aspecto central del ordenamiento territorial y en todos los países destaca la necesidad de lograr mayor cohesión territorial, perspectiva, bajo la cual, identifica que existen dos corrientes en los enfoques territoriales latinoamericanos: el ambientalista y el de desarrollo local.

En el modelo aquí expuesto, se combina el enfoque ambientalista y el enfoque de desarrollo local, agrupándolo en el desarrollo local sostenible. Lo que se busca, entonces, es

Cuadro 2. Síntesis del modelo de desarrollo local sostenible.

Temporalidad	Corto Plazo (2017-2019)	Mediano Plazo (2020 – 2023)	Largo Plazo (2024-2031)
UPZ Calandaima	Fortalecimiento	Desarrollo del fortalecimiento	Prolongación del fortalecimiento
UPZ Calandaima y Tintal Norte	Alternativas de mejoramiento	Mejoramiento	Continuidad del mejoramiento
UPZ Calandaima, Tintal Norte y Castilla	Transición entre la planeación y la ejecución	Ejecución	Consolidación
Objetivos	Fortalecer las situaciones positivas que permiten que los elementos que componen el territorio se desarrollen de manera adecuada, por medio de la consolidación, creación e integración de grupos sociales y actores que intervienen en la UPZ Calandaima.	Modificar las condiciones actuales del territorio por medio del mejoramiento de las relaciones entre los elementos que lo componen, teniendo en cuenta los dos componentes principales de las UPZ Calandaima y Tintal Norte; la EEP y el PEU.	Armonizar las dinámicas territoriales por medio de la integración sostenible de los elementos del territorio conformado por las UPZ Calandaima y Tintal Norte, y los barrios Castilla.

armonizar las dinámicas territoriales, por medio de la formulación y la ejecución de políticas, de planes, de programas y de proyectos, con el fin de realizar una gestión del territorio; sin embargo, el presente modelo no diseña estas acciones específicas, pero sí genera una serie de estrategias, que se derivan de un proceso histórico y natural, para orientar dichas acciones.

Los fundamentos del desarrollo local sostenible del modelo contiene, por un lado, la integración y el refuerzo de las relaciones entre los diversos actores y, por otro, los elementos naturales. También incluye el cumplimiento normativo, para impulsar la importancia de actuar, conforme a las normas y aumentar el seguimiento y el control normativo, lo que permite contemplar la posibilidad de ajustar el marco normativo, para regular las relaciones entre la EEP y las actuaciones urbanísticas en las UPZ Calandaima y Tintal Norte.

Con este modelo, se hace evidente la importancia de integrar a la comunidad en todos los procesos de planeación, de formulación y de gestión, que se llevan a cabo en el territorio. Y dado que el ordenamiento territorial es un proceso que utiliza diversas estrategias e instrumentos para lograr una relación armónica población-territorio (Posada A. & Berrocal, 2015), en el diseño de modelos, se exige contar con herramientas, que permitan establecer diferentes alternativas frente a una problemática territorial.

En conclusión, es importante generar un equilibrio entre el uso que le da la población al entorno natural y la forma como se retornan los servicios que ofrece la naturaleza, ya que un defecto que ha caracterizado a la población, en general es que sobreutiliza y explota los recursos naturales y no se preocupa por hacer procesos de recuperación al ambiente.

La relación entre la EEP y el PEU, se ha hecho más evidente con el transcurso de los años, ya que se encuentra inmersa una en la otra y hacen parte de la composición del territorio, en general. Frente a lo cual, es esencial analizar cada parte del territorio, pero resulta fundamental observar las relacio-

nes existentes entre los elementos, puesto que las manifestaciones particulares tiene repercusiones, a nivel general y se hace necesario comprender al territorio como un sistema complejo, que no se puede manejar por separado.

La identificación de relaciones permitió comprobar las diferentes formas y situaciones, por medio, de las cuales, los elementos del territorio tienen alguna conexión o generan algún tipo de vínculo. Por medio del conocimiento de las relaciones que existen en el territorio es posible evidenciar las consecuencias de sus elementos, suscitadas por alteraciones previas. Así, para planificar el uso, el manejo y la ocupación del territorio es importante hacerlo de forma integral, teniendo en cuenta no solo dichos elementos sino las razones por las cuales se generan procesos, que conducen al desarrollo.

Se sugiere, por lo tanto, que para observar el territorio como un todo, se debe mantener rigurosidad en buscar soluciones prácticas, que se puede lograr trazando el siguiente proceso, conducente al desarrollo: Identificar sistemas territoriales en conflicto; entender la estructura de los sistemas territoriales en conflicto; abstraer detalles sobre la estructura de los sistemas territoriales en conflicto; DISEÑAR MODELOS PROSPECTIVOS DE ORDENAMIENTO PARA EL DESARROLLO TERRITORIAL; sugerir políticas de intervención para los sistemas territoriales en conflicto e intervenir los sistemas territoriales en conflicto.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de las autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados y quienes agradecen a la U.D.C.A la financiación de la investigación “Convergencias de la Gestión Ambiental Territorial en Bogotá”.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDÍA LOCAL DE KENNEDY-ALK-. 2013. Conociendo mi Localidad. Disponible desde Internet en: http://www.kennedy.gov.co/index.php/mi-localidad/conociendo-mi-localidad (con acceso el 15/02/2016).

2. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ –AMB-. 2013. Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá. Disponible desde Internet en: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/POT/Decreto364-2013.pdf (con acceso el 15/02/2016).

3. ANDRADE, G.; MESA, C.; RAMÍREZ, A.; REMOLINA, F. 2008. Estructura ecológica principal y áreas protegidas de Bogotá, oportunidad de integración de políticas para la construcción y el ordenamiento del territorio de la ciudad-región. Bogotá, Colombia: Foro Nacional Ambiental. Disponible desde Internet en: http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/06455.pdf (con acceso el 10/12/2015).

4. BRAVO, O.; MARÍN, F. 2014. Modelo de desarrollo local para los municipios. Cuaderno del CENDES. 31(86):1-26.

5. CONCARI, S. 2011. Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. Ciencia y Educación 7(1):85-94.

6. GALLARDO, H. 1990. Fundamentos de Formación Política: Análisis de Coyuntura. Santiago de Chile (Chile). 85p.

7. GAVIRIA, Z. 2009. La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno inmediato a la ciudad metropolitana. Rev. Soluciones de Postgrado EIA. 3:63-74.

8. LAHOZ, E. 2010. Reflexiones medioambientales de la expansión urbana. Cuadernos Geográficos. 46:293-313.

9. MARTÍNEZ, D.; MILLA, A. 2012. La elaboración del plan estratégico y su implantación a través del cuadro de mando integral. Ediciones Díaz de Santos. España. p.33-39.

10. OCHOA, C. 2013. Tamaño de la muestra. Disponible desde Internet en: http://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito/ (con acceso el 23/02/2016).

11. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA –FAO-. (s/f). Plataforma de territorios inteligentes. Disponible desde Internet en: http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/es/ (con acceso el 17/03/2016).

12. PISANTY, I.; MAZARI, M.; EZCURRA, E. 2009. El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. p.719-759.

13. PNUMA. 2012. Geo-5. Perspectivas del medio ambiente mundial. Medio ambiente para el futuro que queremos. Costa Rica. 552p.

14. POSADA A., A.; PAREDES B., A.D.; ORTIZ R., E. 2016. Enfoque sistémico aplicado al manejo de parques metropolitanos, una posición desde Bogotá D.C. – Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(1):207-217.

15. POSADA ARRUBLA, A.; BERROCAL, A.E. 2015. Reconfiguración regional en el marco del ordenamiento territorial; Francia, un espejo para Colombia. Bogotá, Colombia. Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient. 18(1): 271-281.

16. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS –ONU Hábitat-. 2012. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe Rumbo a una nueva transición urbana. Brasil. ISBN 978-92-1-132469-3.

17. SANCHIS, J. 2010. Las estrategias de desarrollo local: aproximación metodológica desde una perspectiva socio-económica e integral. Valencia (España). p.147-160.

Recibido: Agosto 18 de 2016
Aceptado: Noviembre 15 de 2016

Cómo citar:

Posada Arrubla, A.; Páez Chávez, J.V. 2016. Modelo de desarrollo local para una zona de Bogotá-Colombia, relacionando la estructura ecológica principal y el proceso de expansión urbana. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 445-455.

LAS CURTIEMBRES DE EL CERRITO (VALLE DEL CAUCA): UNA MIRADA EN TORNO A SU REALIDAD SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL

TANNERIES OF EL CERRITO (VALLE DEL CAUCA): A LOOK ABOUT YOUR ENVIRONMENTAL AND SOCIOECONOMIC REALITY

Neyla Benítez-Campo[1], Aceneth Perafán Cabrera[2]

[1] Bióloga, M.Sc. Microbiología, Ph.D. Ciencias Ambientales, Grupo de investigación en Biología de Plantas y Microorganismos. Universidad del Valle, Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia, e-mail: neyla.benitez@correounivalle.edu.co; [2] Licenciada en Ciencias Sociales, Ph.D. Medio ambiente natural y humano en las ciencias sociales, Grupo de investigación Asociación Centro de estudios regionales, REGIÓN. Universidad del Valle, Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia, e-mail: acenethperafan@hotmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 457-466, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

El curtido de pieles es un proceso reconocido por el vertimiento de desechos químicos y orgánicos, así como por la liberación de compuestos volátiles de olores desagradables y desechos sólidos, que contaminan el agua, el aire y el suelo, produciendo efectos negativos en el ambiente natural y en la salud de la población. Considerando que este comportamiento está influenciado por componentes interrelacionados, el propósito de esta investigación fue identificar los principales factores socioeconómicos y ambientales que caracterizan la actividad curtidora en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca. Mediante el empleo de métodos cuantitativos y cualitativos, que incluyeron entrevistas con actores sociales clave, revisión bibliográfica y trabajo de campo, se pudo establecer que de 13 curtiembres activas, una de ellas corresponde a mediana empresa y las 12 restantes a microempresas (McEs), con cerca de 272 empleados directos. Dichas empresas han diversificado su actividad, dedicándose al curtido de pieles y al alquiler de servicios a curtidores informales. Las McEs presentan una baja capacidad de inversión en maquinaria y en equipos, en modernización tecnológica y en la adopción de programas e infraestructura de mejoramiento ambiental. Se evidenció la falta de conciencia ambiental, de planes de capacitación, de acompañamiento técnico y de políticas gubernamentales que promuevan su desarrollo y la adopción efectiva de programas de control y de prevención de la contaminación. Las características de este sector industrial hacen necesaria la implementación de programas integrales y adaptables a las McEs, de tal manera que conduzcan a mejorar su competitividad y sostenibilidad.

Palabras clave: Contaminación, cromo, cuero, producción más limpia, sostenibilidad.

SUMMARY

Tanning is a process recognized for the dumping of chemical and organic wastes, as well as the release of volatile compounds of unpleasant odors and solid wastes that pollute water, air and soil, producing negative effects on the environment and the health of the population. Since this behavior is influenced by interrelated components, the purpose of this research was to identify the main socioeconomic and environmental factors that characterize the tanning activity in the municipality of El Cerrito, Valle del Cauca. By using quantitative and qualitative methods, which included interviews with key social actors, literature review and fieldwork, it was established that 13 active tanneries, one corresponding to amedium enterprise and the remaining 12 to microenterprises (ECMs) with about 272 direct employees. These companies have diversified their activities, dedicated to tanning and rental services to informal tanners. ECMs have a low capacity for investment in machinery and equipment, technological modernization and the adoption of environmental programs and infrastructure improvement. The lack of environmental awareness, training plans, technical support and government policies that promote the development and adoption of effective control programs and pollution prevention was evident. The characteristics of this industry require the implementation of comprehensive and adaptable programs for ECMs, so leading to improve their competitiveness and sustainability.

Key words: Pollution, chrome, leather, cleaner production, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Las curtiembres, se dedican al curtido de pieles de vacunos, de ovinos y de caprinos para convertirlas en cuero, material duradero, apenas permeable al agua y, a la vez, suave, elástico y flexible (Lofrano *et al.* 2013). El curtido es un método ancestral que estabiliza la materia orgánica, inhibiendo sus procesos de descomposición, mediante una serie de etapas, en las que es necesario adicionar productos químicos, que tienen consecuencias ambientales significativas, especialmente, por los grandes volúmenes de agua con desechos orgánicos y químicos, que son vertidos a los cuerpos de agua (Faouzi *et al.* 2013; Ilou *et al.* 2014).

Esta actividad industrial es, además, altamente demandante de recursos naturales, por cada 1000kg de piel salada que entran al proceso, se requieren de 15 a 40m^3 de agua y 450kg de insumos químicos. Se obtienen 200kg de cuero acabado, 40kg de solventes que son emitidos a la atmósfera, 640kg de residuos sólidos y 138L de agua que pierde la piel (Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2004a).

Es evidente que, desde el punto de vista ambiental, las curtiembres generan contaminantes derivados del aprovechamiento que hacen de la piel, un subproducto altamente putrescible y de degradación lenta de la cadena del cuero. A su vez, el cuero es distribuido por peleterías a industrias manufactureras, que lo transforman en calzado, en guantes, en ropa, en artículos de marroquinería, en muebles y en otros productos artesanales (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).

Se han realizado estudios sobre el impacto ambiental de las curtiembres, la baja infraestructura y mínima capacidad productiva en países en desarrollo (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles 2009; Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2004b; Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo territorial, 2006; Azom *et al.* 2012; Shakir *et al.* 2012). Adicionalmente, se ha informado de avances en procesos de reutilización y de reciclaje de efluentes, para disminución de la carga contaminante y ahorros de agua, así como recuperación de residuos al aplicar programas de Producción Más Limpia (PML), con beneficios económicos, en tenerías europeas y latinoamericanas (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006; Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2009; COTANCE & IndustriAll, 2012).

En las curtiembres de Villapinzón y de Chocontá, se han desarrollado proyectos con el propósito de mejorar el desempeño ambiental del curtido de pieles, manejo de subproductos y comercialización de cueros, propendiendo por construir escenarios de mejoramiento de la calidad del agua del río Bogotá y de la industria curtidora de la región (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia, 2009).

De igual manera, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Centro Regional de Producción Más Limpia (CRPML) realizaron un proyecto de PML y gestión ambiental con las curtiembres del municipio de El Cerrito (Jaramillo *et al.* 2005a). Posteriormente, el CRPML, el instituto CINARA de la Universidad del Valle y la Corporación de Desarrollo Productivo del Cuero, Calzado y Marroquinería (CDP) continuaron apoyando al sector, a través de proyectos que permitieron difundir, en algunos empresarios, los principios de prevención de la contaminación, a través del concepto de PML, para el mejoramiento ambiental (Restrepo *et al.* 2006).

Por otro lado, se han realizado algunos estudios con un enfoque integral del problema de contaminación de las curtiembres, en los que se reconocen los posibles beneficios biofísicos, socioculturales y económicos de las estrategias de PML con inclusión social, en conjunto con los aspectos legales y la gestión interinstitucional para su aplicación exitosa, en las tenerías de Villapinzón y Chocontá, en Cundinamarca (Santos *et al.* 2007; Sanz *et al.* 2016); sin embargo, estos programas siguen en proceso de adaptación y mejora. En algunos casos, se lograron avances, que no se han podido mantener en el tiempo, razones que justifican la falta de conocimiento acerca de las dinámicas que se mueven al interior de este sector industrial, de tal manera que permitan investigar, desarrollar y aplicar nuevos métodos, en busca de una mayor sostenibilidad de las curtiembres.

Teniendo en cuenta un enfoque integral de la problemática de contaminación de las curtiembres, el propósito de este trabajo fue identificar los principales factores socioeconómicos y ambientales que caracterizan la actividad curtidora, en el municipio de El Cerrito, en el Valle del Cauca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio, se realizó en el municipio de El Cerrito, ubicado en el departamento del Valle del Cauca – Colombia (Figura 1), a una altura de 987msnm, temperatura promedio de 24°C, con una población aproximada de 57.463 habitantes. El sector de las curtiembres es considerado el tercer renglón económico del municipio, después de la caña de azúcar y la ganadería (Alcaldía de El Cerrito Valle del Cauca, 2013).

La población, objeto de estudio, estuvo representada por empresarios y trabajadores de las curtiembres; adicionalmente, se incluyeron en la muestra, a aquellos funcionarios que, por sus cargos, pudieran tener relación con dicho sec-

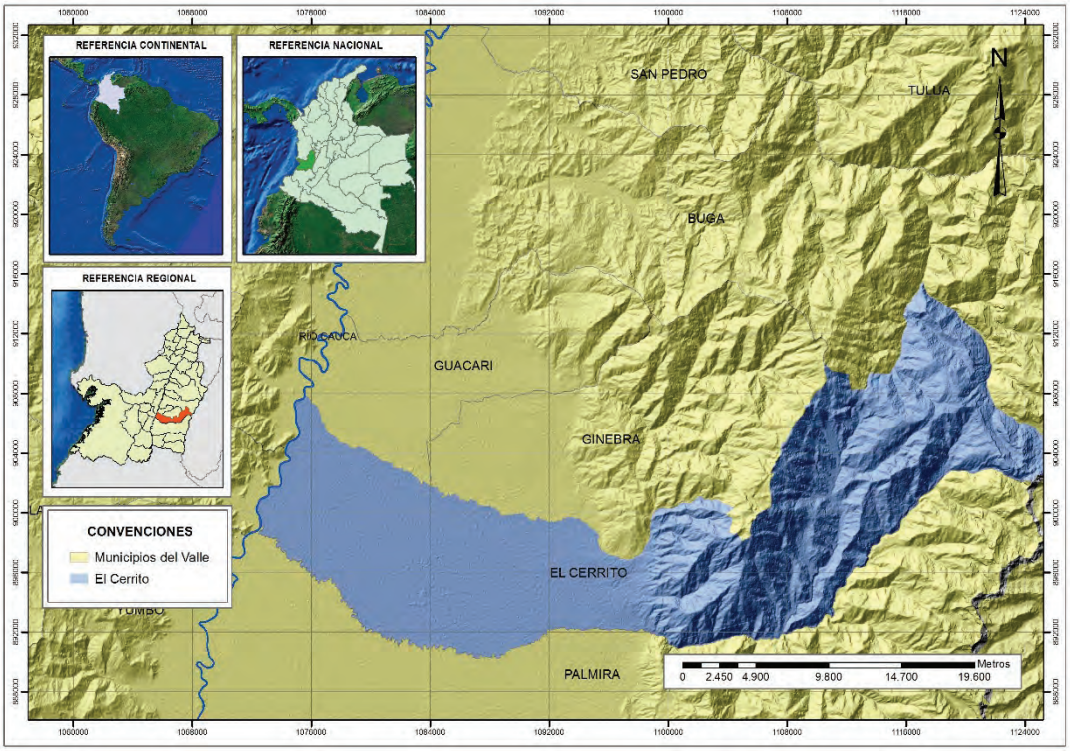


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de El Cerrito.

tor, tales como empleados de la Secretaría de Salud municipal, de la Oficina de Planeación Municipal, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle del Cauca S.A. (ACUAVALLE S.A.). De manera complementaria, se identificaron algunos miembros de la comunidad aledaña a las curtiembres, que por su cercanía podían aportar información valiosa, para los propósitos de la investigación.

La recolección de la información, se realizó entre enero de 2013 y octubre de 2014, para lo cual, se diseñaron y aplicaron entrevistas semiestructuradas, específicas para cada tipo de actor social. En cuanto a los empresarios, se obtuvo información en relación a los orígenes de la curtiembre, los aspectos productivos, económicos y socio-ambientales; para el caso de los trabajadores, se indagó acerca de las condiciones laborales, seguridad social y salud, proceso productivo y aspectos socio-ambientales y, en lo que respecta a los funcionarios, las preguntas buscaron identificar su relación con las curtiembres y aspectos socio-ambientales. Esta información, se complementó con los datos reportados por los vecinos en cuanto a las enfermedades frecuentes, aspectos socio-económicos y socio-ambientales de las curtiembres (Tabla 1).

En total, se entrevistaron 23 mujeres y 31 hombres, mayores de 30 años correspondientes a población laboralmente activa en un 94% y seleccionados según el rol de interés dentro de este estudio. La información obtenida fue organizada en tablas y gráficas y posteriormente, se calcularon frecuencias relativas y medidas de tendencia central. Con el fin de analizar la relación entre algunas variables cualitativas, se utilizó la prueba exacta de Fisher, procesamiento estadístico que se realizó mediante el software R versión 3.2.2 (R Core Team, 2015) con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Colombia, el comportamiento del sector del cuero y sus manufacturas en los últimos años, ha mostrado tendencia a la baja y varía según el eslabón de la cadena. Durante el 2013, la actividad manufacturera de curtido y preparado de cueros, productos de cuero y calzado, decreció un 5,7% con respecto a 2012, muy por debajo del crecimiento del país (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2014); la participación de este sector en la economía nacional estuvo alrededor del 0,27%, del PIB nacional y 2,17%, del PIB manufacturero (Aktiva, 2013).

Tabla 1. Estructura del cuestionario.

ACTOR SOCIAL	TIPO DE PREGUNTA
Trabajadores (18)	**Datos generales**: Nombre, edad, sexo, nivel educativo, formación en curtiembres.
	Información laboral: Cargo y funciones, tiempo de trabajo, horario laboral, remuneración, proceso productivo, Estado actual del sector de las curtiembres.
	Seguridad social y salud: EPS, Fondo de pensiones, implementos de protección laboral, recibe capacitación, existen programas de salud ocupacional, enfermedades frecuentes.
	Aspectos socio-ambientales: Riesgos del uso del Cr, programas de GA, PML, posee PTAR, dificultades para implementar soluciones a la contaminación, relación con la CVC y autoridades municipales, estado del río Cerrito.
Empresarios (13)	**Datos generales**: Nombre, edad, sexo, nivel educativo, formación en curtiembres, tiempo de trabajo, heredero.
	Información de la curtiembre: Nombre, año de creación, actividad principal
	Aspectos productivos y económicos: Principales productos, cuales servicios presta, principales clientes, origen y tamaño de las pieles, No. pieles/mes, Vr/piel, en que se usan sus productos, propiedad del local, área del local, No. de Bombos y de máquinas. Procesos realizados dentro y fuera de la curtiembre. No. de trabajadores, No. de hombres, No de mujeres, cuantos administrativos, cuantos operarios, nivel educativo de los trabajadores, tipo de contrato, tipo de seguridad social, Estado actual del sector de las curtiembres.
	Aspectos socio-ambientales: Fuentes de energía, Fuentes de agua, consumo mensual. Posee programa de residuos sólidos, Que hacen con las Aguas residuales, tipo de PTAR, Programa de PML, Beneficios de PML, Riesgos del Cr., dificultades para implementar soluciones, reciben asesoría de alguna entidad, relación con la CVC y autoridades municipales, quejas de los vecinos, estado del río Cerrito.
Funcionarios CVC (2) Salud (1) Alcaldía (2) ACUAVALLE (2)	**Datos generales:** Nombre, edad, sexo, formación académica, cargo y funciones, tiempo en el cargo.
	Relación con las curtiembres: Programas propuestos para las curtiembres
	Aspectos socio-ambientales: Problemas más relevantes de las curtiembres, quejas de la comunidad, Participación ciudadana, conoce proyectos exitosos en las curtiembres, actividades realizadas para el manejo del agua residual, dificultades para implementar soluciones, que entidades han realizado control y prevención dela contaminación en curtiembres, Estado actual del sector de las curtiembres. Estado del río Cerrito.
Vecinos (16)	**Datos generales:** Nombre, edad, sexo, nivel educativo, ocupación, tiempo de residencia.
	Salud: Enfermedades frecuentes, posee EPS**.**
	Aspectos socioeconómicos. Fuentes de empleo, percepción sobre las curtiembres**.**
	Aspectos socio-ambientales: Calidad del servicio de acueducto, recolección de basuras, principales problemas ambientales, han percibido cambios en el paisaje, posibles causas de las transformaciones, participación comunitaria en la solución de los problemas, acciones institucionales, estado del río Cerrito

GA: Gestión ambiental, PML: Producción Más Limpia, PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Entre paréntesis se indica el número de entrevistados.

Sucesos como el ritmo negativo de crecimiento del sector del cuero y sus manufacturas, a nivel mundial, debido a la decadencia del consumo de cuero y a la fuerte competencia de materiales sintéticos, así como al aumento de las importaciones de productos de cuero provenientes de países asiáticos, como consecuencia de políticas de apertura económica, influyeron de manera negativa en este sector manufacturero (Restrepo et al. 2006).

La situación de las curtiembres de El Cerrito no escapa al contexto nacional, puesto que se encontraron funcionando sólo 13 curtiembres, lo que representa una disminución del 38,1% al comparar esta información con la obtenida por Jaramillo *et al*. (2005b), quienes habían reportado 21 curtiembres activas en ese año.

Esta comunidad empresarial está compuesta por una mediana empresa y 12 microempresas (McEs), que generan alrededor de 272 empleos directos, observándose una disminución del 28,4%, en comparación con los datos obtenidos por Jaramillo *et al.* (2005b). De igual manera, los entrevistados coincidieron en afirmar que han bajado la producción entre un 50 a 60% de su capacidad, debido a la escasez de pieles de buena calidad, que son exportadas a otros países y, principalmente, a causa de los bajos precios de los productos de cuero, provenientes de países asiáticos.

Se pudo establecer que el 58% de las McEs producen menos de 1.000pieles/mes, mientras que la empresa mediana procesa alrededor de 8.000pieles/mes, para un total de 20.200pieles/mes aproximadamente, en todo el municipio.

La baja capacidad productiva de las McEs no sólo se demostró por el número de trabajadores contratados, que varía de uno a tres, en el 38,5% y de siete a diez, en el 46,2% de los casos; sino también por la baja infraestructura constituida por equipos y maquinaria obsoleta de baja tecnología. La empresa mediana, por su parte, posee una mayor capacidad de producción, representada por un importante número de bombos y de maquinaria de mayor tecnología (Tabla 2).

Se pudo determinar que las curtiembres cerriteñas producen, principalmente, cuero en crosta, tipo nobuck, napa, encerado, graso, marquilla y carnaza, productos que son adquiridos por clientes nacionales, en un 99,8% y, el 0,2% restante, es exportado hacia Venezuela. En cuanto al uso final del cuero es comercializado por peleterías y empleado por fabricantes de calzado y de marroquinería; en casos esporádicos es utilizado en la fabricación de muebles.

Tabla 2. Aspectos socioeconómicos de las curtiembres de El Cerrito, en el 2014.

No.	Actividad principal	Producción Pieles/mes	No. de trabajadores	No. Bombos	No. Máquinas
1	Prestación de servicios	2000	8	6	6
2	Recurtido, teñido y acabado	1500	9	3	NS/NR
3	Proceso completo*	300	7	5	7
4	Proceso completo*	400	3	3	3
5	Proceso completo*	1000	8	7	9
6	Recurtido, teñido y acabado	150	2	1	0
7	Prestación de servicios y curtición propia	1500	10	4	4
8	Proceso completo*	NR	2	2	3
9	Prestación de servicios	100	1	3	0
10	Proceso completo*	8000	150	29	73
11	Prestación de servicios	500	4	6	8
12	Prestación de servicios y curtición propia	2000	8	4	6
13	Prestación de servicios y curtición propia	500	2	7	5

*Cuando la curtiembre realiza más del 80% del proceso de elaboración del cuero.

Se observó que las curtiembres de El Cerrito han diversificado su actividad, de tal manera que sólo cuatro de ellas realizan los procesos completos dentro de sus instalaciones; las otras McEs, contratan subprocesos en curtiembres, que se han dedicado al alquiler de servicios. En estas curtiembres, se realizan los procesos de pelambre, descarne, dividido, curtido, recurtido, rebajado, templado y planchado, situación que ha favorecido la proliferación de curtidores informales, que no poseen instalaciones propias. Este grupo está compuesto por unos 45 microempresarios, que tienen el conocimiento y la experiencia en el curtido de pieles, pero disponen de bajo capital, de tal manera que para la elaboración del cuero, alquilan la infraestructura de otras curtiembres, compran las materias primas e insumos necesarios y contratan trabajadores por labor a realizar, estableciéndose así una relación laboral informal.

Es evidente la baja calidad del empleo en las McEs, pues los trabajadores entrevistados informaron que no contaban con seguridad social (p=0,01471), que las jornadas laborales se extendían por más de 10h/diarias, en comparación con la mediana empresa (p=0,01471), donde los horarios no sobrepasaban las 8h/diarias; de igual manera, reportaron que los implementos de seguridad industrial son muy escasos o nulos (p=0,0037). En la tabla 3, se resumen las condiciones laborales de las curtiembres cerriteñas.

Se encontró que no hay relación entre las enfermedades que aquejan a los trabajadores y el cargo desempeñado (p=0,4276); sin embargo, algunos de los trabajadores manifestaron que las principales causas de consulta médica se deben a lumbagos, alergias respiratorias y de piel; con frecuencia sufren cortaduras o golpes en los dedos al manipular las pieles; tampoco cuentan con programas de salud ocupacional, a diferencia de la mediana empresa (p=0,00002). Prevenir y minimizar este tipo de situaciones conduciría a mejorar las condiciones laborales y a una mayor competitividad del sector, según logros reportados en paises industrializados (COTANCE IndustriAll, 2012).

En cuanto al nivel educativo del personal vinculado a las curtiembres, se observó que el 3,5% de los trabajadores ha alcanzado formación profesional, técnica, el 6,2% y secundaria, el 64,3%. En el caso de los propietarios y directivos de las McEs ha empezado un proceso de relevo generacional, pues los hijos de curtidores fundadores son ahora los gerentes, quienes recibieron educación universitaria, en un 31% y secundaria, en un 46%; estos datos demuestran un cambio positivo con respecto a la situación descrita por Restrepo *et al.* (2006), quienes reportaron el predominio de formación primaria en la cadena del cuero, en el Valle del Cauca; sin embargo, la formación en el arte del curtido sigue adquiriéndose de manera empírica. El 96,4% de los curtidores manifestaron que aprendieron esta labor a través de familiares o amigos, sólo uno de los entrevistados, declaró haber recibido formación en química del cuero, en una universidad europea. A pesar que la capacitación es crucial para una mejor competitividad en cualquier sector productivo, ninguna de las McEs destinan tiempo ni recursos para dicha actividad, encontrándose una fuerte relación entre el tipo de empresa y la capacitación ofrecida a sus trabajadores (p=0,0002). En este sentido, se evidenció que los proveedores de insumos químicos son quienes realizan esta función y son también los encargados de promocionar nuevos productos para la actualización de los procesos de producción.

Esta es una fuerte debilidad detectada en las McEs de El Cerrito, lo que refleja la necesidad de implementar progra-

Tabla 3. Condiciones laborales de los trabajadores de las curtiembres cerriteñas.

Empleador	Condiciones laborales				
	Duración del contrato	Jornada laboral	Seguridad social	Seguridad industrial	Capacitación
Mediana empresa (7,7%)	>1 año	8h/día	Afiliación completa	Programa vigente	Eventual
Microempresas tipo 1 (23%)	6-12 meses	8h/día	Afiliación completa	Delantales y botas	Ninguna
Microempresas tipo 2 (69,3%)	Por labor a realizar	10-14h/día	Sin afiliación	Ninguna	Ninguna
Curtidores informales	Por labor a realizar	10-14h/día	Sin afiliación	Ninguna	Ninguna

Afiliación completa: EPS, ARL, Fondo de pensiones y Cesantías

mas de capacitación, que permitan la formación profesional y técnica, en aspectos productivos, de seguridad industrial y sistemas de gestión ambiental, entre otros.

En referencia a los aspectos ambientales asociados a las curtiembres, el factor que causa mayor molestia a los vecinos, es el olor desagradable, producido por emisiones atmosféricas provenientes de la descomposición de las pieles y de desechos acumulados en las curtiembres. Otro contaminante atmosférico, es el polvillo, material particulado, proveniente del proceso de esmerilado, que afecta directamente a los trabajadores; a pesar que causa alergias respiratorias, no se ha implementado ningún programa para su tratamiento o prevención.

En cuanto al manejo de los residuos sólidos, en la mayoría de las McEs, los subproductos, como carnazas y recortes, son clasificados y comercializados. Los residuos de las pieles son almacenados en bolsas, costales o tanques, algunos de estos son sometidos a compostaje o son utilizados por otras industrias, en la producción de gomas, chicles, jabones, pegantes y en alimentos y juguetes para caninos; sin embargo, no existe un programa de gestión de residuos sólidos, pues se consideran desechos que deben ser eliminados y gran parte de los residuos sólidos son recolectados por la empresa Proactiva S.A. ESP. Por otra parte, se pudo constatar que la mediana empresa implementó un programa de gestión de residuos sólidos, tendiente a prevenir la generación y la reducción de residuos en la fuente.

En cuanto a la energía eléctrica, este servicio es suministrado por la empresa EPSA ESP y se emplea en la iluminación y en el funcionamiento de la maquinaria y los bombos. Otra fuente de energía es el gas industrial, usado para el calentamiento del agua requerida en las diferentes fases del proceso productivo; una de las McEs ha implementado paneles solares, lo que se ha traducido en ahorro en costos de operación. El consumo promedio de energía mensual por McE estuvo en el rango de 307 a 4.034kw/h; por su parte la mediana empresa reportó valores entre 80.000 a 110.000kw/h.

En cuanto a las fuentes de agua**,** cada curtiembre posee su propio pozo profundo, con autorización de la CVC. En la mayoría de los casos, el agua se considera un recurso inagotable, disponible en cualquier momento y no un insumo para la producción. Se ha estimado que las curtiembres consumen entre 15 y 40m^3 de agua por cada 1.000kg de piel procesada (Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2004b)

Las curtiembres son reconocidas por la carga contaminante de los efluentes líquidos que son vertidos, en la mayoría de los casos, al alcantarillado o a las fuentes de agua sin tratamiento previo (Faouzi *et al.* 2013). Los resultados del índice de calidad del agua (ICA), del río Cerrito, ilustran esta situación, según reporte de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2006), donde se observa que el ICA disminuye a su paso por el municipio. El mismo comportamiento mostró el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), que aumentó considerablemente hacia la desembocadura sobre el río Cauca, con un índice de contaminación entre alto y muy alto.

Este comportamiento ha seguido presentándose en el río Cerrito en los últimos años, según resultados obtenidos por la CVC (Tabla 4), antes de la entrada al municipio (E), el agua tenía buena calidad, pero sufrió un fuerte deterioro a su paso por la ciudad (S); se resalta el valor del oxígeno disuelto, que se tornó extremadamente bajo en la última estación. Igual comportamiento presentaron los valores de DBO, DQO, sólidos totales y coliformes fecales, lo que indica la drástica disminución en la calidad del agua.

La contaminación tiene relación con la actividad curtidora del municipio, al considerar que las McEs vierten sus aguas residuales al alcantarillado, únicamente pretratadas por medio de trampas de grasas y sólidos. Estas aguas deberían ser tratadas por la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio, pero infortunadamente no se encontró en funcionamiento, por lo cual, los efluentes líquidos de las curtiembres son vertidos directamente al río Cerrito.

Es de anotar que un 25% de las curtiembres visitadas poseen PTAR completa, compuesta por conductos de separación de efluentes del pelambre, curtido y recurtido, tanques para oxidación de sulfuros, recolección de baños de cromo, de homogenización y precipitación, deshidratadores de lodos y lechos de secado. Otro 50% posee un sistema incompleto, compuesto por tanques de recolección de aguas residuales y componentes para el tratamiento fisicoquímico, pero sin unidades para reciclaje de cromo y un 25% posee un sistema incipiente, que consta únicamente de trampas de grasas y de sólidos; sin embargo, ninguna PTAR de las McEs se encontró en operación, solo se halló funcionando la PTAR de la mediana empresa, que trata entre el 70 y 80% de sus efluentes, que descarga posteriormente al río Cerrito, con autorización de la CVC. Los resultados de esta investigación indican que la situación ha cambiado en comparación con la información presentada por Sanz *et al.* (2016), quienes reportaron que las curtiembres de El Cerrito, habían incrementado su competitividad y priorizado la recuperación del río Cerrito, mediante programas de PML.

Adicionalmente, solo la mediana empresa ha continuado con la implementación de programas de gestión ambiental, logrando disminuir la aplicación de cromo, desde el 7,0 al 4,8%, obteniendo aguas residuales con concentraciones de cromo entre 1.020 y 1.100mg/L que, posteriormente, son diluidas con otros efluentes, bajando así la concentración del

Tabla 4. Análisis fisicoquímico del agua del río Cerrito, antes de la entrada al municipio (E) y en la desembocadura sobre el río Cauca (S).

Parámetro	Unidad	Mayo 2012		Agosto 2012		Julio 2013		Noviembre 2013	
		E	S	E	S	E	S	E	S
pH	Unidades	8,03	7,73	7,99	7,55	8,04		7,2	7,74
Turbiedad	UNT	6,0	25	3,0	31	2,2	2156	0,36	12,1
Sólidos totales	mgST/L	74	486	94	471	157	1344	92	522
Oxígeno disuelto	mgO_2/L	7,56	<0,5	7,96	<0,5	7,75	<0,5	7,33	<0,5
DBO	mgO_2/L	<0,954	22,4	<0,954	21,6	<0,954	163	1,26	56,2
DQO	mgO_2/L	7,7	81,8	<5,33	51,3	<5,33	383	<5,33	150
Nitrógeno total	mgN/L	<2,08	10,5	<2,08	12,4	<2,08	47,6	<2,08	12,4
Cromo total	mgCr/L	<0,294	0,316	--	--	<0,294	0,426	<0,294	<0,294
Coliformes fecales	NMP/100mL	$9,3x10^2$	$1,5x10^7$	$3,6x10^1$	$6,6x10^6$	$9,1x10^2$	$1,1x10^8$	$3,6x10^2$	$2,4x10^7$

E. Balneario Las Brisas. Antes de la entrada al municipio.
S. Después del paso del río por el municipio, hacia la desembocadura sobre el río Cauca.
Fuente: Laboratorio Técnico ambiental. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

metal, a valores alrededor de 28,3mgCr/L. Concentraciones relativamente bajas, puesto que para este tipo de efluentes se han reportado valores entre 3.000 y 4.325mgCr/L (Instituto Cinara & Universidad del Valle, 2006; Ilou *et al*. 2014).

Efluentes con esas bajas concentraciones de cromo no pueden ser reciclados, por lo tanto, las aguas del curtido son tratadas en la planta de tratamiento con los demás residuos líquidos. Estas prácticas han producido beneficios por ahorros en el consumo de materias primas y en el tratamiento previo al reciclaje de cromo; estos hallazgos demuestran la necesidad de complementar la prevención con el control de la contaminación.

Se observó que los programas de PML y de gestión ambiental no han tenido continuidad en las McEs. Los microempresarios consideran que el costo y la complejidad de la tecnología para el tratamiento de los efluentes líquidos, así como el tiempo requerido para el reciclaje del cromo, les resta competitividad al compararlo con quienes no realizan dicho tratamiento. Situación que demuestra la necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos, que resulten más asequibles para las McEs.

Se demostró, que la situación actual en las McEs de El Cerrito es de retroceso o estancamiento en el manejo ambiental, a pesar de los esfuerzos realizados en la década pasada, pues el panorama ha cambiado, no sólo por el cierre de curtiembres, que se beneficiaron de las iniciativas propuestas entre 2004 y 2006, sino porque muchos de los administradores actuales no tienen conocimiento del tema o si fueron capacitados en aquella época, no continuaron aplicando los programas de PML y tampoco han implementado nuevas prácticas de mejoramiento ambiental, situación que demuestra la falta de compromiso social y de acompañamiento institucional, necesario en programas que aún son emergentes en este sector industrial.

Los resultados de este estudio permitieron identificar diferencias socioeconómicas y ambientales en las curtiembres de El Cerrito, determinadas por el tipo de empresa, de tal manera que las McEs se han visto afectadas con mayor fuerza que la mediana empresa, por las políticas nacionales y la decadencia del sector del cuero y sus manufacturas, a nivel nacional e internacional. Situación que se evidencia en el decrecimiento del número de empresas activas, la falta de recursos financieros para nuevas inversiones, disminución en la producción, en el número de empleos generados y en la proliferación de curtidores informales, sumado a la falta de conciencia ambiental, de capacitación, de apoyo técnico e institucional. Este sistema productivo, compuesto en Colombia principalmente por McEs, requiere de un mayor acompañamiento, representado en programas integrales, que garanticen su continuidad en el tiempo, con la partici-

pación de instituciones académicas y gubernamentales, que posibiliten el cumplimiento de la normatividad ambiental y conduzcan a mejorar su competitividad y sostenibilidad.

Agradecimientos: A Elizabeth Patiño y Jazmín Ochoa, por su colaboración en la fase de campo. Financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad del Valle. Conflictos de intereses: Los autores manifiestan que no existen conflictos de intereses que pongan en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. AKTIVA, 2013. Estudios sectoriales. El cuero y sus manufacturas en Colombia. Disponible desde internet en: http://aktiva.com.co/blog/ Estudios sectoriales/2013/cuero.pdf (con acceso 18/01/14).

2. ALCALDÍA DE EL CERRITO, VALLE DEL CAUCA, 2013. Plan municipal de gestión del riesgo del municipio de El Cerrito. Ed. Alcaldía de El Cerrito. (Colombia). 214p.

3. AZOM, M.R.; MAHMUD, K.; YAHYA, S.M.; SONTU, A.; HIMON, S.B. 2012. Environmental impact assessment of tanneries: A case study of Hazaribag in Bangladesh. Int. J. Environm. Sci. Developm. 3(2):152-156.

4. CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES. 2009. Mayor productividad y rentabilidad con producción más limpia. Estudio de caso PM-34 Empresa: Curtiembre ARDICCAL. La Paz Bolivia. Disponible desde internet en: http://www.cpts.org/ prodlimp/casosest/ 34ARDICAL .pdf (con acceso 12/01/2014).

5. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. 2004a. Proyecto gestión ambiental en la industria de curtiembre en Colombia. Sistema de referenciación ambiental para el sector curtiembre en Colombia, Bogotá D.C. Disponible desde internet en: http://www. tecnologiaslimpias.org/curtiembres/diagnosticonacional.pdf (con acceso 03/12/2013).

6. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, 2004b. Proyecto gestión ambiental en la industria de curtiembre en Colombia. Manual Ambiental Sectorial. Disponible desde internet en: http://www.tecnologiaslimpias.org/curtiembres/manual.pdf (con acceso 03/12/2013.

7. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA.; UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2009. Capacitación y acompañamiento técnico en producción más limpia al subsector curtiembres en Villapinzón y Chocontá (Cundinamarca). Disponible desde internet en: http://www.idea.unal.edu.co/SWITCH/ documentos/Cartilla_PML Curtiembres. pdf (con acceso 06/12/2013).

8. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. 2006. Línea base ambiental de la calidad de los recursos hídricos superficiales en el Valle del Cauca. Ed. CVC. (Colombia). 75p.

9. COTANCE; INDUSTRIALL. 2012. Informe medioambiental y social. La industria europea del curtido. Ed. COTANCE. (Brucelas). 48p.

10. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2014. Cuentas trimestrales - Colombia. Producto Interno Bruto (PIB) Cuarto trimestre de 2013 y Total anual Introducción. p.78. Disponible desde internet en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/ boletines/pib/bol_PIB_IVtrim13.pdf (con acceso 12/04/2014)].

11. FAOUZI, M.; MERZOUKI, M.; BENLEMLIH, M. 2013. Contribution to optimize the biological treatment of synthetic tannery effluent by the sequencing batch reactor. J. Material Environm. Sci. (Moroco). 4(4):532-541.

12. ILOU, I.; SOUABI, S.; DIGUA, K. 2014. Quantification of pollution discharges from tannery wastewater and pollution reduction by pre-treatment station. Int. J. Environm. Sci. Developm. (India). 3(5):1706-1715.

13. INSTITUTO CINARA.; UNIVERSIDAD DEL VALLE. 2006. Sustancias contaminantes de curtiembres en El Cerrito-Valle del Cauca. Ed. Univalle. (Colombia). 11p.

14. JARAMILLO, A.D.; VÁSQUEZ, P.A.; RESTREPO, I. 2005a. CASO EXITOSO Aplicación de Producción más Limpia en las curtiembres de El Cerrito. Disponible desde internet en: www.crpml.org/ descargar.php?id=2433No Title (con acceso 11/03/2013).

15. JARAMILLO, A.D.; VÁSQUEZ, P.A.; RESTREPO, I. 2005b. Potencial de mejoramiento ambiental a través de la implementación de producción más limpia en las curtiembres de El Cerrito. Disponible desde internet en: www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua 2003/ cerria.pdf (con acceso 14/06/2013).

16. LOFRANO, G.; MERIÇ, S.; ZENGIN, G.E.; ORHON, D. 2013. Chemical and biological treatment technolo-

gies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. Sci. Total Environm. (Holanda). 461-462:265-281.

17. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2006. Guia ambiental para la industria y preparado de cueros. Ed. MAVDT. (Colombia). 138p.

18. R CORE TEAM. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponible desde Internet en: https://www.r-project.org/ (con acceso el 11/02/2016).

19. RESTREPO, I.; VÁSQUEZ, P.A.; VALDERRUTÉN, C.; JARAMILLO, A.D.; VIVAS, G.A. 2006. Cadena del cuero en el Valle del Cauca: PML para el mejoramiento de la competitividad. Ed. Feriva S.A. (Colombia). 107p.

20. SANTOS, T.; TOBÓN, C.; TOLOZA, C.; OSORIO, L.C., CASTIBLANCO, C.; TORO, J. 2007. Expected biophysical , social and economic benefits of Cleaner Production (CP) implementation: A tanner's experience. Disponible desde internet en: http://www. switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W4_GEN_PAP_Biophysical_social_economic_benefits_of_CP_implementation_Colombia.pdf (con acceso 04/07/2013).

21. SANZ, M.; SIEBEL, M.; AHLERS, R.; GUPTA, J. 2016. New approaches to cleaner production: applying the SASI method to micro-tanneries in Colombia. J. Cleaner Production. (Reino Unido). 112: 963-971.

22. SHAKIR, L.; EJAZ, S.; ASHRAF, M.; QURESHI, N.; ANJUM, A.; ILTAF, I.; JAVEED, A. 2012. Ecotoxicological risks associated with tannery effluent wastewater. Environm. Toxicol. Pharmacol. (Holanda). 34(2):180-191.

Recibido: Octubre 22 de 2015
Aceptado: Julio 8 de 2016

Cómo citar:

Benítez-Campo, N.; Perafán Cabrera, A. 2016. Las curtiembres de El Cerrito (Valle del Cauca): una mirada en torno a su realidad socioeconómica y ambiental. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 457-466.

CAMBIO EN LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS DESDE LA VISIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, VENEZUELA

CHANGE IN SCIENTIFIC THEORIES FROM THE POINT OF VIEW OF EDUCATION STUDENTS AT THE ANDES UNIVERSITY, VENEZUELA

José Escalona Tapia[1], Bernardo Fontal Rivera[2]

[1] Doctor en Ciencias de la Educación, profesor asociado de la Facultad de Humanidades y Educación. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, e-mail: cieduc@ula.ve; [2] Doctor en Química, profesor titular (jubilado) de la Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, e-mail: bfontal@ula.ve

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 467-477, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

Las concepciones son la base fundamental en el proceso educativo, con el fin de planificar acciones didácticas, necesarias para lograr cambios graduales, hacia una visión integrada de la naturaleza científica. Por ello, este trabajo estudió el cambio de concepciones sobre teorías científicas en estudiantes de educación de la Universidad de Los Andes. El enfoque de investigación-acción exigió una metodología cualitativa y descriptiva, para evaluar la incidencia de un curso con carácter progresista en la modificación de concepciones sobre teorías científicas. Las conclusiones mostraron que el curso fue importante para modificar algunas concepciones sobre las teorías científicas; las concepciones que más destacan son las positivistas; las clases apuntaladas con video resultaron ser las de mayor dinámica y discusión sobre las ciencias.

Palabras clave: Cambio de concepciones, evaluación, curso progresista, teorías científicas.

SUMMARY

Conceptions are fundamental to plan didactic actions in the achievement of gradual changes towards an integrated vision of the science. This investigation evidenced the change of conceptions in scientific theories in students of education of the University of The Andes, Venezuela. The methodology was descriptive to evaluate a course with progressive character in the modification of conceptions on the scientific theories. The conclusions show that: the course was important to modify some conceptions on the scientific theories; the conceptions that more stand out are positivists; the classes supported with video turned out to be of major dynamics and discussion on the sciences.

Key words: Change conceptions, evaluation, progressive course, scientific theories.

INTRODUCCIÓN

Diversas experiencias universitarias y publicaciones patentizan que el positivismo y el experimentalismo han dominado el escenario científico contemporáneo. Tal tendencia ha conducido a diversas pesquisas, de cómo las creencias científicas pueden influir en la comprensión fenomenológica de la ciencia y en la formación didáctica del profesorado. Y es que sí se entiende al conocimiento cultural como un patrimonio de representaciones de la realidad, obtenido desde teorizaciones personales; también es lógico pensar que quien aprende ciencias se verá influenciado por los métodos usados para su aprendizaje y el propio contexto educativo.

Por ello, se ha señalado que muchas concepciones erróneas sobre las ciencias se originan en las clases iniciales, pudiendo afianzarse durante el resto del proceso educativo o al entrar en contracción con otras ideas posteriores (Pontes *et al.* 2015). Aunado a ello, se ha observado que los docentes no siempre están bien preparados para entender y hacer entender la enseñanza científica y, por ello, las propias experiencias de aprendizaje, los estereotipos y los materiales de enseñanza median, decisivamente, las concepciones profesorales sobre la ciencia.

Se sabe que lo trasmitido, a través de los medios de información de masas, impregna el lenguaje de la enseñanza científi-

ca cotidiana y, en general, a la educación, formando concepciones erradas en las diferentes generaciones profesorales de las ciencias (Serrano, 2015). Por ello, Fourez (2008), al referirse a las concepciones y el lenguaje en el aprendizaje, indica que el ideario de cada persona permite el afloramiento de estructuras de comprensión y de explicación.

También, se sabe que para la formación del profesorado han emergido diversos compendios, que explicitan que las estrategias didácticas docentes varían en cada cátedra, que cada asignatura tiene sus propias creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje y que se suele creer que el conocimiento disciplinar es suficiente para desarrollar destreza docente.

Por otro lado, la mayoría de autores de hoy tienden a entender que no se debe admitir la existencia de un acuerdo único de reglas metodológicas para describir/explicar los postulados científicos, sino la emergencia de un armado continuo y dinámico con diversos enfoques de pensamiento; algunos le llaman enfoque continuo histórico integral.

Por lo anterior, resulta importante poder realizar clasificaciones sobre las corrientes de pensamiento, que puedan exponer los estudiantes sobre el andamiaje de las ciencias. Es verdad que no siempre se pueden sistematizar las respuestas en una tendencia u otra, pero, según diversos estudios epistémicos, tales ideas se pueden llegar a clasificar como:

Ideas Positivistas, donde se incluye la observación, la demostración y la descripción experimental de una realidad, mediante hipótesis o expresiones teóricas, basadas en verdades absolutas y el método científico, con inclinación hacia el entendimiento de las teorías, como explicaciones del funcionamiento de los fenómenos en el universo y las leyes, como reglas de la fenomenología científica.

Ideas Transicionales, las que toman en cuenta el progreso de la ciencia, mediante una evolución dada por un conocimiento científico que no está claro o no se ha establecido absolutamente, dejando ver un "alternativismo", donde prima la comprensión parcial de la ciencia moldeada por modelos, donde una de varias opciones son elegibles y competitivismo, donde varias opciones, si ser rivales, compiten por ofrecer mejores explicaciones.

Ideas Lakatosianas, las cuales, indican un progreso científico orientado por un conflicto teórico, generado entre grupos o comunidades de científicos, quienes exponen posiciones encontradas; resaltan la contradicción entre programas de investigación, que requieren la elaboración de hipótesis rivales y su evaluación, a través de nuevas pruebas científicas.

El objetivo de este trabajo fue valorar la incidencia del curso denominado "Estructura de la Materia", ubicada en el III semestre y desarrollado con enfoque progresista de la ciencia, para la modificación de concepciones epistemológicas sobre las teorías científicas, en estudiantes de Licenciatura en Educación, de la Universidad de Los Andes, en Mérida, Venezuela.

METODOLOGÍA

Los materiales usados tuvieron que ver con el desarrollo didáctico del curso; se usaron computadoras, proyectores de video, diversidad de sustancias químicas, variado instrumental de laboratorio, guías de prácticas y textos de carácter histórico sobre la ciencia; para la investigación, se empleó una grabadora de audio, para el registro de debates y de clases.

La investigación refiere concepciones de los participantes de un modo directo, por lo que fue cualitativa con carácter exploratorio-descriptivo de campo, presentando sistematizaciones de frecuencias y combinando descripciones cualitativas y cuantitativas (Schettini & Cortazzo, 2015). Dado que posibilitó el diagnóstico, propuesta y estudio sobre el cambio en una determinada situación educativa, fue una investigación-acción (Schettini & Cortazzo, 2015). El diagnóstico permitió desarrollar la base epistemológica general del estudiantado y, con ello, se elaboró una propuesta, que involucró la transformación del programa de la asignatura denominada "estructura de la materia" y la inclusión de tres modalidades de trabajo, como fueron: trabajo práctico con desarrollo de experiencias de laboratorio, con su consecuente ubicación en cada contexto histórico y el debate sobre los principios, las leyes o las teorías que sustentaban cada uno de los experimentos; sesiones de video, donde se eligieron representaciones de corte histórico y que hicieran alusión a los diversos caminos que ha tenido el conocimiento de la materia en variadas épocas históricas y sesiones de debate, en las que se retomaban la realización de experimentos y la discusión de los videos, a fin de establecer el camino temporal, sustentado cada conocimiento sobre la materias y sus implicaciones en la vida humana. La selección de los participantes fue intencional, participando 79 estudiantes, quienes iniciaron y finalizaron un curso denominado "Estructura de la Materia", ubicado en el ciclo inicial de la Mención Ciencias Físico-Naturales, de la Escuela de Educación, de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

La investigación, se llevó a cabo durante cuatro semestres consecutivos, con estudiantes que asistieron a las clases de un mismo docente, para estudiar el impacto del curso predeterminado; usándose la observación participante, mediante una guía de observación abierta y grabación de audio, para recoger las acciones cotidianas de los sujetos estudiados y acopiar descripciones necesarias para la investigación. Para la recolección de la información desde los estudiantes, se usó el cuestionario abierto, para referenciar directamente las

opiniones de los sujetos en estudio al inicio y final del cada semestre, aplicándose una pregunta abierta, redactada del siguiente modo: "Una vez que los científicos han desarrollado una teoría, como, por ejemplo, la teoría atómica ¿La teoría podría sufrir cambios? Si usted cree que las teorías pueden cambiar o mantenerse iguales, explique ¿por qué debemos aprender sobre ellas? Defienda su respuesta con ejemplos". Las respuestas dadas por los estudiantes fueron organizadas textualmente en cuadros para cada semestre y, desde ellas, se extrajeron las categorías y sub-categorías de cada caso, para hacer un compendio de ellas y proceder a clasificarlas como positivistas, transiocionales o lakatosianas. Se debe destacar que a lo largo del estudio, se originaron ocho cuadros, que contenían las categorías y sub-categorías de los test iniciales y finales, los cuales, se resumen en los tres cuadros presentados en esta investigación. Del mismo modo, luego de cada encuentro con los estudiantes, se escuchaban las grabaciones sobre los debates y se extraían los indicadores generados desde las preguntas orientadoras, que giraban en torno al cambio o no de los fundamentos científicos en cada momento histórico vivido por la humanidad.

Por otra parte, se debe mencionar que la validez de este estudio pasa por reconocer que hace referencia directa a lo que responden los sujetos de estudio en función de una pregunta clara y concreta. Por ello, las respuestas se constituyen en un esbozo de lo que piensa cada estudiante al llegar al curso y cómo esa idea sobre "las teorías en ciencias" puede cambiar una vez que ha participado del curso y de las acciones metodológicas, en él incluidas. Así, las respuestas son una reseña directa del andamiaje epistemológico que presente el estudiante antes y después de estar en el curso y, por tanto, la calcificación como respuesta positivista, transicional o lakatosiana, en una inferencia totalmente adecuada, para todo el análisis cualitativo realizado.

El carácter "progresista" del curso fue definido partiendo de la construcción del conocimiento con incidencia histórica, no lineal de la ciencia y admitiendo la presencia del conflicto, la competencia y el error, como elementos de trabajo. Esto quiere decir que, para el caso del trabajo de laboratorio, por ejemplo, se planteaban las ideas iniciales sobre el fenómeno a modo de hipótesis; se realizaba el experimento; se lo ubicaba históricamente desde sus primeras realizaciones y con los cambios que ha tolerado hasta momento y, finalmente, se comparaban los contextos del conocimiento sobre el tema del experimento antes y después de su aparición en el andamiaje epistemológico de la ciencia, tratando de dejar siempre claro las nuevas metodologías de trabajo, otras formas de pensar, la evaluación de errores anteriores y la presencia de nueva instrumentación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los cuadros 1 y 2, se evidencia que la tendencia al inicio de cada curso fue la prevalencia de las concepciones positivistas, lo cual, coincide con varios estudios que reportan que las ideas del conocimiento científico se acercan a un discernimiento acabado y tomado por verdadero (Restrepo, 2014); esto debe ser considerado de importancia, por cuanto la finalidad educativa científica para la formación de una nueva naturaleza de la ciencia pasa por valorar la necesidad de un profesorado con otras ideas sobre las ciencias.

Se debe hacer notar que la mayor parte del grupo estudiado estuvo de acuerdo en que las teorías sí pueden cambiar en razón de detalles experimentales y demostraciones, por fallos, por no poseer bases científicas suficientes, por la búsqueda de conocimientos e investigación o porque cambian los métodos. Tal tendencia coincide con la conocida idea denominada axiomatización de las teorías, donde se aspira

Cuadro 1. Registra la clasificación de frecuencia para las concepciones positivistas, transicionales, Lakatosianas y otras, encontradas en el pre y post- test, para la pregunta de investigación realizada a estudiantes del curso "Estructura de la Materia", de la Escuela de Educación, de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

Semestre	**SEMESTRE 1**		**SEMESTRE 2**		**SEMESTRE 3**		**SEMESTRE 4**	
Concepción	**Pre.T**	**Pos.T**	**Pre.T**	**Pos.T**	**Pre.T**	**Pos.T**	**Pre.T**	**Pos.T**
Positivista	7/17	9/9	9/19	7/12	6/24	9/16	10/19	8/10
Totales	32/79 PRE-TEST				33/47 POST-TEST			
Transicional	4/17	5/9	3/19	6/12	3/24	2/16	2/19	2/10
Totales	12/79 PRE-TEST				15/47 POST-TEST			
Lakatosiana	2/17	1/9	1/19	1/12	3/24	2/16	2/19	2/10
Totales	7/79 PRE-TEST				6/47 POST-TEST			
Otras	2/17	0/9	1/19	0/12	1/24	1/16	3/19	0/10
Totales	7/79 PRE-TEST				1/47 POST-TEST			

Cuadro 2. Registra la clasificación de concepciones positivistas, transicionales, Lakatosianas y otras, encontradas en el pre y post-test, para la pregunta de investigación realizada a estudiantes del curso "Estructura de la Materia", de la Escuela de Educación, de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

SEMESTRE	Pre-test	Post-test
	POSITIVISTAS	
SEMESTRE 1	No cambian Cambian por detalles experimentales y demostraciones Cambian por fallos experimentales Por la búsqueda de conocimientos e investigación Porque cambian los métodos Cambian por reformulaciones Son ciertas y verdaderas	Por los estudios Por investigaciones Por experimentos Por comprobación o demostración Para conocer de las teorías Para conocer su veracidad Las teorías pueden hacerse leyes Las teorías subsisten a los cambios Las teorías no son comprobables
SEMESTRE 2	No cambian Por investigación Por nuevos descubrimientos Por comprobación Por nuevos métodos Se estudian para obtener conocimiento Se estudian para comparar Son preposiciones consideradas verdaderas Las teorías son hipótesis	No cambia Cambian por experimentación Por descubrimientos Por demostración Por la tecnología Para entender las fallas Cambian los postulados de la teoría
SEMESTRE 3	No cambian No cambian debido a experimentos y razonamientos Aprender de ellas para experimentar Para hacer investigación Por demostraciones Por la tecnología	Por verificación Para generar nuevas teorías Para saber de ellas y llegar a acuerdos Para saber su factibilidad Para desarrollar nuevos experimentos Unas teorías son sustituidas por otras para llegar a mayor concordancia con los experimentos Para desarrollar una teoría se necesitan muchos años y experimentos Las leyes de hoy fueron teorías antes Una teoría es una explicación sobre un conjunto relacionado de observaciones o experimentos
SEMESTRE 4	Cambian por comprobación Por tecnología Por investigaciones Por nuevos métodos Las teorías tienen bases empíricas Lo que está dicho en la teoría es la única verdad Las teorías exponen el conocimiento Las teorías son verificables De las teorías pueden otras leyes Las teorías no cambian si están bien planteadas	Por investigaciones Las estudiamos para entender las modificaciones Para seguir patrones Para entender la naturaleza Para entender conceptos Las teorías son formas para demostrar el porqué de los fenómenos físicos, químicos y biológicos Las teorías son sólo hipótesis muy bien elaboradas y que cuentan con suficiente evidencia experimental Las teorías se sustentan en conceptos que han sido comprobados con el método científico

Continuación Cuadro 2.

TRANSICIONALES		
SEMESTRE 1	Son base para estudios posteriores Por no poseer bases científicas suficientes Cambian porque no son absolutas Son una forma abstracta de la ciencia	Por estar incompletas Para entender el cambio Para entender los nuevos conocimientos Las teorías son relativas Las teorías son supuestos
SEMESTRE 2	Posiblemente cambian Cambian por nuevos conocimientos Por evolución	Pueden cambiar Por evolución Se deben estudiar para generar cambios Una teoría no deja de cambiar hasta que no responda todas las preguntas Las teorías son verdades relativas y no absolutas Una teoría es verdadera para un lugar y tiempo específico
SEMESTRE 3	Para mejorar el conocimiento Por la mejora en los conocimientos Explicaciones y descubrimientos novedoso se convierten en teoría	Por evolución Para conocer la evolución del pensamiento
SEMESTRE 4	Por evolución Para mejorar el conocimiento	No cambian, son sustituidas Por evolución
LAKATOSIANAS		
SEMESTRE 1	Cambian por evolución Por contradicción entre teorías	Por refutación
SEMESTRE 2	Por refutación o reforzamiento	Por refutación
SEMESTRE 3	Las teorías están en un paradigma Cambian debido a los paradigmas Para poder refutarla o aceptarla	No cambia, es sustituida Por paradigmas
SEMESTRE 4	Por nuevas formas de pensar Cambian por refutación	Por no ser correcta Por refutación
OTRAS		
SEMESTRE 1	Cambian poco Son formas de explicar el conocimiento	----------
SEMESTRE 2	se presentaron varios modelos	----------
SEMESTRE 3	Aprender de las teorías porque enseñan de una manera monótona y al caletre	Las teorías son formas de ver desde el punto de vista de cada científico
SEMESTRE 4	Por influencia de personas ilustradas Se estudian porque sirven de base cognitiva Crear nuevas teorías pero sin obviar las anteriores	----------

que una teoría axiomatizada tenga múltiples ventajas, como un conjunto de conceptos (fundamentales y derivados) sistematizados, coincidencia con hechos empíricos, disminución de ambigüedades, hipótesis bien expresadas, predicciones y pruebas de generalidad. Esta tendencia también coincide con la idea de Kritsonis (2005), quien afirma que el cambio

en las teorías también viene dado por la idea que la nueva teoría desarrollada juega un mejor papel en la explicación y en la comprensión de hechos asociados a ella. Por tanto, la nueva teoría tiende a afianzarse en función de un nuevo marco explicativo, que permite no solo explicar mejor lo conocido, sino intentar predecir mejor los hechos científicos.

Pero, además, en este mismo marco, algunos llegan a creer que las teorías no cambian, dado que son preposiciones consideradas verdaderas, lo cual, les confiere la propiedad de ser una referencia de estudio o quizás les confiera un carácter de dogma científico, lo que se puede entender como un grado superlativo de la sistematización teórica, un claro aporte del positivismo.

Aparecieron algunas concepciones transicionales, como la idea del cambio por nuevos conocimientos que, gradualmente, van sustituyendo a los anteriores por evolución o porque las teorías no son absolutas y cada etapa se marca por la presencia de un conocimiento científico no afianzado suficientemente, que debe ser revisado, lo que tiende a corresponderse con algunas visiones de la ciencia que transcienden la formalización y en las que se ofrece una perspectiva diferente, donde las teorías son consideradas una estructura dinámica y cambiante en sus entidades de crecimiento, como los planteamientos Kuhneanos, desde el estructuralismo científico y Lakatosinanos, desde la disidencia progresiva.

No pareció ser importante responder cuál es el motivo de estudiar las teorías, admitiéndose, lacónicamente, que pueden ser la base para estudios posteriores, pero sin mayores explicaciones al respecto. Esto parece ser un aspecto cercano a la falta de aprendizaje histórico en la ciencia, pues, hoy, se reconoce que la perspectiva histórica nos acerca a una ciencia visualizada como actividad humana, no endiosada que, en ocasiones, se hace penosamente zigzagueante y, en otras, con carácter falible, capaz de corregir sus errores, aproximándose a los procesos y relevantes personalidades, que han ayudado a impulsar sus bases de saber durante muchos siglos y por motivaciones distintas (Brey, 2014). Así, se entiende que la enseñanza de la ciencia planteada sin la dimensión de su historia no encuentra importancia al estudio de las teorías desde su desarrollo, sino solamente desde sus aplicaciones, tentativa, quizás, un tanto afianzada en la expectación empírica Baconeana y Lockeana, donde el hincapié recae en la experiencia de los sentidos para la búsqueda del conocimiento y no en la especulación intuitiva o la deducción de las explicaciones.

Otras expresiones Lakatoseanas expusieron el cambio por reformulaciones o por contradicción entre teorías, lo que puede poner en evidencia la idea de un posible conflicto entre campos de pensamiento que rivalizan en el avance de la ciencia, como producto de un proceso perpetuo de refutación o reforzamiento, que resulta de enfrentar programas de investigación que siguen líneas diferentes, dado sus rasgos de comprometer el pensamiento en corrientes que se enfrentan y requieren de la aparición de evidencia, para poder refutarla o aceptarla en el plano de los contextos de trabajo que involucran la presencia de teorías rivales que están en un paradigma o que cambian, debido a los paradigmas emergentes.

Esto último parece coincidir con la relevancia que ha cobrado el estudio de las disidencias en la enseñanza de las ciencias, donde se estila que las metas generales de la educación científica contemplen a los estudiantes, desarrollando procesos de construcción del conocimiento, donde se conciba la ciencia como una actividad racional tentativa y sujeta a posibles reformulaciones, aunque se sabe que el éxito es limitado, ya que las ideas inadecuadas sobre la ciencia, se mantienen vigentes (Campanario, 2004). Quizás por ello, conquistar adeptos a concepciones dinámicas sobre la estructura del conocimiento científico, sea una tarea del día a día.

Igualmente, se encontró que, en cuanto a los ejemplos mencionados, se observa una variedad que, en ningún caso, expone un análisis completo o parcial sobre las posturas de los cambios, sino que se limitan a ejemplificar algunas teorías, como la atómica o la de Darwin, pero sin hacer alusiones a sus transformaciones históricas; este es un factor que quizás se pueda entender como determinante, ya que desde la Filosofía de la Ciencia tiende a rebatirse que las motivaciones personales y la realidad del trabajo diario de los investigadores puede ser crucial en la construcción del conocimiento, es decir, tiende darse un papel prep.0onderante a la objetividad (Alvarado & Carrillo, 2009), pero ninguno hace un ejemplo concreto sobre un cambio en una teoría conocida de la ciencia o algún paradigma sobre una teoría en la química que no sea la teoría atómica, mencionada en el enunciado de la pregunta, lo que se puede entender como una falta de profundización en el conocimiento epistémico de las teorías.

Como se evidencia en el cuadro 3 y teniendo como referencia los cuadros 1 y 2, durante las observaciones, se notó una estructura similar. Se admite, bajo una posición positivista, que las teorías cambian, porque son parte del pensamiento de cada época; sin embargo, se afirma que no todas las teorías pueden cambiar, por cuanto hay poderes que no les conviene que cambien. Esta postrema idea es de especial interés, puesto que se ha discutido decididamente el enfoque, sobre el cual, la reputación de los investigadores es trascendental, por tanto, la notoriedad académica parece importante en el camino de facilitar la aceptación de nuevas ideas o mantener las ya existentes en el contexto científico (Campanario & Martin, 2004). En todo caso, la tendencia más común encontrada es que para que una teoría cambie

Cuadro 3. Registra/resume la clasificación de tendencias positivistas y transicionales, reconocidas en el proceso de observación, durante los periodos de investigación en los estudiantes del curso "Estructura de la Materia", de la Escuela de Educación, de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

Tendencia POSITIVISTA- Indicadores
Las teorías tienen que cambiar porque las sociedades cambian
La teoría cambia por datos y leyes
Las teorías son anteriores a las leyes
Las teorías se convierten en leyes
Las teorías se formulan sobre la base de la observación de regularidades
Las teorías no son tan importantes como las leyes
Las teorías describen y no explican porque forman parte de la imaginación
Las teorías son esencialmente falsas pues tienen que ser demostradas
Las teorías cambian en sus postulados, pero no en su estructura.
Las teorías cambian en la medida que aparecen nuevas leyes
Los intereses de algunos científicos pueden tener peso en su apreciación
El uso de buenos instrumentos de medición elimina la apreciación personal
El papel de la experimentación fue fundamental
La frase "a ciencia cierta" es asociada a la regularidad de la ciencia
Una teoría es un esquema conceptual más amplio que el de las leyes
Tendencia TRANSICIONAL – Indicadores
Las teorías son un conocimiento contingente
La teoría atómica es cambiante para mejorarse en término de sus postulados
El camino para modificar y mejorar el entendimiento está dado por la tecnología
La teoría atómica ha tenido la posibilidad de cambiar al mejorar sus postulados.
Las leyes no cambian y las teorías en general no cambian tampoco, sólo se mejoran.
La teórica se modifica por sustitución o evolución

tienen que haber datos y leyes que las cambien: idea positivista. Consideración anterior, que compagina con la idea, sobre la cual, la mayor parte de las personas concibe a la ciencia como un conocimiento correcto, obtenido mediante un sistema infalible (Campanario, 2004). Por ello, resulta perentorio cuestionar tales concepciones tratando acercar al estudiantado a los procesos históricos y haciendo una mejor valoración de los conocimientos disidentes.

A la par, la teoría es una ayuda para captar la imagen completa del mundo físico, siendo un esquema conceptual y teórico para exponer los fenómenos que se observan (Rizo, 2014). Nótese así, que la teoría tendría a entenderse como un nivel más general, cuyas aplicaciones descriptivas y explicativas se sustentan en regularidades, condensadas en leyes.

Durante los debates de laboratorio afloró que la teoría atómica es cambiante para mejorarse en término de sus postulados, pero sabiendo que ella sigue siendo la misma, es decir, ha cambiado en sus postulados, pero no en su estructura (Doménech *et al*. 2013). Tal extracción de las concepciones estudiantiles puede corresponder a la idea de Carnap, sobre la cual, se reconoce a las teorías materialistas, como aquellas que dan cuenta de fenómenos empíricos gobernados por ciertas leyes, directamente accesibles a la observación; de este modo, parece admitirse, que la teoría permite avanzar en la idealización de un conocimiento y la ley constituye la base del saber científico.

Para los estudiantes parece claro que las leyes permiten elaborar acciones concretas, como la tabla periódica y que son ideas generales de cómo se entiende un objeto o fenómeno. Tal trazado parece sustentarse en la tentativa que la ciencia se distingue de otros procesos de conocer, mediante el uso de estándares empíricos, evidencias lógicas y actitud escéptica (Garritz, 2006). Por ello, el uso de buenos instrumentos de medición elimina la "apreciación personal", permitiendo buenos experimentos y conclusiones más correctas. Es así, como el grueso del estudiantado admite que las conclusiones deben responder a hechos verificables, pues de lo contrario, los resultados de una investigación quedan referenciados a quienes hacen las investigaciones y no al fenómeno estudiado.

La idea generalizada es que las leyes no cambian y las teorías en general no cambian tampoco, solo se mejoran. Acá, nuevamente, se aporta evidencia en que los estudiantes tienen a una visión inductivista, desde el empirismo y el positivismo (Rodríguez & López, 2006). Se asume, entonces, que los experimentos, mediante la tecnología, generaron nuevas ideas, que al ser estudiadas de forma sistemática, derivaron en leyes. Algunos denominan a esta tendencia el "experimentalismo crédulo", donde se tiene, por cierto, que la experimentación hace posible la verificación indiscutible de los postulados (Cutrera, 2006). Por ello, parece asumirse que el papel de la experimentación fue fundamental para conocer la estructura y el funcionamiento del átomo, destacándose, nuevamente, la influencia del llamado empirismo lógico. Todo esto hace pensar en unas fuertes ideas que han sido formadas desde el bachillerato y que el solo hecho de trabajar en el laboratorio, realizar experiencias y discutir arduamente la temática, no las hace cambiar *a priori*.

En el ámbito de los debates, por medio de presentaciones, se admite que las teorías solo describen de forma general; para conocer los procesos, realmente hacen falta estudios desde la experimentación y la verificación de cómo funcionan, mediante las leyes de la naturaleza, aspecto que se ajusta a la conocida racionalidad instrumental, con su idealismo e individualismo (Sierra, 2006). Las tendencias observadas nos deben hacer reflexionar sobre el papel del docente, la acción participativa estudiantil y, sobre todo, en los métodos didácticos usados para introducir y desarrollar una didáctica de las ciencias más cercana a la humanidad y a los fenómenos naturales. Esto es especialmente cierto, de acuerdo con lo esbozado por Gomez-Zweip (2008), al referirse a las formas de enseñar en franca dinámica con los intereses y las necesidades del estudiantado; esto quiere decir, que inclinarnos hacia las necesidades de los estudiantes, no solo es un buen aporte para el desarrollo de sus conocimientos, sino que, además, allana el camino que se debe seguir para la reformulación de cursos en pro de mejorar la enseñanza de las ciencias y de sus concepciones históricas y metodológicas.

Parecen existir dos procesos de modificación teórica: sustitución y evolución. Ciertamente, este último punto, se introduce en el quicio de las tendencias actuales de asumir la ciencia, donde las concepciones sistémicas y evolucionista parecen jugar un papel de suma importancia para el desarrollo de la ciencia y su didáctica (Padrón, 2013). Y es que mientras las posiciones epistemológicas asumen que la realidad es cognoscible, se entiende que el mismo cognoscitivismo humano es consecuencia de la evolución del pensamiento durante la interacción con la realidad; condiciones muy interesantes, para entender que la didáctica de la ciencia progresista debe abarcar todo lo que pueda en términos de las diversas posiciones históricas de los científicos, en torno a un conocimiento. Casualmente, esto se asemeja a la proposición de Clement (2008), quien nos hace ver que los modelos de explicación son fundamentales para generar interés en los estudiantes y, por tanto, en las propuestas de trabajo, es decir, en la pretensión de entender la ciencia como un conocimiento cambiante. Por tal razón, asumir el cambio en los cursos es la primera posible casusa de éxito en mejorar la enseñanza, dado que los modelos de explicación desde una ciencia "menos racional" y "más humana", se hace más atractiva para el estudiantado, que suele ver a la ciencia como algo finamente maquinado, para ser una tranca en los procesos de formación del conocimiento.

Se admite que el teoricismo aporta ideas generales para el debate abierto en la ciencia, pero el experimentalismo constituye las bases del verdadero saber científico. Entonces, el teoricismo se puede entender, en la idea Althussereana, sobre la cual el teoricismo está signado por el prelado de la teoría sobre la práctica; no obstante, en la otra acera, el experimentalismo o realismo lleva a suponer que la intervención para la búsqueda del conocimiento requiere el abordaje de la realidad de los problemas desde el uso de suficientes herramientas técnicas y con conocimiento efectivo de las cosas (Grassi, 2007). Como vemos, aparecen posiciones aparentemente contrapuestas que en seno del trabajo científico deben encontrar las suficientes ataduras, que permitan la emergencia de tanta teoría y tanta práctica para la búsqueda del conocimiento. Y esa búsqueda del conocimiento tiene que ver, según Özdemir & Clark (2007), con la aceptación de nuevos estudios sustentados en atributos más fuertes, que van apareciendo en la medida que las visiones de la ciencia cambia y las metodologías se renuevan. Siento esto especialmente importante, por cuanto recalca el hecho de las nuevas visiones del mundo, de las nuevas perspectivas que aparecen en cada época, como caldo de cultivo, para la avanzada del conocimiento.

La frase "**a ciencia cierta**" es asociada con la regularidad de la ciencia expresada en las leyes y no con el conocimiento teórico finamente elaborado en las teorías, concepción muy cercana a la ciencia mecanicista de causa-efecto. Estos aspectos son significativos, por cuanto parecen muy arraigados en el estudiantado y difíciles de ser superados en un curso; si bien deba reconocerse, algunos migran sus concepciones de forma progresiva.

Se observó que los estudiantes tienden a diferenciar leyes y teorías, tanto por su origen como por su desarrollo y fines. Tal consideración, se puede incluir en el llamado período clásico de las teorías científicas, donde las teorías son sistemas axiomáticos de interpretación empírica, cuyo estudio supone albergar una estructura estática, que puede cambiar solo a la luz de la nueva evidencia experimental (Bermúdez, 2015). Nótese, que las teorías y las leyes son en verdad dos símbolos de una misma carta, que concibe al mundo natural como

algo producto de la observación. Se entiende, pues, que aún en medio de un océano de ideas ligadas a un conocimiento provisional, siempre germina la semilla de un esquema modal muy perfilado, en lo que proporciona más confianza al humano común, sus sentidos.

Parece evidenciarse que los docentes en formación abordan su aprendizaje desde una visión epistemológica absolutista (Guisásola & Morentin, 2007). Ciertamente, las tentativas positivistas son el trozo más grande del pastel y apuntan hacia una educación de las ciencias, que debe ser reformada en aras de mirar otras opciones del pensamiento científico. Así, las concepciones de los futuros docentes, se mantienen ancladas en una idea de ciencia racional, dogmática (Ravanal & Quintanilla, 2010). Algunas expresiones sobre las teorías, las resaltan como formas para demostrar el por qué de los fenómenos y se entiende a la demostración, como el eje fundamental de trabajo. Esto, se puede asociar a la idea expuesta por Barseghyan (2012), quien hace ver que la teoría es una estructura generada de un proceso general, que puede cambiar en función de los aportes de las leyes a las explicaciones científicas, es decir, las nuevas demostraciones. Siendo esta tendencia positivista y que es una de las guías principales de los planteamientos de la ciencia actual y su enseñanza, donde poco se suele debatir el papel del pensamiento como precedente generado, tanto de la aparición de las leyes como de las teorías.

Otras concepciones transicionales orbitan en torno a que tal posibilidad de cambio se genere, dado que las teorías estén incompletas, en el entendido que una teoría no deja de cambiar hasta que no responda todas las preguntas. Tales percepciones coinciden con algunos trabajos donde se ha hallado que, a nivel universitario, las concepciones se caracterizan por una búsqueda de paradigmas renovados (Alvarado & Carrillo, 2009), siendo este un aspecto de suma importancia, por cuanto la idea de concepciones emergentes es de un gran valor para la trasformación didáctica. Así, debemos decir que, como se puede observar en la figura 1, en el esquema de nuestro diseño del curso, concebimos al conocimiento científico como un encuentro de oportunidades didácticas, mediadas por cinco dimensiones, donde lo práctico, lo teórico, lo lúdico, lo recreativo y lo creativo, se funden en un proceso, para el descubrir, el inventar, el comprender y el proponer, como mecanismo de participación y acción de trabajo.

Algunas otras expresiones fueron de corte Lakatosiano, dado que exponen que una teoría debe cambiar por no ser correcta cuya verificación se presenta o se puede dar por refutación con las teorías rivales. Tal plataforma, se puede ubicar en el reconocido período historicista, donde se asume a la ciencia como un proyecto de investigación ligado a la historia; aspecto interesante, para la valoración de nuestro trabajo, por dar cuenta de unas miradas diversas de los procesos de la ciencia y sus contextos.

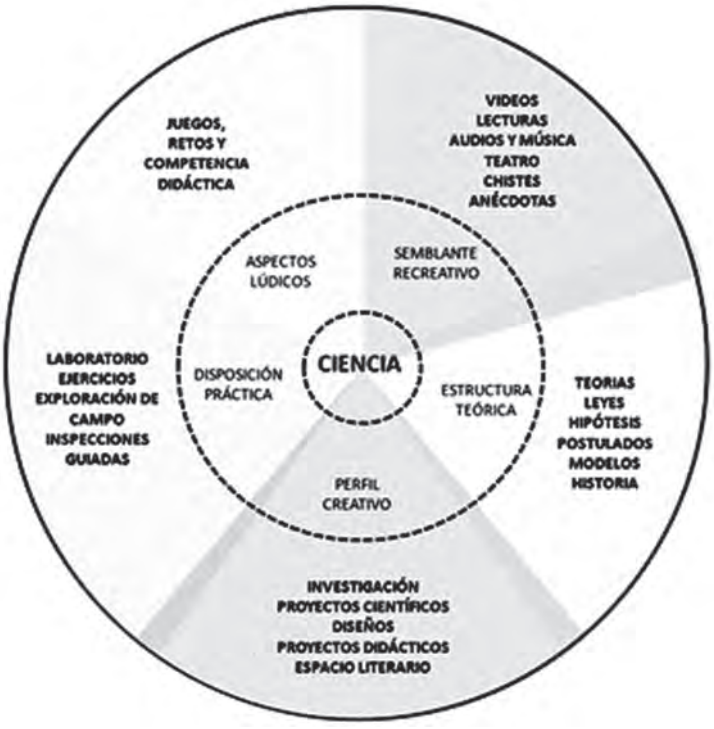


Figura 1. Representación de los perfiles usados, para la definición de acciones didácticas, que permitieron el desarrollo del curso "Estructura de la Materia", en la Escuela de Educación, de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

Finalmente, conviene mencionar la frecuencia de ejemplificación de teorías dada por los grupos, donde se destacan: teoría de evolución (8), teoría atómica (3), creacionista, de generación espontánea, de la tabla periódica, forma de la tierra (redonda), la teoría geocéntrica, la teoría heliocéntrica, teoría del flogisto, teoría la relatividad y teoría de números. Notándose, primero, el gran impacto que parece tener la teoría de la evolución en el aprendizaje científico (Bermúdez, 2015) y, en segundo lugar, el hecho, sobre el cual, las argumentaciones sobre el cambio en las teorías llega desde concepciones positivistas, desde la experimentación y sin importar mucho el camino seguido para el cambio en una teoría, aseveraciones, que concuerdan con algunos trabajos, que hacen ver ciertas estrategias y muestran ser significativas para las ideas de los estudiantes (López *et al.* 2013).

Se concluye, que hubo influencia del curso "Estructura de la Materia", influencia expresada en una variación de concepciones desde el Positivismo hacia otras posiciones, tanto Transicionales como Lakatosianas. Las concepciones epistemológicas en estudiantes que arribaron al curso mostraron un enorme dominio del Positivismo. Durante el proceso de observación en el curso, se evidenció el domino del Positivista, aunque se notó un cambio gradual a concepciones alternativas hacia el final del curso. Los factores metodológicos más útiles para el cambio en las concepciones fueron las clases apuntaladas en video.

La tendencia inicial para diferenciar teorías y leyes fue el carácter conjetural, de las primeras y lo normativo, de las segundas, en un marco experimental. Al final del curso, la disposición para reconocer teorías científicas tendió a migrar ligeramente hacia posiciones más críticas, fundamentalmente, a ideas Transicionales. Las participaciones libres de los estudiantes aumentaron con el correr del semestre, lo que se puede entender como ganancia de confianza de los estudiantes en los planteamientos del curso. Las posturas Positivistas mostraron ser suficientemente fuertes, como para ser estimadas concepciones nativas en el proceso educativo, para el reconocimiento de teorías científicas. Las concepciones no clasificadas tendieron a la reducción, lo que se puede percibir como un afianzamiento de la estructura epistemológica estudiantil. La teoría más citada, ejemplificada y conceptualizada fue la "Teoría sobre la Evolución", lo que hace ver la fuerza discursiva y el impacto de esta teoría en el conocimiento general.

Agradecimientos: Al Doctorado en Ciencias de la Educación, por el apoyo institucional prestado. Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico, por el financiamiento de esta investigación. Conflicto de intereses: Hacemos constar que este manuscrito fue desarrollado con la intervención de sus autores, quienes declaramos la no existencia de conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO, M.; CARRILLO, L. 2009. Concepciones de ciencia en la UNAM: el impacto en la educación universitaria. Educación, ciencia y tecnología. México D.F. (México). Ediciones UNAM, 11p.

2. BARSEGHYAN, H. 2012. A Theory of Scientific Change. Institute for the History and Philosophy of Science and Technology, University of Toronto (USA).318p.

3. BERMÚDEZ, G. 2015. Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. Rev. Eureka (España). 12(1):66-90.

4. BREY, J. 2014. El fraude en la investigación científica. Real Academia Sevillana de Ciencias. Sevilla (España): Universidad de Sevilla. 11p.

5. CAMPANARIO, J. 2004. Científicos que cuestionan los paradigmas dominantes: algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias. Rev. Electr. Enseñanza Ciencias (España). 3(3):53-68.

6. CAMPANARIO, J.; MARTIN, B. 2004. Challenging current Physics paradigms. J. Scientific Explor. (USA). 18(3):421-438.

7. CLEMENT, J. 2008. The role of explanatory models in teaching for conceptual change. In: Vosniadou, S. (ed.), International handbook of research on conceptual change (USA). p.417-452.

8. CUTRERA, G. 2006. La actividad científica y la génesis del conocimiento científico en los textos escolares de ciencias naturales: un análisis de clasificación. Rev. Iberoam. Educación (España). 42:98-117.

9. DOMÉNECH, J.; SAVALL, F.; MARTÍNEZ, J. 2013. ¿Los libros de texto de bachillerato Introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford? Enseñanza ciencias, Rev. Investig. experiencias didácticas (España). 31(1):29-43.

10. FOUREZ, G. 2008. Cómo se elabora el conocimiento. La epistemología desde un enfoque socio-constructivista. Narcea, España.188p.

11. GARRITZ, A. 2006. Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. Rev. Iberoam. Educación (España). 42:127-152.

12. GRASSI, E. 2007. Problemas de realismo y teoricismo en la investigación social y en el Trabajo Social. Rev. Katál Florianópolis. 10:26-36.

13. GOMEZ-ZWEIP, S. 2008. Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and teacher education. J. Sci. Teacher Education (USA). 19:437-454.

14. GUISÁSOLA, J.; MORENTIN, M. 2007. ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? Rev. Electr. Enseñanza Ciencias. 6(2):246-262.

15. KRITSONIS, A. 2005. Comparison of change theories. Int. J. Scholarly Academic Intellectual Diversity (USA). 1:1-7.

16. LÓPEZ, W.; MOLINA, L.; CÁRDENAS, M.; BIANCHI, G.; QUINTERO, H.; ESCALONA J. 2013. Un estudio de la relación entre las concepciones de aprendizaje, las estrategias metacognitivas y el rendimiento académico en cursos de química universitaria. Enseñanza de las Ciencias (España), Número Extra. X:1966-1971.

17. ÖZDEMIR, G.; CLARK, D. 2007. An Overview of Conceptual Change Theories. Eurasia J. Math., Science & Technology Education (Turkey). 3(4):351-361.

18. PADRÓN, J. 2013. Epistemología evolucionista: una visión integral. Bogotá, (Colombia), Ediciones Entre-Temas. 123p.

19. PONTES, A.; POYATO, F.; OLIVA, J. 2015. Concepciones sobre el aprendizaje en estudiantes del máster de profesorado de educación secundaria del área de ciencia y tecnología. Profesorado: rev. curriculum y formación del profesorado (España). 19(2):225-243.

20. RAVANAL, E.; QUINTANILLA, M. 2010. Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. Rev. Electr. Enseñanza Ciencias. 9(1):111-124.

21. RESTREPO, J. 2014. Concepción y prácticas de aula del maestro de ciencias naturales que promueven las relaciones CTS. Universidad de Antioquia, Antioquia (Colombia): Ediciones Antioquia. 146p.

22. RIZO, M. 2014. El papel de las teorías de la comunicación en la construcción del campo académico de la comunicación. Reflexiones desde la historia, la epistemología y la pedagogía. Correspondencias & Análisis (Perú). 4:239-258.

23. RODRÍGUEZ, D.; LÓPEZ, A. 2006. ¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria. Rev. Invest. Educativa (México). 9(31):699-719.

24. SCHETTINI, P.; CORTAZZO, C. 2015. Análisis de datos cualitativos en la investigación social: procedimientos y herramientas para la interpretación de información cualitativa. Universidad Nacional de La Plata, La Plata (Argentina): Ediciones UNP. 119p.

25. SERRANO, S. 2015. Lenguaje y ciencia: percepciones del profesorado sobre el lenguaje en la construcción del conocimiento científico. Educere (Venezuela). 19(63):537-548.

26. SIERRA, C. 2006. La reproducción de experimentos históricos en relación con la forja de ethos científico. Rev. Eureka para Enseñanza y Divulgación Científica (España). 3(1): 60-76.

Recibido: Noviembre 18 de 2015
Aceptado: Septiembre 30 de 2016

Cómo citar:

Escalona Tapia, J.; Fontal Rivera, B. 2016. Cambio en las teorías científicas desde la visión de estudiantes de educación en la Universidad de los Andes, Venezuela. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 467-477.

CONDICIONES TÉMPORO-ESPACIALES DE NIÑOS QUE HABITAN EN UNA COPROPIEDAD HORIZONTAL DE LA CIUDAD DE BARRAQUILLA, COLOMBIA

TEMPORO-SPATIAL CONDITIONS OF CHILDREN LIVING IN HORIZONTAL CO-OWNERSHIP BUILDING AT BARRANQUILLA, COLOMBIA

Armando Aroca Araújo[1], Lina Álvarez Toro[2]

[1] Doctorando en Educación énfasis en educación matemática. Universidad Francisco José de Caldas. Profesor Asociado. Universidad del Atlántico, calle 74 No. 38-100, Apto 901, Bloque 3, Conjunto Residencial Altos de Betania, Barranquilla, Colombia, e-mail: armandoaroca@mail.uniatlantico.edu.co; [2] M.Sc. en Desarrollo infantil. Universidad de Manizales. Docente. Universidad del Atlántico, calle 74 No. 38-100, Apto 901, Bloque 3, Conjunto Residencial Altos de Betania, Barranquilla, Colombia, e-mail: linaalvarez@mail.uniatlantico.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 479-487, Julio-Diciembre, 2016

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo identificar las condiciones témporo-espaciales que tienen los niños, en un rango de edad de 8 a 11 años, residentes en una copropiedad horizontal en Barranquilla, Colombia, que registra tres bloques o edificios residenciales, una administración, áreas comunes, delimitación por paredes y un sistema de vigilancia. El problema que se identificó consiste en las condiciones de soledad, de confinamiento a la habitación, de adicción a los videojuegos, de sedentarismo y de pocas relaciones sociales que tienen los denominados niños de apartamento. La metodología empleada fue la de núcleos de educación social, NES. Los principales hallazgos tienen que ver con los seis espacios que emergieron en la investigación y sus respectivas temporalidades. Estos espacios son el externo, el limítrofe, el próximo, el local, el vertical y el subterráneo. La estrategia que se empleó, para poder identificar las condiciones témporo-espaciales, fue a través de la actividad de jugar y las expectativas que ellos tienen en la ampliación de su espacialidad. Se concluyó, que los niños, en el rango de edad seleccionado, tienen restricciones a áreas de juego, de esparcimiento y de problemas de interacción social con adolescentes.

Palabras clave: Núcleos de educación social, categorías, temporalidad, espacialidad.

SUMMARY

This research has as its main objective the identification of the temporal-spatial conditions of children aged 8 to 11, who are residents in a horizontal coparcenary in Barranquilla, Colombia, composed of three blocks or residential buildings, an administration, common areas and delimitated by walls and a monitoring system. The problem identified consists of the conditions of loneliness, confinement to the room, video game addiction, physical inactivity and poor social relationships that these “apartment children” have .The methodology used was the Nuclei of Social Education, NEF. The main findings have to do with the six spaces that emerged in the investigation and their respective time frames. These spaces are outside, the boundary, the nearby, the local, the vertical and the underground. The strategy was used to identify the temporal-spatial conditions through the activity of playing and the expectations these children have in expanding their spatiality. It was concluded that children in the age range selected have restrictions to play areas, spreading out and problems of social interaction with teenagers.

Key words: Nuclei of Social Education, Categories, temporality, spatiality.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, se han adelantado algunas investigaciones relacionas con el objeto de estudio de este artículo, que más adelante se precisará. El grupo de investigación Convivencia y Ciudadanía de la escuela de trabajo social de la Universidad del Valle, ha desarrollado algunas de ellas, por ejemplo, Rincón & Maldonado (2007) establecieron los motivos que conducen a las familias a vivir en este tipo de espacio. García & Peralta (2015) han relacionado el espacio exterior con el lugar que toman las unidades residenciales. Otras fuentes

sobre la copropiedad horizontal está en las normas que las rigen y promulgan, ley 675 de 2001 Congreso de la República de Colombia, diversos manuales y páginas Web, de empresas afines a lo inmobiliario. En el panorama internacional, se nota un poco más de fuentes bibliográficas sobre normas de convivencia, organización social o administración de la copropiedad horizontal, como los reportes de Cura (1993), Cerdá (1999) y Lasarte & Feliu (2005).

Garrido (2005), al citar a Tuan (1983), sobre la manera que el niño va construyendo experiencia en el espacio geográfico, plantea lo siguiente: A medida que el niño crece, se va apegando a objetos, en lugar de apegarse a personas importantes, y finalmente a localidades. Para el niño, lugar es un tipo de objeto grande y un tanto inmóvil (…) El horizonte geográfico de un niño se expande, a medida que él crece, pero no necesariamente paso a paso en dirección a la escala mayor. Su interés y conocimiento se fijan, primero, en la pequeña comunidad local, después en la ciudad, saltando el barrio y de la ciudad, su interés se puede dirigir para la Nación y para lugares extranjeros, saltando la región.

En cuanto al tiempo y la temporalidad, para Vasco (2000) no se puede hablar mucho tiempo acerca del tiempo sin espacializarlo. Se trata de una metáfora obligada por nuestro cuerpo, por nuestras acciones y movimientos. Una primera acepción de la palabra "tiempo" es la temporalidad como propiedad inherente a todo proceso, relacionado con la dinamicidad; es aquello que permite decir que los procesos fluyen, duran, corren, discurren.

El problema que se abordó en esta investigación fueron las implicaciones que tienen las condiciones témporo-espaciales en los niños que habitan en copropiedad horizontal; para ello, se tuvo en cuenta, que el confinamiento al espacio local, donde el espacio colectivo y común se toma en estas unidades como todo lo que se encuentra de puertas para afuera de la residencia. Se construye para cumplir con un programa arquitectónico y se reduce a un mobiliario a utilizar por horas y según la edad, el género y la afición de los habitantes, pero no se proyecta como el lugar de socialización o de recreación.

En estos aspectos, también se encuentra el uso excesivo de video juegos, tal como lo señala Gómez *et al*. (2008), asociado con menores niveles de actividad física, aumentando el riesgo de desarrollar obesidad, debido al sedentarismo, tanto en la niñez como en la adultez. El análisis brinda elementos de juicio para concluir que se debe a la ausencia y el poco tiempo que sus padres pasan con sus hijos. Pérez & Ruiz (2006) afirman que los hallazgos evidencian que la adicción a los video juegos cumple un papel dinámico, que pone en manifiesto una alteración que involucra, en su génesis, patrones de familia y entornos sociales inadecuados. Basta, para ello, con hacer mención de lo que Cotton (1990) denomina los estresores psicosociales. Tal es el caso, por ejemplo, de aquellos individuos sometidos a condiciones de encierro y de hacinamiento: hogares con espacios minúsculos y con muchos miembros familiares, que impiden todo tipo de privacidad y libre circulación en el espacio disponible. El llamado efecto lata de sardinas puede resultar ser una experiencia traumática, dañina, estresante y generadora de altos y, a veces, incontenibles niveles de agresividad, como lo propone Lotito (2008).

Esta investigación es relevante, ya que el poder identificar las nociones témporo-espaciales vivenciadas por los niños que habitan en copropiedades horizontales permitirá reconocer cómo se desarrollan dichas nociones en relación a espacios delimitados por paredes, por señalizaciones y por restricciones de horarios en el uso de zonas de interacción, entre otros. Considerando la muestra seleccionada, los resultados no se podrán generalizar; sin embargo, estos son un antecedente para dicha temática.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se llevó a cabo en una copropiedad horizontal de la ciudad de Barranquilla, Colombia, estrato 4. La unidad cuenta con tres bloques o edificios: dos, de 14 pisos y uno, de 15, con un total de 172 familias. Hay alrededor de 40 niños, desde recién nacidos hasta los 11 años. El número de adolescentes y jóvenes no es fácil de determinar, pues algunos, al parecer, comparten residencia de sus padres separados. En la unidad escogida cohabitan diversas familias: hombre con hombre, separadas con adolescentes o con jóvenes, parejas jóvenes sin hijos, adultas mayores solas, hombre con mujer y sus hijos jóvenes o adultos, entre otras opciones. La unidad tiene un pequeño parque, una cancha multifuncional de microfútbol y básquet y dos piscinas pequeñas: una para niños menores de cinco años y la otra para el resto de residentes. Tiene una casa club, que brinda los servicios de cine, de gimnasio y de billar. Cuenta con parqueaderos para visitantes y propietarios o inquilinos, más un sótano, que es exclusivo para parqueadero de vehículos de propietarios o inquilinos. La figura 1 representa un bosquejo de las once potenciales zonas horizontales de juego.

La investigación realizada es cualitativa, de acuerdo a Creswell (2007), de tipo etnográfico. El método empleado para este estudio fue la de núcleos de educación social, NES, de acuerdo con García & Guerrero (2012), que se articulan en un proceso investigativo por etapas y escenarios de Investigación. En este proceso, se asumieron las etapas sujeto y copropiedad horizontal; por sujeto, se entiende los niños escogidos en el rango de edad establecido y por copropiedad horizontal, el lugar de investigación. El análisis de la información, se basó en el fichaje propuesta para los NES, que

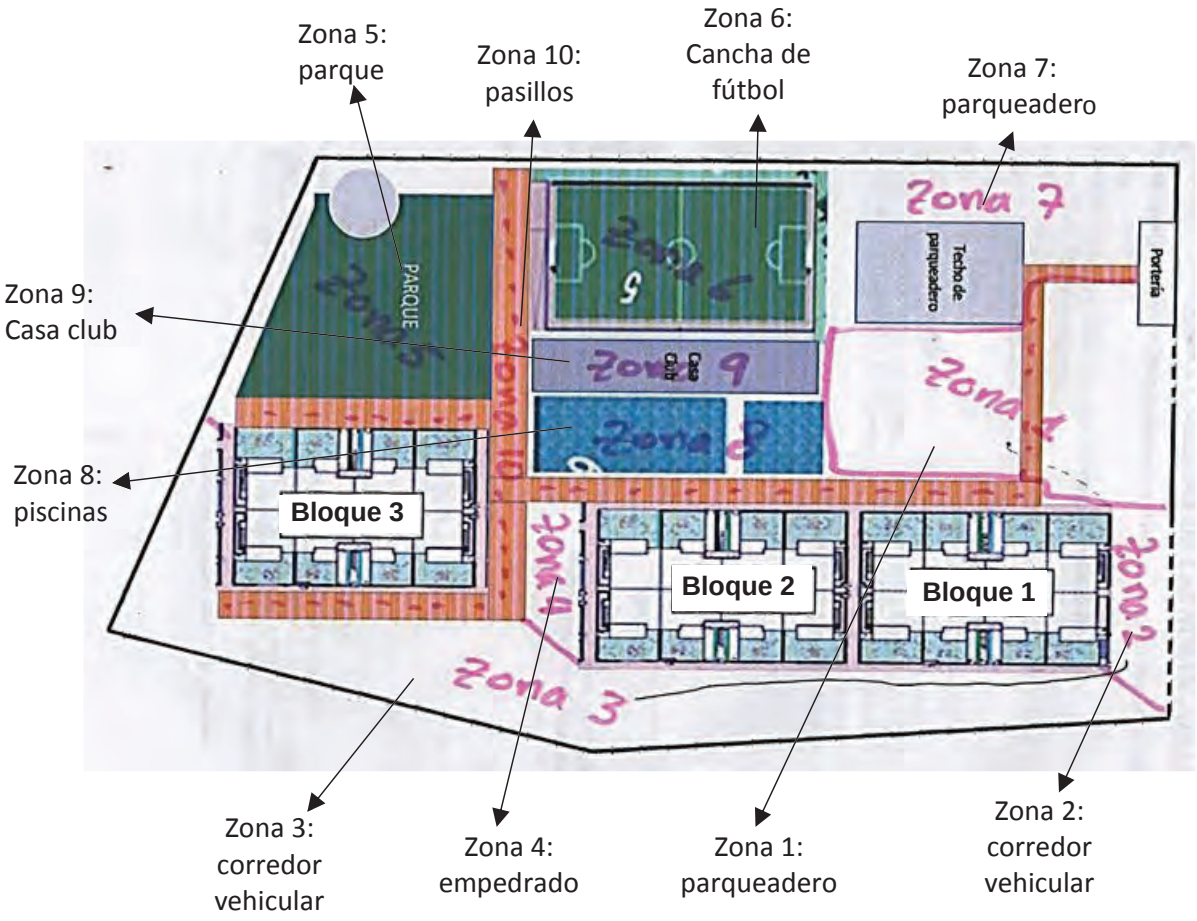


Figura 1. Las once zonas horizontales de juegos, establecidas en la Unidad residencial. Fotografía complementaria.

permitió identificar 27 categorías emergentes. Por medio de la actividad de jugar y con la información proporcionada por cuatro niños residentes en dicha unidad, se dividió en zonas potenciales de juegos: once horizontales y tres verticales, los bloques. Al momento de seleccionar los participantes en la unidad había diez niños y niñas. Los criterios de selección de la muestra fueron: el consentimiento de los padres, el asentimiento de los niños, el rango de edad y el tiempo de residencia en la unidad, no menor a un año. Por lo anterior, la muestra estuvo conformada por cuatro niños, de diez en total. Los cuatro niños que participaron tenían edades que oscilaban entre 8 a 11 años. Según Rael (2009), en estos niños la percepción del espacio se realiza a través del contacto con el entorno y les permite situarse en el espacio y reconocerlo, es decir, pueden reconocerse a sí mismos, reconocen su cuerpo, se pueden comunicar consigo mismo, con los demás, ponerse en relación con los objetos y con el espacio. La estrategia de conformación del grupo de participantes se hizo por medio de un grupo focal, de acuerdo con Mella (2000). En la sesión 1, de una hora y media, se empleó el grupo focal y las preguntas dirigidas a dicho grupo y las respuestas se grabaron; a continuación, se transcribieron literalmente y se hicieron las respectivas fichas de lectura, según el método NES. En la sesión 2, participaron tres niños; a ellos, se les pidió que respondieran por escrito algunas preguntas relacionadas con horarios de juegos, prohibiciones y prevenciones subjetivas o miedos a personas, cosas o animales; la figura 2 representa parte de la estrategia que se empleó para recoger información en las zonas verticales de juegos. Se les pidió a los niños que escribieran qué jugaban en cada uno de los pisos, a medida que íbamos bajando por las escaleras.

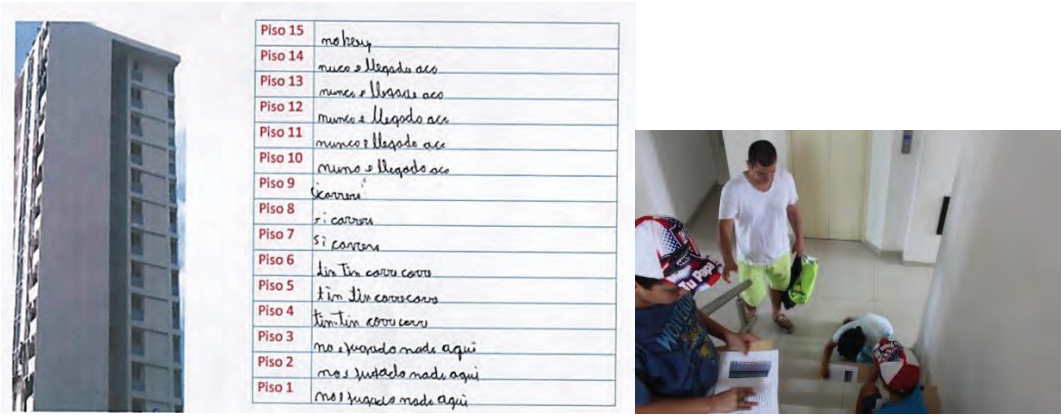


Figura 2. Formato para identificar los juegos que se desarrollan en zonas verticales de la copropiedad horizontal. Fotografía complementaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación de los espacios que establecen condiciones témporo-espaciales a los niños residentes en la copropiedad horizontal ya descrita, a partir de las sesiones 1 y 2, se describen en la tabla 1. En cada uno de estos espacios emergieron diversas categorías, basadas en las respuestas de los niños y que dan cuenta de sus nociones témporo-espaciales, según dicho espacio. A continuación, se hará una descripción de cada espacio y las categorías que emergieron en ellos.

Espacio limítrofe. La primera categoría que emergió fue Delimitaciones físicas del espacio periférico, que se sustenta en lo siguiente. A los niños, se les formularon las siguientes preguntas: ¿En la semana, de lunes a domingo, sales a jugar por fuera de la unidad?, ¿cómo te sientes?, ¿hay alguna diferencia de jugar dentro de la unidad y por fuera de ella? Las respuestas fueron las siguientes.

Niño 1: el domingo
Investigador: ¿Cómo te sientes tú, cuando sales a jugar por fuera de la unidad?
Niño 1: libre
Investigador: ¿Y cuando juegas aquí adentro cómo te sientes?
Niño 1: encerrado

El espacio limítrofe de la copropiedad horizontal, se establece por la principal barrera observable, la pared: siendo la principal delimitación física, un obstáculo para lo que los niños denominan libertad. Más adelante, se profundizará en ello y lo que implica este tipo de encerramiento, con la sensación de seguridad.

Las segunda categoría que emergió fue Reconocimiento administrativo, familiar o social y ampliación de la espacialidad: lo que dio origen a esta investigación fue el capta huellas o huellero, que es un dispositivo electrónico, donde los resi-

Tabla 1. Clasificación de los espacios que establecen condiciones témporo-espaciales a los niños.

Clasificación de los espacios que establecen condiciones témporo-espaciales a los niños	Limítrofe	Referido a las fronteras, en este caso, tiene paredes que la delimitan con el resto del barrio
	Próximo	Referido al espacio interno, que juega una especie de extensión del espacio local
	Local	Se trata del espacio familiar, el del apartamento
	Vertical	Son los bloques o edificios
	Subterráneo	Parqueadero de carros y motos en el nivel -1 del ascensor
	Externo	Correspondiente a lo externo, el barrio

dentes autorizados colocan su huella digital y la puerta, que da al espacio exterior, se abre de inmediato; los niños desean tener la huella registrada y poder salir de la copropiedad horizontal. Para los niños salir a la tienda de la esquina, solos, significa ampliar su espacialidad.

Dentro de este reconocimiento, se evidenció una tercera categoría, que se denominó la edad, como condición subjetiva en la ampliación de la espacialidad: al preguntarles si les gustaría tener la huella registrada, todos respondieron que sí. Luego se les preguntó ¿a los cuántos años creen ustedes que los van a dejar salir solos? A partir de los quinces o dieciocho, respondieron. Los niños tienen en su mente una edad que les permitirá ampliar su temporalidad y espacialidad, a otros límites diferentes de la tienda de la esquina y del parque más cercano. Se trata de un rango de edad, donde, según ellos, alcanzan la adultez, la independencia. Tai *et al*. (2006) refieren que los niños anhelan esa adultez, ya que en la niñez no tienen la libertad de explorar libremente el ambiente. La edad, entonces, juega un papel en la configuración de los espacios y del tiempo y de la misma experiencia socio-geográfica de los niños.

La cuarta categoría emergente del espacio limítrofe es el concepto de Unidad residencial en el recorrido mental: a los niños se les pidió que hicieran un recorrido mental por la copropiedad horizontal, desde el punto donde se realizó la sesión 1. ¿Qué llamó la atención en estas respuestas? Que el recorrido de niño 3 es distinto a los de niño1, niño 2 y niño 4. El niño 3 incluyó los pasillos, cuando dice "pasé por el bloque 2 el bloque 3". Los otros niños, que poco salen al parque Betania, la copropiedad horizontal es el contorno de la unidad; se fueron bordeando la pared. Se considera que esta diferencia está en que el niño 3 tiene mayor experiencia socio-geográfica y no por su edad.

La quinta categoría son lugares de mayor gusto: aparecen la cancha de fútbol, la piscina y el cine. Estos espacios de juego son los de mayor gusto, porque se comparte con otros, con amigos o familiares. La que tuvo mayor frecuencia en el gusto fue la cancha de fútbol; sin embargo, este es uno de los lugares de más conflictos que estos niños tienen en la copropiedad horizontal, debido a los desplazamientos que sufren, regularmente, por otros niños de otro rango de edad mayor, que ellos denominaron los adolescentes, "nos quitan la cancha". De esta forma, se configuró la categoría Delimitaciones forzosas de espacio de juego por interacción con otros rangos de edad. Según Calvo *et al.* (2001), Sánchez *et al.* (2006), Garaigordobil (2009), Mestre *et al.* (2009), se registró un incremento en la empatía durante la adolescencia, pero únicamente en las chicas. Una posible explicación de este resultado, se puede deber a que las mujeres, en todas las edades, alcanzan un mayor nivel de conductas de resolución positivas de conflictos, mientras que los chicos tienen mayores niveles de resolución agresiva de conflictos, tal como lo señala Garaigordobil & Maganto (2011).

Espacio próximo. En este espacio próximo emergieron dos categorías, que se complementan: el Espacio próximo, como extensión del espacio local y Confort, en el espacio próximo y local. Cuando se les preguntó a los niños si les gustaría vivir en una casa o en otra copropiedad horizontal o si se sienten bien viviendo en la actual, se pudo reconocer dos momentos en las respuestas. Las interpretaciones de los niños, aparentemente, son contradictorias, porque en diversas respuestas en la sesión 1 manifiestan su aburrimiento, soledad o angustia y al preguntárseles si deseaban vivir en otra unidad, los niños 1 y 3 manifiestan que se siente bien al vivir en la suya; sin embargo, el tema de fondo es la seguridad, en particular, cuando se nombra al portero y a las cámaras de seguridad en las esquinas de la copropiedad horizontal, en los ascensores y en las zonas de juego y, además, las paredes, que le dan un lugar a la unidad con el resto del barrio. De hecho, el niño 3 manifestó que antes de vivir en la copropiedad horizontal lo hacía en una casa, donde fueron atracados. El niño 4 llegó a manifestar que él no se mudaría para una casa.

Los conjuntos de vivienda de acceso controlado son expresiones de la tendencia al encerramiento de los urbanistas en aras de protegerse de los hechos de violencia y de delincuencia. Además, en el transcurso de la historia, los pueblos cercados con muros fueron diseñados para proteger a los habitantes y sus propiedades, de acuerdo con García & Peralta (2015). Según González (2007), los espacios cerrados se constituyen en una respuesta social a la necesidad de protección frente a aquellos considerados extraños, quienes representan una amenaza a la existencia individual. Para Bauman (2005), se está hablando de una inseguridad subjetiva que nace de la mixofobia. López & Rodríguez (2005) consideran que es aprovechado por los planificadores urbanos, para diseñar propuestas habitacionales, que seudosatisfacen las demandas de los ciudadanos.

El tema de la seguridad permea otras categorías, como las Condiciones de acceso al entorno próximo: salir y entrar del apartamento es posible gracias a cierta confianza de los padres en la seguridad que ofrece la copropiedad horizontal; sin embargo, siempre están algunas prevenciones, como no entrar a otros apartamentos, no conversar con adultos, entre otras. Girola (2005) amplía el panorama de cómo el trasladarse a una copropiedad horizontal responde a una decisión familiar, que contempla varios factores: la trayectoria residencial, la historia personal, el lugar anterior de residencia, la situación socioeconómica, las oportunidades laborales, el deseo de criar a los hijos en ambientes más seguros.

En este espacio, se encontró una nueva categoría titulada Transgresión de la normativa del espacio próximo: la copro-

piedad horizontal tiene espacios reglamentados para su uso. Los baños que se encuentran en el área de la piscina hacen parte de las zonas en las que está establecido no ingresar después de las 6:00 p.m.; sin embargo, este lugar es utilizado por los niños para jugar escondite. Esta transgresión al reglamento, se debe a que las zonas de juego no son suficientes; sea por horarios, preferencia a niños menores para uso del parque, restricciones o áreas disponibles para el juego. La necesidad de jugar en estas condiciones tan delimitadas y restringidas implica transgredir normas temporales y espaciales.

A continuación, se presentan otras tres categorías, que emergieron en el espacio próximo. 1) Número de amigos y posibilidades de jugar: más amigos implica más posibilidades de jugar cuando se sale del espacio local al espacio próximo. Más amigos tienen implicaciones de orden temporal.

2) Espacio próximo restringido por temores personales: el espacio también se configura por temores personales o subjetivamente. Estos temores estaban relacionados con personas, familias, mascotas o zonas oscuras, es decir, responde a un orden de interacción y de experiencias con el medio. Los niños y los mismos adultos evitan pasar por cierto pasillo o apartamento, para no verse con una persona, una mascota u otra situación.

3) Diversos recorridos espaciales y cálculo de distancias: esta categoría emerge de las respuesta a: usted está en su cama y se van a imaginar cuál es el lugar o punto más lejos que hay desde su cama, pero que este aquí adentro de la unidad. Algunas respuestas fueron las siguientes.

Niño 4: porque… o sea, la portería, yo estoy en el bloque 3 tengo que bajar el ascensor y la portería es como el final de la unidad, porque la portería si tú ya sigues caminando derecho, ahí ya te saldrías de la unidad.
Niño 3: que a él se le haría más difícil ir para allá y más difícil ir para allá y a él se le haría más fácil, porque a él se le haría más fácil haciendo fi fu fa
Investigador: ¿o sea fi fu fa es qué? …el recorrido por los pasillos, por eso cuando tú estás haciendo pasillos, los pasillos.
Niño 3: no, por ejemplo, él sale de su casa va para allá y llega a la portería, se le hace refácil que yo a la portería y no es lo mismo. Y yo dije que no era igual.

No es lo mismo la distancia más corta o más lejana de un niño que vive en un piso 9 que de un niño que vive en el primer piso, como sucede con niño 4 y niño 1; por ejemplo, el niño 1, su punto más lejano de su cama es la parte de atrás del bloque 3, mientras que el punto más lejano para el niño 4 es la portería, debido a que él debe recorrer nueve pisos para llegar hasta dicho punto. Así, el tiempo y el espacio recorrido para un niño que vive en apartamentos altos, no es el mismo para aquellos que viven en el piso 1.

Espacio local. La principal categoría en este espacio es Temporalidad semanal: esta categoría emerge al formularles dos preguntas a los niños ¿hay algún día o varios días de la semana en el que te sientas aburrido?, ¿cuál y por qué? y ¿hay algún día o varios días en que no estés aburrido? Las actividades escolares marcan condiciones en la temporalidad de los niños que, incluso, no es propia de residentes en copropiedades. Se pudo identificar que hay cuatro comportamientos relacionado a la temporalidad semanal. Estos se reflejan en lo que piensan los niños sobre el lunes, el periodo entre lunes y jueves, el viernes y el fin de semana o el puente. El periodo lunes a jueves es asociado a compromisos escolares y más restricciones para jugar; el viernes, sienten cierto placer y descanso; el fin de semana hay más libertad para hacer, sin restricción, algunas de las cosas que les gusta hacer; significa compartir con los padres de familia o la familia en otros espacios. También hay libertad para acostarse tarde sin límite alguno y hay libertad para jugar todas las horas deseadas en video juegos. Lo que es característico en este caso es que entre el lunes a jueves hay mayor permanencia en el espacio local.

Las relaciones entre niños y horarios laborales de los padres de familia implicaron que emergieran tres categorías, que se describen a continuación. 1) Soledad, temor y espacio local: hay diversos factores que reducen la movilidad del niño al espacio local, entre ellos, las ocupaciones laborales de los padres. Los conflictos para conciliar trabajo-familia, se presentan cuando las presiones del medio hacen que trabajo y familia no sean compatibles, en algún momento, para lo anterior. Yang *et al*. (2000) establecieron que existen ciertos tipos de conflictos al respecto: Uno, es el que se da cuando el tiempo utilizado en una de las dos funciones impide destinar tiempo a la otra y el segundo ocurre cuando se dan altos niveles de tensión y carga en el cumplimiento de las actividades en uno de estos ámbitos, lo que, a su vez, afecta el desempeño en el otro, por lo tanto, no existe una instancia que dirima sobre el equilibrio entre el tiempo reservado al trabajo y el consagrado a la educación de los hijos y a la atención a la familia, según lo planteado por Arriagada (2005). 2) Soledad momentánea y espacio local: el niño 4 manifestó que su espacio local no se ve afectado, mientras queda sin compañía, cuando su madre o padre sale a la portería a buscar alguna encomienda o recibo, es decir, mientras el periodo de soledad es corto y que el niño tenga una estimación de este tiempo, su espacio local no se verá afectado por sus temores. 3) Acompañamiento familiar y espacio local: si el niño tiene hermanos mayores, juegan un papel esencial en brindar seguridad a los hermanos menores, cuando los padres no están presentes. El espacio de juego no restringe solo al espacio local, sino al espacio interno de la copropiedad horizontal.

Espacio vertical o zonas verticales de juego. En este espacio, se encontró una primera categoría, que se denominó Configuración del espacio vertical para zonas de juegos: ante las delimitaciones horizontales del espacio para zonas de juego y los conflictos que se dan en las establecidas, los niños de este rango de edad han optado por convertir las escaleras y pisos de los bloques en una alternativa de zona de juego. El rin rin corre corre es uno de los juegos preferido y peligroso de los niños; se trata de tocar los cuatro timbres de los apartamentos de un mismo piso y salir corriendo hacia abajo por las escaleras.

La configuración del espacio vertical en zonas recreacionales evidenció diferentes juegos, que son característicos en una copropiedad horizontal, cuyos edificios tienen escalera y ascensor: Carrera, sea bajando corriendo por las escaleras o persiguiendo un balón que baja por gravedad, un juego de gravedad; Tin tin corre; con la patineta en los pasillos; el escondite, pero en pisos bajos e ir presionando el botón del ascensor en cada piso y bajar corriendo por las escaleras, este juego molesta mucho a los adultos.

Una segunda categoría hace referencia a Pisos altos y bajos y configuración témporo-espacial del entorno próximo: las condiciones témporo-espaciales para niños que viven en un primer piso son distintas para aquellos que viven en pisos más altos. Los bloques 1 y 2 limitan con zonas de parqueo y una calle donde los carros transitan regularmente; los padres de estos niños los previenen continuamente, mientras tanto los padres de los niños de pisos bajos del bloque 3 no tienen esta preocupación, porque dicho bloque limita con el parque y por detrás está la parte terminal de la calle.

Una tercerea categoría en este espacio es la Configuración de espacios verticales de juegos por presunta evasión de responsabilidad: hay una tendencia de los niños a jugar más en otros bloques donde ellos no residen y, por lo general, en el más distante de su espacio local. Los niños configuran, espacialmente, los bloques como zonas verticales de juego, a partir de una evasión de responsabilidad, por la posibilidad de cometer algún error o violación del reglamento interno o de las advertencias de los padres.

El espacio subterráneo. Se encontró una única categoría en este espacio, Recorrido mental por el sótano o parqueadero subterráneo: a pesar que transitar por el sótano puede implicar un grave accidente con un automóvil o una motocicleta y que se presentan temores que emergen por la oscuridad y las picaduras de insectos, los niños transitan por él, como se pudo comprobar en la sesión 2. Los niños, se restringen el paso por el sótano, no por los letreros que ha colocado la administración de prohibido jugar, sino por los temores que les genera; sin embargo, el sótano se convierte en un corredor estratégico de comunicación interbloques cuando está lloviendo. En una copropiedad horizontal, la lluvia restringe unos espacios, pero habilita otros. La figura 3 muestra una ruta que hizo niño 4 que, regularmente, usan todos los niños para poderse comunicar entre sí y, en algunos casos, jugar.

El espacio externo. De la sesión 1, emergieron algunas categorías para el espacio externo y se describen a continuación.

Nuevas experiencias y ampliación de la espacialidad: una nueva experiencia no es lo mismo a sentirse libre, pues estar encerrado en otro espacio es una nueva experiencia; una nueva experiencia, en este caso, implica libertad para conocer otros lugares. Felicidad y ampliación de la espacialidad: sentirse feliz para los niños, en este tema de investigación, significa poder salir del encierro rutinario del espacio local.

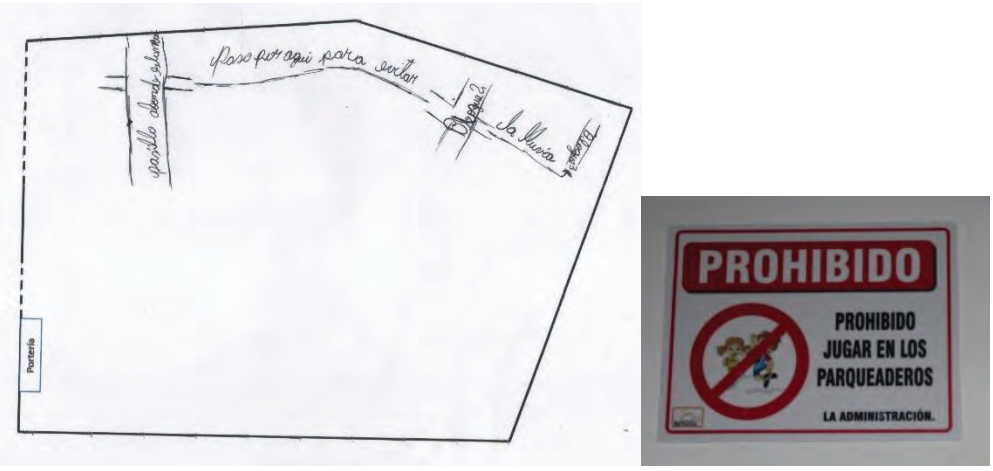


Figura 3. Ruta de comunicación interbloques mientras llueve. Fotografía complementaria.

Atraco y rapto, seguridad personal, en la ampliación de la espacialidad: aquí, se dan tres subcategorías: dos explícitas, que son atraco y rapto, en la ampliación de la espacialidad, pero ambas están interconectadas por una categoría implícita, referida a la seguridad personal, en la ampliación de la espacialidad; ambos sentimientos de atraco y de rapto, cuando los niños se imaginaron salir solos al espacio externo, se dan tanto *a priori* como *a posteriori*.

Expectativas en la ampliación de la espacialidad: el tener acceso a otro lugar diferente a la copropiedad residencial abre un abanico de posibilidades; los niños saben que al salir de dicho espacio pueden acceder a juegos, comidas, lugares y actividades, que los llenarían de alegría y de libertad y estas expectativas son más fuertes que la inseguridad que sienten o presienten al salir solos de la unidad. La superación a esos temores son vencidos por satisfacciones personales que hacen parte de la vida social.

La familia en la ampliación de la espacialidad: en conversación con algunas madres de familia recuerdan que en su niñez o juventud los padres de familia lo que hacían era salir a la calle a buscar a sus hijos, muy poco existían las unidades residenciales, eran casas y los niños jugaban felices y sin preocupaciones en las calles. Ahora, no; se trata, en estas condiciones de vida, de enviar a los niños al espacio próximo, a que jueguen, a que eviten entretenerse con juegos electrónicos y dejen de estar varias horas frente a un computador o un video juego.

Para finalizar, los niños manifiestan el interés por ampliar su espacialidad, pasando de un espacio limítrofe a un espacio externo, donde ellos ven una posible libertad hacia la exploración de una nueva experiencia, libertad y felicidad. Reconocen el encerramiento, la portería y las entradas vehiculares que rodean la Unidad residencial, que se denominó espacio limítrofe, como un obstáculo para el desarrollo de la libertad y ampliación de su espacialidad y temporalidad; no obstante, confían en ese espacio limítrofe, como representación de su seguridad propia y de su familia. El espacio próximo, que es en parte extensión del espacio local en una copropiedad horizontal, tiene pocas zonas de juego y en cambio diversas restricciones normativas o sociales que obligan a los niños a transgredir las normas, tanto temporales como espaciales, para ellos poder jugar. Para cerrar, un llamado a aquellas administraciones de unidades residenciales que solo se dedican a administrar el terreno y los demás bienes comunes, no es solo eso sino también se trata de contribuir al bienestar de los niños y depende de las condiciones sociales de cada copropiedad horizontal y del interés de los padres de familia por tomar la iniciativa.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIAGADA, I. 2005. Los límites del uso del tiempo: dificultades para las políticas de conciliación familia y trabajo. Políticas hacia las familias, protección e inclusión social, CEPAL–UNFPA. Serie de Seminarios y Conferencias, 46. Disponible desde Internet en: http://repositorio.cepal.org/handle/11362/6808 (con acceso 01/06/2016).

2. BAUMAN, Z. 2005. Amor líquido. Acerca de la fragilidad de los vínculos humanos. Fondo de Cultura Económica de Argentina. 203p.

3. CALVO, A.; GONZALEZ, R.; MARTORELL, M. 2001. Variables relacionadas con la conducta prosocial en la infancia y adolescencia; personalidad, autoconcepto y género. Infancia y aprendizaje: J. Study Educ. Developm. 2(1):95-111.

4. CERDÁ, R. 1999. Manual de propiedad horizontal y arrendamientos. Disponible desde Internet en: http://www.sociedadesurgentes.com/arrendamientos.pdf (con acceso 03/06/2016).

5. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. 2001. Ley 675. Disponible desde Internet en http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162 (con acceso 29/05/2016).

6. COTTON, D. 1990. Stress Management: An integrated approach to therapy. New York. Psychology Press, 264p.

7. CRESWELL, J.W. 2007. Qualitative inquiry and research design. Choosing among five traditions. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. 395p.

8. CURA, D.C. 1993. Propiedad horizontal y condominio. Ejercicio de los derechos. Revista la Ley (Argentina). 1(153):2.

9. GARAIGORDOBIL, M. 2009. A comparative analysis of empathy in childhood and adolescence: Gender differences an associated socio-emotional variables. Int. J. Psycholog. Therapy (España). 9(2):217-235.

10. GARAIGORDOBIL, M.; MAGANTO, C. 2011. Empatía y resolución de conflictos durante la infancia y adolescencia. Rev. Latinoam. Psicología. (Colombia). 23(2):255-256.

11. GARCÍA, F.A.; PERALTA, M.D. 2015. Urbanizaciones cerradas y su vinculación con el espacio exterior en la ciudad de Cali: una propuesta metodológica para su análisis. Prospectiva (Colombia). 19:197-221.

12. GARCÍA, B.Y.; GUERRERO, J. 2012. Núcleos de Educación Social – NES. Investigación, Prevención y Participación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). 144p.

13. GARRIDO, M. 2005. El espacio por aprender, el mismo que enseñar: las urgencias de la educación geográfica. Cad. Cedes (Brasil). 25(66):137-163.

14. GIROLA, M. 2005. Tendencias globales, procesos locales: una aproximación al Fenómeno de los conjuntos residenciales con seguridad de la región metropolitana de Buenos Aires. AIBR. Rev. Antropol. Iberoam. (España). 43:1-24.

15. GÓMEZ, L.F.; LUCUMI, D.I.; PARRA, D.C.; LOBELO, F. 2008. Niveles de urbanización, uso de televisión y videojuegos en niños colombianos posibles implicaciones en Salud Publica. Rev. Salud Pública. 10(4):505-516.

16. GONZÁLEZ, E. 2007. Biografía del miedo. Los temores en la sociedad contemporánea. Random House Mondadori (Barcelona). 320p.

17. LASARTE, C.; FELIU, M.I. 2005. Comunidades de vecinos y administración de fincas urbanas y complejos residenciales. TECNOS (España). 1026p.

18. LÓPEZ, L.; RODRÍGUEZ, I. 2005. Evidencias y discursos del miedo en la ciudad: casos mexicanos. SCRIPTA NOVA. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales (España). IX. 194 (54). Disponible desde Internet en: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-54.htm (con acceso 01/06/2016).

19. LOTITO, F. 2008. Estrés: el azote del siglo XXI. Un trastorno transversal que afecta a niños, adolescentes y adultos. Santiago: Editorial Puerto de Palos.

20. MELLA, O. 2000. Grupos Focales ("Focus Groups"). Técnica de investigación cualitativa. Documento de trabajo No. 3, Cide, Santiago, Chile. Disponible desde Internet en: http://biblioteca.uahurtado.cl/ujah/856/txtcompleto/txt105091.pdf (con acceso 04/022016).

21. MESTRE, M.; SAMPER, P.; FRIAS, M.; TUR, A. 2009. Are women more empathetic tan men a longitudinal study in adolescence. The Spanish J. Psychology. 12(1):6-83.

22. PÉREZ M., J.; RUIZ, J.I. 2006. Influencia del video juego en la conducta y habilidades que desarrolllan los video jugadores. Rev. Electr. Tecnologia Educativa. 21:14p.

23. RAEL, I. 2009. Espacio y tiempo en educación infantil. Revista innovación y experiencias educativas. 1(15):1-11.

24. RINCÓN, M.T.; MALDONADO, M.C. 2007. Acerca de los motivos para vivir en espacios residenciales multifamiliares. Prospectiva. 12:147-180.

25. SÁNCHEZ, Q.; OLIVA, A.; PARRA, A. 2006. Empatía y conducta prosocial durante la adolescencia. Rev. Psicología Social. 21(3):259-271.

26. TAI, L.; KNIGHT, E.; MCLELLAN, G.; HAQUE, M. 2006. Designing outdoor Environments for children. Landscaping Schoolyards, Gardens, and Playgrunds. McGraw-Hill (New York). 380p.

27. VASCO, C. 2000. El tiempo en la teoría general de procesos y sistemas. En: Lopera, J. (ed.). El problema del tiempo. Universidad nacional de Colombia, Sede Medellín (Medellín). p.215-240.

28. YANG, N.; CHEN, C.C.; CHOI, J.; ZOU, Y. 2000. Sources of work-family conflict: a sino-U.S. comparison of the effects of work and family demands. Acad. Managem. J. 43:113-123.

Recibido: Junio 10 de 2016
Aceptado: Noviembre 1 de 2016

Cómo citar:

Aroca Araújo, A.; Álvarez Toro, L. 2016. Condiciones témporo-espaciales de niños que habitan en una copropiedad horizontal de la ciudad de Barraquilla, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 479-487.

TÉTANO EN *Cebus capucinus* EN CAUTIVERIO: REPORTE DE CASO

TETANUS IN CAPTIVE *Cebus capucinus*: CASE REPORT

Teresa Oviedo-Socarrás[1], José Cardona-Ávarez[2], Misael Oviedo-Pastrana[3]

[1] MVZ, M.Sc, Ph.D. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Pecuarias. Carrera 6 No. 76-103, Km. 3, vía Cereté, Córdoba-Colombia, e-mail: toviedo@correo.unicordoba.edu.co; [2] MVZ, MSc, Ph.D. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Pecuarias. Carrera 6 No. 76-103, Km. 3, vía Cereté, Córdoba-Colombia, e-mail: cardonalvarez@hotmail.com; [3] MVZ, MSc, Ph.D. Universidad de Córdoba, Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico. Carrera 6 No. 76-103, Km. 3, vía Cereté, Córdoba-Colombia, e-mail: mpastrana@outlook.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 489-492, Julio-Diciembre 2016

INTRODUCCIÓN

Aunque en la región no existe un estudio metódico sobre el número de primates en cautiverio es bien sabido que varias de estas especies son víctimas del comercio ilegal, entre ellas, el *Cebus capucinus*, conocido también como maicero capuchino, mono capuchino o mono carablanca. Según Almirón *et al*. (2005), un número considerable de estos primates acaban incautados para posterior rehabilitación en centros de rescate, como resultado de esfuerzos gubernamentales por controlar el tráfico ilegal de fauna silvestre; sin embargo, muchos son tenidos ilegalmente como mascotas, en condiciones inapropiadas, de acuerdo a lo reportado por la International Primatological Society (2007), lo que favorece la presentación de graves patologías, entre las cuales, podría estar el tétano. Adicionalmente, Karesh *et al.* (2005) enfatizan que el comercio ilegal de vida silvestre es una forma de dispersión de enfermedades infectocontagiosas, con diseminación rápida zoonótica o antropozoonótica, entre las poblaciones de animales domésticos y silvestres.

El tétano es una grave enfermedad neurológica causada por la neurotoxina del *Clostridium tetani,* una bacteria anaerobia Gram positiva, formadora de esporas, capaz de sobrevivir largos periodos de exposición al aire y otras condiciones ambientales adversas. Esta bacteria está ampliamente distribuida y tiene su hábitat natural en el suelo; sin embargo, puede ser aislada de heces de animales domésticos y de seres humanos (Afshar *et al*. 2011).

Generalmente, la infección con el agente etiológico se produce a través de la contaminación de heridas sucias, profundas y con tejido necrótico. Ante las condiciones anaerobias de la herida, el *C. tetani* secreta dos toxinas, conocidas como tetanolisina y tetanospasmina. El papel de la tetanolisina no está totalmente desvendado en el tétanos, mientras que la tetanospasmina es la neurotoxina responsable por el síndrome clínico, característico del tétano (Bleck & Brauner, 2004).

El presente reporte tuvo como objetivo relatar un caso de tétano en un primate *Cebus capucinus* en cuativerio y, al mismo tiempo, alertar sobre la gravedad de la tenencia de animales silvestres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fue llevado a la sala de necropsia del área de patología animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, Colombia, un primate adulto, macho entero, de la especie *C. capucinus*. Se informó, que el animal, tenido como mascota, permanecía amarrado con cadena metálica a nivel de la cintura y previo a la muerte presentó un cuadro clínico caracterizado por contracción severa, con la cabeza curvada hacia atrás y espasmos musculares generalizados que, finalmente, lo llevaron a óbito.

Durante la inspección externa, se observó un estado de rigidez cadavérica generalizado; sin embargo, llamó la atención la posición del animal, que presentaba la cabeza, la espalda y las extremidades traseras totalmente curvadas hacía atrás, la cola bien estirada e igualmente curvada hacia atrás y las extremidades anteriores cruzadas al frente del cuerpo con las muñecas dobladas (Figura 1A y 1B).

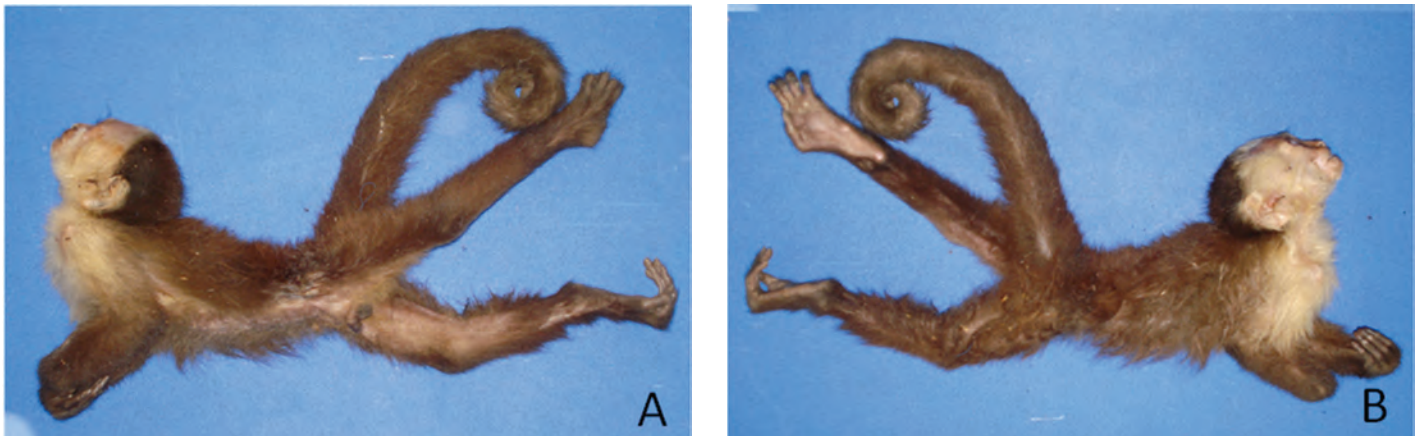


Figura 1. Opistótonos, con postura rígida severa, observado como signo clínico característico de tétanos, en un ejemplar de *Cebus capucinus* macho. A) Vista lateral izquierda y B) Vista lateral derecha.

Al inspeccionar detalladamente la piel, se evidenció una herida extensa en el lado izquierdo del abdomen, con pelos adheridos a la misma. Próximo a la herida, se observaron áreas hiperpigmentadas de lesiones previas, plenamente cicatrizadas. Al retirar los pelos, se evidenció la herida ulcerada y con abundante tejido necrótico (Figura 2A y 2B).

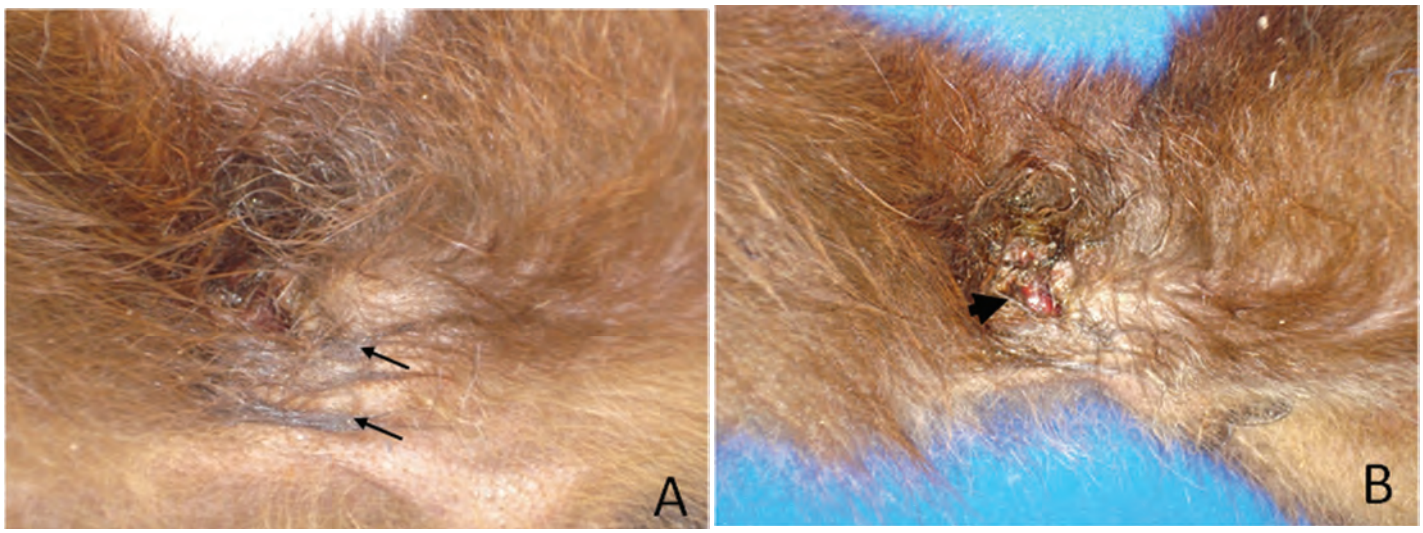


Figura 2. Detalle de herida, a nivel abdominal en *Cebus capucinus*. A) Herida con pelos adheridos (flechas); se observan claramente áreas hiperpigmentadas, de lesiones previas cicatrizadas, producidas por el sistema de sujeción utilizado en el animal (flechas) y B) Herida ulcerada (cabeza de flecha), con presencia de abundante tejido necrótico.

Durante la inspección interna del animal, no fueron observadas lesiones relevantes, ni alteraciones en los aparatos respiratorio y gastrointestinal, sugestivas de envenenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caso fue diagnosticado como tétano, debido a los signos clínicos que presentó el animal, previo a la muerte, con contracturas musculares y opistótonos, característicos de la enfermedad, confirmados a la necropsia, así como la presencia

de herida necrótica, con condiciones de anaerobiosis, ideales para la penetración y el crecimiento del *C. tetani,* aunque no fue realizado aislamiento del agente etiológico de la lesión, ni confirmación de la toxina por pruebas de toxicidad.

La tenencia ilegal de primates, casi siempre va de la mano con la falta de infraestructura adecuada para estas especies, que obliga a los propietarios a tomar medidas inapropiadas para evitar que escapen y, la más común, es amarrar a los animales por la cintura, con correas o cadenas metálicas. Este sistema de sujeción puede lesionar gravemente la piel de los animales, ya que, por naturaleza, tienen muchos desplazamientos y el roce repetitivo de las correas con la piel, puede causar heridas serias, que se convierten en focos de entrada para agentes bacterianos.

Exámenes de laboratorio difícilmente proporcionan un diagnóstico definitivo de tétano y el agente etiológico, raramente, se recupera del sitio de la infección y no hay respuesta de anticuerpos detectable, incluso, en los casos graves, por lo tanto, los médicos se deben basar en resultados clínicos para el diagnóstico rápido. Según la OMS, el tétano en adultos, incluye, trismo o risa sardónica y contracciones musculares dolorosas, con antecedentes de infección de una herida (Kessler *et al*. 2015).

Basados en los antecedentes ocurridos antes de la muerte del animal, como contracción severa, cabeza curvada hacia atrás y espasmos musculares generalizados, asociado a los hallazgos descritos durante la necropsia, como opistótonos y lesión en piel con condiciones adecuadas para el crecimiento de *C. tetani*, se diagnosticó el caso como tétano, según método descrito como mecanismo de diagnóstico clínico de la enfermedad (Schiavo *et al.* 1992; Chen *et al*. 2008; Armijo *et al.* 2012). Esta enfermedad ha sido reportada en primates no humanos en diversas partes del mundo, como es el caso de *Macaca mulatta* (Digiacomo & Missakian, 1972; Rawlins & Kessler, 1982; Springer *et al*. 2009), *Saimiri sciureus* (Kessler & Brown, 1979), *Papio cynocephalus Anubis* (Goodwin *et al*. 1987) y *Macaca fuscata* (Nakano *et al*. 2012); sin embargo, no se encontraron relatos en la literatura consultada en la especie *Cebus capucinus*.

El animal convivía en un hogar del municipio de Montería, Córdoba, que posee condiciones agroecológicas, como humedad relativa del 82% y temperatura promedio de 28°C, que favorece el crecimiento y la replicación del microorganismo.

La puerta de entrada del *C. tetani* suele ser a través de heridas sucias y profundas, donde el tejido necrosado e infectado proporciona un ambiente anaeróbico apropiado para la germinación de las esporas, con la posterior elaboración y secreción de toxinas, por el agente etiológico (Cook *et al*. 2001), situación que fue observada en el espécimen necropsiado.

Las principales toxinas producidas por *C. tetani* son tetanolisina, una toxina hemolítica, cuyo significado biológico no ha sido del todo aclarado; sin embargo, ha sido relacionada con la invasión bacteriana, a nivel local en el tejido y tetanospasmina, la neurotoxina responsable por las manifestaciones clínicas de esta patología y que fueron observadas en este animal. Tras la producción y liberación en la herida, la tetanospasmina se difunde y se une a los gangliósidos GD_{1b} y GT_{1b} de los nervios periféricos.

La toxina es posteriormente internalizada y transportada retrógradamente intra-axón hasta el cuerpo celular de las neuronas inhibidoras de la médula espinal, donde bloquea la liberación de neurotransmisores inhibitorios, como el ácido gamma-aminobutírico y glicina. Esas sustancias son inhibidoras de la neurotransmisión, por lo tanto, su ausencia lleva a la parálisis espástica, característica del cuadro clínico de tétanos (Chen *et al*. 2008).

Cuatro manifestaciones clínicas de tétanos han sido relatadas en la literatura: generalizada, localizada, cefálica y neonatal. La forma generalizada, observada en el presente reporte de caso, es la más común y severa y se manifiesta con signos de hiperactividad autonómica. Entre los signos más frecuentes, se encuentra el trismo, la rigidez cervical, la risa sardónica, el abdomen en tabla, períodos de apnea por contracciones de músculos torácicos, disfagia y opistótonos (Armijo *et al*. 2012). Aunque el opistótonos se puede presentar en diversas situaciones clínicas (RIES *et al*. 1994) es, en general, reconocido como un signo específico del tétanos, cuando es asociado a las demás condiciones de la enfermedad.

Ante este reporte de caso, se hace necesario señalar que la extracción de fauna silvestre de su hábitat natural, para ser usados como mascotas, tiene implicaciones negativas en el bienestar y en la conservación de las especies. Los métodos de captura, de transporte y de tenencia de estos animales causan, en su mayoría, muerte por estrés y enfermedades, como la aquí descrita, sin desconsiderar el riesgo para la salud humana, ya que las enfermedades emergentes y reemergentes, originadas en animales de vida silvestre, pueden ser transmitidas a poblaciones humanas, por contacto directo o por vectores, determinando así una gran problemática social y epidemiológica.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado por todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBILIOGRAFÍA

1. AFSHAR, M.; RAJU, M.; ANSELL, D.; BLECK, T.P. 2011. Narrative review: tetanus a health threat after natural disasters in developing countries. Ann. Intern. Med. (Estados Unidos). 54(5):329-335.

2. ALMIRÓN, M.; FLORES, C.N.; GONZALEZ, S.T.; HORRISBERGER, H.S. 2005. El tétanos. Rev. Posgrado de la VIa Cátedra de Medicina. (Argentina). 143:22-27.

3. ARMIJO, M.J.; SOTO-AGUILAR, F.; BRITO, C. 2012. Tétanos generalizado: caso clínico y revisión del tema Generalized tetanus: clinical case report and review of the literature. Rev. Chil. Neuro-Psiquiat. 50(4):229-233.

4. BLECK, T.P.; BRAUNER, J.S. 2004. Tetanus. In: Scheld, W.M.; Whitley, R.J.; Marra, C.M. (eds.) Infections of the central nervous system. 3rd ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins. p.625-648.

5. CHEN, C.; BALDWIN, M.R.; BARBIERI, J.T. 2008. Molecular basis for tetanus toxin coreceptor interactions. Biochemistry. (Estados Unidos). 47(27):7179-7186.

6. COOK, T.M.; PROTHEROE, R.T.; HANDEL. J.M. 2001. Tetanus: a review of the literature. Br. J. Anaesth. 87:477-487.

7. DIGIACOMO, R.F.; MISSAKIAN, E.A. 1972. Tetanus in a free-ranging colony of *Macaca mulatta*: a clinical and epizootiologic study. Lab. Anim. Sci. 22:378-83.

8. GOODWIN, W.J.; HAINES, R.J.; BERNAL, J.C. 1987. Tetanus in baboons of a corral breeding colony. Lab. Anim. Sci. 37:231-232.

9. INTERNATIONAL PRIMATOLOGICAL SOCIETY. 2007. Comité de manejo en cautividad de la Sociedad Internacional de Primatología. Directrices Internacionales para la adquisición, cuidado y reproducción de primates no humanos. Disponible desde internet en: http://www.internationalprimatologicalsociety.org (con acceso 22/04/2015).

10. KARESH, W.B.; COOK, R.A.; BENNETT, E.L.; NEWCOMB, J. 2005. Wildlife trade and global disease emergence. Emerg. Infect. Dis. 11(7):1000-1002.

11. KESSLER, M.J.; BROWN, R.J. 1979. Clinical description of tetanus in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). Lab. Anim. Sci. 29(2):240-242.

12. KESSLER, M.J.; HERNÁNDEZ, P.R.; RAWLINS, R.G.; RUIZ-LAMBRIDES, A.; DELGADO, D.L.; SABAT, A.M. 2015. Long-term effects of tetanus toxoid inoculation on the demography and life expectancy of the Cayo Santiago rhesus macaques. Am J Primatol.. 77(2):211-221.

13. NAKANO, T.; NAKAMURA, S.; YAMAMOTO, A.; TAKAHASHI, M.; UNE, Y. 2012. Tetanus as cause of mass die-off of captive Japanese macaques, Japan, 2008. Emerg Infect Dis. 18(10):1633-1635.

14. RAWLINS, R.G.; KESSLER, M.J. 1982. A five-year study of tetanus in the Cayo Santiago rhesus monkey colony: behavioral description and epizootiology. Am. J Primatol. 3:23-39.

15. RIES, C.R.; SCOATES, P.J.; PUIL, E. 1994. Opisthotonos following propofol: a nonepileptic perspective and treatment strategy. Can J Anaesth. 41:414-419.

16. SCHIAVO, G.; BENFENATI, F.; POULAIN, B.; ROSSETTO, O.; POLVERINO, P.; DASGUPTA, BR.; MONTECUCCO, C. 1992. Tetanus and botulinum-B neurotoxins block neurotransmitter release by proteolytic cleavage of synaptobrevin. Nature. 359(6398):832-835.

17. SPRINGER, D.A.; PHILLIPPI-FALKENSTEIN, K.; SMITH, G. 2009. Retrospective analysis of wound characteristics and tetanus development in captive macaques. J. Zoo Wildl. Med. (Estados Unidos). 40:95-102.

Recibido: Mayo 14 de 2016
Aceptado: Octubre 10 de 2016

Cómo citar:

Oviedo-Socarrás, T.; Cardona-Àvarez, J.; Oviedo-Pastrana, M. 2016. Tétano en *Cebus capucinus* en cautiverio: reporte de caso. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19(2): 489-492.

Fe de erratas:

En el fascículo 19(1) enero-junio de 2016, correspondiente al artículo titulado: MORFOLOGIA DE FRUTOS E SEMENTES DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS CULTIVADOS EM AMBIENTE PROTEGIDO, se apreció un error en el título del artículo, en las páginas i y 17, las cuales, corregimos a continuación:

Contenido

CONTENIDO
Volumen 19 No. 1, Enero – Junio de 2016

Pág.

EDITORIAL

Iniciativas de cooperación institucional: por una educación inclusiva y de calidad
Germán Anzola Montero 1

CIENCIAS DE LA SALUD

Conocimientos, actitudes y prácticas sobre el autoexamen de mama en mujeres del área rural de Cartagena
Irma Castillo, Cristina Bohórquez, Jhoselys Palomino, Laura Elles, Lizeth Montero 5

CIENCIAS AGRARIAS (Agronomía, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ingeniería Agrícola, Medicina Veterinaria, Zootecnia)

Morfologia de frutos e sementes de porta-enxertos de citros cultivados em ambiente protegido
Andrés Ivan Prato Sarmiento, Júlio Cesar Giuliani, Paulo Vitor Dutra de Souza 17

ARN de interferencia (ARNi): una tecnología novedosa con potencial para el control de insectos plaga
Daniel Noriega, Arnubio Valencia, Bernardo Villegas 25

Preliminary evaluation of pathogens affecting *Eleodes longicollis punctigerus* Blaisdell (Coleoptera: Tenebrionidae)
Daniel Estiven Quiroga-Murcia, Ingeborg Zenner de Polanía, Francisco Javier Posada-Flórez 37

Epidemiología del tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) de bary] en quince introducciones de tomate silvestre
Luisa Fernanda Cardona-Piedrahita, Jairo Castaño-Zapata, Nelson Ceballos-Aguirre 45

Estimating soil properties with mid-infrared spectroscopy
Johana P. Bonett, Jesús H. Camacho-Tamayo, Javier E. Vélez- Sánchez 55

Bacterias endófitas asociadas a los géneros *Cyperus* y *Paspalum* en suelos contaminados con mercurio
Alexander Pérez, Dalila Martínez, Zafiro Barraza, José Marrugo 67

Rendimiento y calidad de hojas de *Stevia rebaudiana* Bert. bajo la oferta edafológica y dos niveles de radiación en cinco regiones de Colombia
Jaime L. Hernández, Enrique M. Combatt, Alfredo Jarma O., Janer Polo S., Luis Rodríguez P. 77

Evaluación del crecimiento de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ICA Cerinza, bajo estrés salino
Wilmer Alejandro Quintana-Blanco, Elberth Hernando Pinzón-Sandoval, David Fernando Torres 87

Cuantificación voltamétrica de plomo y cadmio en papa fresca
Yuri Lorena Moreno Mariño, José Mauricio García Colmenares, Sandra Patricia Chaparro Acuña 97

Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia
Hernando Criollo Escobar, Tulio César Lagos Burbano, Tito Bacca Ibarra, Johanna Alixa Muñoz Belalcazar 105

Efectos del cruzamiento entre las razas de conejos Nueva Zelanda y California sobre caracteres de la camada al destete
Fernando Gallego 115

Estimación de parámetros genéticos para peso y talla a diferentes edades en yamú (*Brycon amazonicus*)
Felipe Bernal, Fernando Gallego 123

Frecuencia de hematozoarios en bovinos de una región del caribe colombiano
Alfonso Calderón, Nicolás Martínez, Haydée Iguarán 131

Prevalencia de fasciolosis bovina en una zona de Caldas Colombia con evidencias de la enfermedad
Etna Giraldo Pinzón, Jorge Pérez Cárdenas, Sandra Aguilar Marín, Sergio Linares Villalba 139

Prevalencia de otitis parasitaria por *Rhabditis* sp. en empresas ganaderas Gyr en Córdoba (Colombia).
Alfonso Calderón, José Cardona, Marlene Vargas 149

MORFOLOGIA DE FRUTOS E SEMENTES DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS CULTIVADOS EM AMBIENTE PROTEGIDO

MORPHOLOGY OF FRUITS AND SEEDS OF CITRUS ROOTSTOCKS GROWN IN GREENHOUSE CONDITION

Andrés Iván Prato Sarmiento[1], Julio Cesar Giuliani[2], Paulo Vítor Dutra de Souza[3]

[1] Eng. Agrônomo, M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomia. Universidad de Pamplona, km 1 Vía Bucaramanga, Campus Universitario, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, e-mail: aipratos@unal.edu.co; [2] Eng. Agrônomo, M.Sc., doutorando, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 7712, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, e-mail: juliocgiuliani@yahoo.com.br; [3] Eng. Agrônomo, M.Sc., Ph.D, Professor titular – Pesquisador, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 7712, Rio Grande do Sul Porto Alegre, Brasil, e-mail: pvdsouza@ufrgs.br

Rev. U.D.C.A Acr. & Div. Cient. 19(1): 17-24, Enero-Junio, 2016

RESUMO

O ambiente de cultivo pode influenciar a morfologia dos frutos, bem como tempo de germinação e viabilidade das sementes para a obtenção dos porta-enxertos cítricos. Objetivou-se determinar as características morfológicas dos frutos e o comportamento germinativo de sementes de sete cultivares porta-enxertos de citros cultivados em ambiente protegido. Foram avaliados os porta-enxertos citrangeiros 'FEPAGRO C13', 'FEPAGRO C37' e 'Troyer' (*Poncirus trifoliata* [L] Raf. x *Citrus sinensis* [L.] Osb.), a tangerineira 'Sunki' (*Citrus sunki* Hort. ex Tan.), o limoeiro 'Volkameriano' (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.), o trifoliata (*P. trifoliata*) e o citrumeleiro 'Swingle' (*P. trifoliata* x *Citrus paradisi*). Empregou-se o delineamento interiamente casualizado, com três repetições de treze frutos por cultivar. Mediu-se o diâmetro e comprimento e a massa por fruto. Foi calculado o número de frutos e de sementes viáveis por caixa de colheita (25kg). As sementes viáveis destes frutos foram colocadas em câmara de germinação e crescimento tipo B.O.D. O citrumeleiro 'Swingle' produziu frutos maiores e com maior massa, a tangerineira 'Sunki' produziu os menores, e as demais cultivares produziram frutos com padrão intermediário às anteriores. São necessários 87,7 frutos de citrumeleiro 'Swingle' para preencher uma caixa de colheita e mais de 1.051,7 frutos de tangerineira 'Sunki' para o mesmo volume. As sementes de tangerineira 'Sunki' e do limoeiro 'Volkameriano' apresentaram maior velocidade de germinação em relação aos outros porta-enxertos, com 75% de germinação aos 30 dias após a semeadura. Matrizes de porta-enxertos de citros cultivados em ambiente protegido produzem sementes viáveis e poder germinativo próximo a 80%.

Palavras chave: Sistema de propagação, germinação, citricultura, casa de vegetação.

SUMMARY

The environment the crop can influence the morphology of the fruit, as well as the time of germination and the viability of the seeds, for obtaining the citrus rootstocks. The objetive of this work was to determine the morphological characteristics of the fruits, and the germination performance of the seeds of seven cultivars of citrus rootstocks cultivated in a greenhouse. The rootstocks evaluated were: citranger 'FEPAGRO C13', 'FEPAGRO C37' and 'Troyer' (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf. x *Citrus sinensis* [L.] Osb.), 'Sunki' mandarin (*Citrus sunki* Hort. ex Tan.), lemon 'Volkamer' (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.), trifoliate (*P. trifoliata*) and citrumelo 'Swingle' (*P. trifoliata* x *Citrus paradisi*). A completely randomized design was used, with tree repetitions of 13 fruits per cultivar. Fruit diameter, length and mass were measured. Number of viable seeds and fruits by harvest box (25kg) was calculated. The viable seeds of these fruits were put in a germination and a growth B.O.D type chamber. The citrumelo 'Swingle' produced larger and heavier fruit, while the tangerine 'Sunki' produced the smallest fruit, and the other cultivars produced fruits with a pattern between the two. It takes 87,7 of citrumelo fruit 'Swingle' to fill a harvest box and more than 1.051,7 of

El Consejo Editorial y el Comité Científico desean expresar sus agradecimientos a todas las personas quienes colaboraron en la evaluación de los artículos publicados en este fascículo. Nuestra gratitud a su invaluable gestión. En reconocimiento publicamos, a continuación, sus nombres:

Ph.D. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui, U.A. de San Luis Potosi, México
Ph.D. Javier Giovanni Álvarez Herrera, UPTC, Tunja, Colombia
M.Sc. Germán Barón Castañeda, U. Bosque, Bogotá Colombia
Ph.D. Fernando Vicente Barraza Álvarez, U. de Córdoba, Montería, Colombia
M.Sc. Yeis Miguel Borré Ortiz, U. Libre, Seccional Barranquilla, Colombia
M.Sc. Claudia Isabel Brieva Rico, U. N. de Colombia, Bogotá
Ph.D. Jesus H. Camacho Tamayo, U.N. de Colombia, Bogotá
Ph.D. Luis Rógerio Cansian, URI do Alto Uruguai e das Missões, Brasil
Ph.D. Carlos Iván Cardozo Conde, U.N. de Colombia, Palmira
Ph.D. Gloria Mabel Carrillo González, U.N. de Colombia, Bogotá
M.Sc. Anastasia Cruz Carrillo, UPTC, Tunja, Colombia
Ph.D. Xavier Domene Casadesús, U. Autónoma de Barcelona, España
Ph.D. Jorge D. Etchevers Barra, COLPOS, Chapingo, México
M.Sc. Alejandro Farieta Barrera, Universitaria Agustiniana, Bogotá
Ph.D. Débora Rochelly Alves Ferreira, Brasil
Ph.D. Evandro Fiorin, U.E. Paulista, São Paulo, Brasil
M.Sc. Lederson Gañán Betancur, Washington State U., EE.UU.
Ph.D. Miguel Ángel Gómez Mendoza, U. Tecnológica Pereira, Colombia
Ph.D. Edeltrudes Lima Oliveira, U.F. de Paraiba, Brasil
Ph.D. Patricia Verônica Pinheiro Sales Lima, U.F. do Ceará, Brasil
M.Sc. Santiago Madrigal Martínez, U.N. Agraria la Molina, Lima, Perú
M.Sc. Saturnino Marca Vilca, U.N. del Altiplano - Puno, Perú
Ph.D. Yacenia Morillo Coronado, U. Llanos, Villavicencio, Colombia
Ph.D. Olman Murillo Gamboa, Instituto Tecnológico de Costa Rica
Ph.D. Mario Orozco Santos, INIFAP, México
Ph.D. Jaime León de la Ossa Velásquez, U. de Sucre, Sincelejo, Colombia
M.Sc. Wilson Andrés Parra Chico, U.N. de Colombia, Bogotá
Ph.D. Henry Reyes Pineda, U. del Quindío, Armenia, Colombia
M.Sc. John Jader Rivera Usme, Secr. de Educación, Armenia, Colombia
M.Sc. Luis Enrique Rodríguez Rodríguez, Centro Inmunología y Biopreparados, Holguin, Cuba
Ph.D. Mario Rodríguez Monroy, Inst. Politécnico Nal., Morelos, México
Ph.D. José Siles González, U. de Alicante, España
Ph.D. Juan Carlos Suárez Salazar, U. Amazonía, Florencia, Colombia
Ph.D. Martha Cecilia Suárez Alfonso, U.N. de Colombia, Bogotá
M.Sc. César Enrique Tamaris Turizo, U. Magdalena, Sta Marta, Colombia
Ph.D. Molly Tun, U. Minnesota, Minneapolis, Minnesota, EE.UU.
M.Sc. Maisabel Ureta Adrianzén, Jardín Botánico Missouri, Progr. Perú
Ph.D. Marlene Isabel Vargas Viloria, U.F. de Viçosa, Brasil
Ph.D. Edmar Soares de Vasconcelos, U.E. do Oeste do Paraná, Brasil

NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE ARTÍCULOS E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

MISIÓN: La Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica tiene como propósito fomentar y difundir el conocimiento científico, a través de la publicación de resultados de las investigaciones llevadas a cabo por los docentes-investigadores de las diversas facultades de la Universidad y de los hallazgos proporcionados por otros investigadores de instituciones nacionales o internacionales e informar a la sociedad en general, sobre la gestión institucional en la docencia, la investigación, la proyección social, el bienestar social universitario y los aspectos administrativos. Es una revista de orden multidisciplinario, lo que le permite abarcar temáticas concernientes con Ciencias de la Salud, Ciencias del Sector Agropecuario, incluyendo Ciencias y Tecnología de Alimentos, Ciencias Biológicas, Ciencias Sociales Aplicadas, Ingenierías, Ciencias Exactas y de la Tierra y Ciencias Humanas. Participa de la iniciativa open access (acceso abierto), que busca suprimir las barreras de acceso a la literatura científica, facilitando su disponibilidad gratuita, por medio de la red Internet.

PÚBLICO OBJETIVO: Está dirigida, principalmente, a docentes, investigadores y profesionales en las diferentes áreas del conocimiento. Publica dos fascículos anuales, cuyo contenido comprende artículos científicos, artículos técnicos o de revisión y artículos de reflexión, evaluados por árbitros especialistas, tanto internos como externos a la Universidad y del ámbito nacional e internacional.

Para la publicación, se aceptan los siguientes tipos de artículos, en idiomas español e inglés:

1. **Artículos científicos y de desarrollo tecnológico:** Inéditos, basados en resultados originales, derivados de proyectos científicos o de desarrollo tecnológico finalizados.

2. **Artículos técnicos o de actualización o de revisión:** Estudios realizados para proporcionar una perspectiva general del estado de un tema específico de la ciencia y de la tecnología, de su evolución a través del tiempo y donde se señalan las perspectivas futuras. Los autores demostrarán autoría, conocimiento y dominio del tema, discutiendo los hallazgos de los autores citados, conjuntamente con los propios. Este artículo, se caracteriza por tener por lo menos 50 referencias bibliográficas; por fascículo, se publican máximo tres artículos de esta tipología.

3. **Artículos de reflexiones originales sobre un problema o tópico particular:** Documentos inéditos, que reflejan los resultados de los estudios y el análisis sobre un problema teórico o práctico y que recurren a fuentes originales.

4. **Reporte de caso:** Texto que describe un caso específico, no reportado, de una situación particular encontrada en el quehacer profesional del autor. Incluye una breve introducción, en la que se indica el dónde, cómo y cuándo de la presentación del caso; el resultado, que corresponde a la descripción clara de la situación y una revisión de literatura comentada sobre casos análogos. Los reportes de caso pueden hacer referencia a: efectos adversos de medicamentos y de insumos agrícolas; ocurrencia no esperada de enfermedades o plagas; asociación imprevista entre síntomas y enfermedades; presentación, diagnóstico o manejo de problemas sanitarios nuevos o emergentes; eventos no esperados en tratamientos de animales o controles de plagas, entre otros.

5. **Nota Técnica:** corresponde a un reporte de un método, de una técnica o de un procedimiento nuevo, comparado con las técnicas previamente empleadas en investigaciones y mostrando resultados de estas evaluaciones, estadísticamente analizados. Incluye la discusión de las ventajas o las desventajas de la nueva tecnología.

Por fascículo, se reciben máximo dos artículos tipo 4 y 5. Los procesos de revisión, tanto para el Reporte de Caso como para la Nota Técnica serán los mismos que para los otros tres tipos de artículos, que acepta la revista.

Los manuscritos, elaborados en tercera persona, deben ser entregados al Editor de la Revista (Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, Calle 222 No. 55-37, Bogotá, D.C., rev.udca@udca.edu.co), en físico, en original y copia y en medio magnético; letra Arial 12, espacio entre caracteres normal, indicando el procesador de texto y fuente. Se exige tamaño carta, doble espacio entre líneas y entre parágrafos, exceptuando Resumen, Summary y Bibliografía; márgenes 4x3x3x3cm (izquierda, derecha, arriba, abajo, respectivamente); la sangría y el espaciado -en Diseño de página, sección párrafo-, todos con valor cero (0). Los Reportes de Caso y la Nota Técnica no presentarán ni Resumen ni Summary, pero sí los demás capítulos; el número de páginas permitido es de máximo 12, con dos ilustraciones únicamente. Los escritos correspondientes a los tipos 1, 2 y 3 no deben exceder de 25 páginas, incluyendo bibliografía, tablas, figuras e imágenes. Se recomienda no exceder de 30 las referencias bibliográficas actualizadas en los artículos tipo 1 y 3. Para

artículos técnicos o de revisión, se aceptan, excepcionalmente, hasta 30 páginas. El número máximo del conjunto de ilustraciones (tablas, cuadros, figuras, gráficas, imágenes), para los manuscritos de tipología 1, 2 y 3 es de seis; cada una se coloca en página aparte, al final del texto, después de la Bibliografía.

La estructura del manuscrito debe seguir los pasos del método científico, es decir, la organización en: **TÍTULO PRINCIPAL-.** En mayúsculas, conciso y sin abreviaturas, sin exceder los 140 caracteres, incluyendo espacios, signos de puntuación y nombres científicos; además, se debe colocar el título en idioma inglés; los autores deben sugerir un **TÍTULO BREVE**, de máximo 40 caracteres, incluyendo los espacios, que será incluido en las páginas impares de la revista, junto con el apellido del (los) autor (es); **Autores-.** Se indica el nombre y apellido(s), en orden de contribución al artículo, indicando el título académico y una única filiación institucional, la dirección de correspondencia completa, que comprenda la ciudad, el departamento y el país y la dirección electrónica institucional, preferiblemente; estos datos, se ubican debajo de los títulos (español e inglés); **RESUMEN-.** Un máximo de 250 palabras, en un sólo párrafo, a espacio sencillo; debe ser claro y conciso, despertar el interés del lector y dar información sobre el problema, la justificación del estudio, los objetivos, la metodología y los resultados obtenidos; **PALABRAS CLAVE-.** Máximo cinco y se recomienda utilizar palabras clave normalizadas, incluidas en descriptores, reseñadas en, por ejemplo, www.nlm.nih.gov/mesh/, www.decs.bvs.br, CAB Thesaurus, lo que permitirá mayor visibilidad del artículo y, al final de ellas, indicar de qué Thesaurus fueron seleccionadas; **SUMMARY-.** Traducción del resumen en idioma inglés. **KEY WORDS-.** Traducción de las palabras clave al idioma inglés.

El texto contiene, fundamentalmente, los siguientes capítulos: **INTRODUCCIÓN**, que comprende la revisión de literatura pertinente; **MATERIALES Y MÉTODOS**, **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** y, finalmente, **BIBLIOGRAFÍA**. Las conclusiones y, si se justifica recomendaciones, se incluyen bajo resultados y discusión. Si se decide dar **Agradecimientos**, se colocan antes de la bibliografía. Los autores deben incluir, además: Conflictos de intereses (subtítulo), por ejemplo: "El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados" y Financiación (subtítulo), es decir, destacar la fuente, como por ejemplo: "Este estudio fue financiado por Colciencias y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A".

Las citas bibliográficas en el texto deben contener los apellidos del autor y entre paréntesis al año de publicación; cuando los autores son más de dos, se utiliza la expresión en latín *et al*. en cursiva. Si la cita se coloca al final de una frase, tanto el autor como el año de publicación, van entre paréntesis. La **BIBLIOGRAFÍA** citada, se coloca en orden alfabético y numerado, evitando numeración automática; la segunda línea de cada referencia se inicia a 1,5cm. **Nota:** Los resúmenes de congresos y comunicaciones personales que reposan en archivos de oficinas, así como los trabajos de grado, de tesis y de disertaciones doctorales no se aceptan como referencias. Las referencias de un artículo publicado en una revista deben contener: autor(es) en mayúscula, año de publicación, título del artículo, nombre de la revista, país de origen de la revista, siempre y cuando no se incluya en el título. Volumen, número y páginas (p.). Ejemplo: CABEZAS, M. 1998. Papel de calcio en la relación fuente demanda de asimilados en la respuesta de las plantas al stress. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia). 1(1):38-48. La referencia de un libro debe contener: Autor(es) en mayúscula, año de publicación. Título, Editorial. Lugar de impresión. Páginas. Ejemplo: MARGALEFF, R. 1988. Ecología. Ed. Omega (España). 951p. Al citar autores que participaron con un capítulo en un libro, se procede de la siguiente manera: Autor(es) del capítulo. Año de publicación. Título del capítulo. Editores del Libro. Título del libro. Editorial. Lugar de impresión. Páginas del capítulo. Ejemplo: ARÉVALO, J. 1999. Organoclorados en la agricultura. En: Posada, J.G.; Bermúdez, F.G. (eds). Actualidad y futuro de los pesticidas de uso agrícola. Ed. McGraw Hill (New York). p.28-53. Para citas de recursos electrónicos (revistas), se debe consultar: ISO.1998. International Standard ISO 690-2. Information and Documentation – Bibliographic References – Part 2: Electronic documents or parts thereof. International Organization for Standardization. Ottawa. Canada. Disponible desde Internet en: http://www.nlc-bnc.ca/iso/tc46sc9/standard/690-2e.htm [con acceso el 01/01/1999]. En general, se sigue la norma de citación de un artículo tomado de una revista seriada, seguido de: Disponible desde Internet en: http://(con acceso fecha exacta consulta).

Los artículos que cumplen estas condiciones, se someten a la evaluación, tanto del Comité Editorial de la Revista como de referís externos, anónimos, nacionales e internacionales, especialistas en el tópico tratado.

NORMAS PARA A ELABORAÇÃO DE ARTIGOS E INSTRUÇÕES PARA OS AUTORES

MISIÓN: A Revista U.D.C.A Atualidade & Divulgação Científica tem como objetivo principal divulgar o conhecimento cientifico, através da publicação de resultados das pesquisas desenvolvidas por professores- pesquisadores dos diferentes departamentos da universidade de pesquisadores de outros organismos nacionais e internacionais, bem como a de atualizar à comunidade universitária e em general à sociedade, sobre a gestão institucional na docência, a investigação, a extensão, bem-estar social universitário e aspectos administrativos. É uma revista de ordem multidisciplinario, o que lhe permite publicar temáticas relacionadas com o setor saúde, o setor agropecuário, o setor social-humanístico, o setor econômico e todos os estudos básicos afins. Participa da iniciativa open access (acesso aberto), que procura suprimir as barreiras de acesso à literatura científica, facilitando sua disponibilidade gratuita através da rede Internet.

PÚBLICO OBJETIVO: Está dirigida, principalmente, a professores, pesquisadores e profissionais, nas diferentes áreas do conhecimento. Publica dois volumes anuais, cujo conteúdo compreende artigos técnicos ou de revisão, artigos de reflexão e artigos científicos, avaliados por especialistas, tanto internos como externos à Universidade e do âmbito nacional e internacional.

Para a publicação, aceitam-se os seguintes tipos de artigos:

1. **Artigos científicos e de desenvolvimento tecnológico:** inéditos, baseados em resultados originales derivados de projetos científicos e/ou desenvolvimento tecnológico concluidos.

2. **Artigos técnicos ou de atualização ou de revisão:** estudos realizados para proporcionar uma perspectiva geral do estado de um tema específico da ciência e da tecnologia, da sua evolução através do tempo e onde se assinalam as perspectivas futuras. Os autores demonstrarão autoria, conhecimento e domínio do tema, discutindo os descobrimentos dos autores citados, conjuntamente com os próprios. Este artigo, caracteriza-se por ter pelo menos 50 referências bibliográficas. Por fascículo, publicam-se máximo três artigos deste tipo.

3. **Artigos de reflexões originais sobre um problema ou tópico particular:** documentos inéditos que refletem os resultados dos estudos e a análise sobre um problemateórico ou prático e que recorrem a fontes originais.

4. **Reporte:** texto que descreve um caso específico, não reportado, de uma situação particular encontrada no dia a dia profissional do autor. Inclui uma breve introdução, na que se indica aonde, como e quando se apresentou o caso, o resultado, que corresponde à descrição clara da situação, junto com uma revisão de literatura comentada sobre casos idênticos. Podem fazer referência a: efeitos adversos de medicamentos e de insumos agrícolas, ocorrência não esperada de doenças ou pragas, associação imprevista entre sintomas e doenças, apresentação, diagnóstico e/ou manejo de problemas sanitários novos ou emergentes, episódios não esperados em tratamentos de animais ou controles de pragas, entre outros.

5. **Nota Técnica:** corresponde a um reporte de um método, de uma técnica ou de um procedimento novo, comparado com as técnicas previamente empregadas em pesquisas, e mostrando resultados destas avaliações, estatisticamente analisados. Inclui a discussão das vantagens ou desvantagens da nova tecnologia.

Por fascículo se recebem máximo dois artigos tipo 4 e 5. Os procedimentos de revisão, tanto para o Reporte como para a Nota Técnica serão os mesmos que para os outros três tipos de artigos que recebe a revista.

Os manuscritos elaborados na terceira pessoa devem ser entregados em físico, em original e cópia e em meio digital; letra Arial 12, espaço entre caracteres normal, indicando o processador de texto e fonte à Editor da Revista (Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, Calle 222 No. 55-37, Bogotá, D.C., rev.udca@udca.edu.co). Exige-se tamanho carta, espaço duplo, excetuado Resumo, Summary e Bibliografia; margens 4x3x3x3cm (esquerda, direita, acima, abaixo, respectivamente); a sangría e o espaçado (em Desenho de página, seção parágrafo, todos com valor zero) (0). Reportes não apresentarão nem resumo nem summary, mas sim os demais capítulos; o número de páginas permitido é de máximo 12 com máximo duas ilustrações, tanto para um Reporte como para a Nota Técnica, que sim contém todos os capítulos de um artigo. O escrito, tipo 1, 2 y 3, não deve exceder de 25 páginas, incluindo bibliografia, tabelas, figuras e imagens. Para artigos técnicos ou de revisão, aceitam-se, excepcionalmente, até 30 páginas. O número máximo do conjunto de tabelas, de figuras e de imagens para artigos tipo 1, 2 y 3 é de seis.

A estrutura do texto deve seguir os passos do método científico, isto é, a organização em **TÍTULO PRINCIPAL:** em maiúsculas, preciso e sem abreviaturas, sem exceder os 140 caracteres, incluindo espaços, sinais de pontuação e nomes científicos; ademais, deve-se colocar o título em idioma inglês. Os autores devem sugerir um **TITULO BREVE,** de máximo 40 caracteres, incluindo os espaços, que será incluso nas páginas ímpares da revista, junto com o sobrenome do (os) autor (é). **AUTORES:** indica-se o nome e somente o primeiro sobrenome, em ordem de contribuição ao artigo, indicando o título acadêmico e uma só instituição à qual pertencem, a direção de correspondência completa, que compreenda a cidade, o estado ou departamento e o país, e a direção eletrônica institucional, preferivelmente. Estes dados, localizam-se embaixo dos títulos (espanhol e inglês). **RESUMO:** um máximo de 250 palavras, num só parágrafo, a espaço simples; deve ser claro e preciso, lembrar o interesse do leitor e dar informação sobre a justificativa, os objetivos, a metodologia e os resultados obtidos.

PALAVRAS CHAVES: máximo cinco. Recomenda-se utilizar palavras chaves normatizadas, incluídas em descriptores, descritas em, por exemplo, www.nlm.nih.gov/mesh/, www.decs.bvs.br, CAB Thesaurus; isto, permitirá maior visibilidade do artigo e ao final delas, indicar de que Thesaurus foram selecionadas. **SUMMARY**: Tradução do resumo em idioma inglês. **KEY WORDS**: Tradução das palavras chaves ao idioma inglês

O texto contém, fundamentalmente, os seguintes capítulos: **INTRODUÇÃO**, que compreende a revisão de literatura relacionada, **MATERIAIS E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO** e, finalmente, **BIBLIOGRAFIA**. As conclusões e, se justifica, recomendações, incluem-se sob resultados e discussão. Se se decide dar **AGRADECIMENTOS**, colocam-se antes da bibliografia. Os autores devem incluir ademais: Conflitos de interesses (subtítulo), por exemplo: "O manuscrito foi preparado e revisado com a participação de todos os autores, quem declaramos que não existe nenhum conflito de interesses que ponha em risco a validez dos resultados apresentados" e Financiamento (subtítulo), isto é, destacar a fonte, como por exemplo: "Este estudo foi financiado por Colciencias e a Universidade de Ciências Aplicadas e Ambientais U.D.C.A."

As citações bibliográficas no texto devem conter os sobrenomes do autor e entre parêntese o ano de publicação; quando os autores são mais de dois, utiliza-se a expressão em latim et al. Se a citação se coloca ao final de uma frase, tanto o autor como o ano de publicação, vão entre parêntese. A BIBLIOGRAFIA citada se coloca em ordem alfabética e numerada. **Nota**: os resumos de congressos e comunicações pessoais que descansam em arquivos de escritórios, bem como os trabalhos de graduação e de tese, não se aceitam como referências.. As referências de um artigo publicado numa revista devem conter: Autor (es) em maiúscula, ano de publicação, título do artigo, nome da revista, país de origem da revista, desde que não esteja incluso no título. Volume, número e páginas (p.). Exemplo: CABEZAS G., M. 1998. Papel do cálcio na relação fonte demanda de assimilados na resposta das plantas ao stress. Revista U.D.C.A Atualidade & Divulgação Científica (Colômbia) 1(1):38-48. A referência de um livro deve incluir: Autor (es) em maiúscula, ano de publicação. Título, Editorial. Lugar de impressão. Páginas. Exemplo: MARGALEFF, R. 1988. Ecologia. Edit. Omega (Espanha). 951p. Se citam autores que participaram com um capítulo num livro, procede-se da seguinte maneira: Autor(es) do capítulo. Ano de publicação. Título do capítulo. Editores do Livro. Título do livro. Editorial. Lugar de impressão. Páginas do capítulo. Exemplo: ARÉVALO, J. 1999. Organoclorados na agricultura. Em: Posado J. G.; Bermúdez, F.G. eds. Atualidade e futuro dos pesticidas de uso agrícola. Edit. McGraw Hill (New York). p.28-53. Para citações de recursos eletrônicos (revistas), deve-se conferir: ISO.1998. International Standard ISO 690-2. Information and Documentation – Bibliographic References – Part 2: Electronic documents or parts thereof. International Organization for Standardization. Ottawa. Canada. Disponível desde Internet em http://www.nlc-bnc.ca/iso/tc46sc9/standard/690-2e.htm [com acesso 01/01/1999] ou http://www.entomología.rediris.é/aracnet/num1/estilo.htm. Em general se segue a norma de citação de um artigo tomado de uma revista seriada, seguido de: Disponível desde Internet em http:// (com acesso data exata consulta).

Os artigos que cumprem estas condições, submetem-se à avaliação, tanto do Comitê Editorial da Revista como de árbitros externos, anônimos, especialistas no tópico tratado.

GUIDELINES FOR MANUSCRIPT PREPARATION AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

MISSION: The main purpose of the U.D.C.A Actuality & Divulgation Journal is to promote scientific knowledge through the publication of research results, achieved by the academic personnel of the diverse faculties of the University as well as the discoveries made by researchers of other national and international institutions, and to inform the society about institutional education management, research, social impact, the university well-being and its administrative aspects. This is a multi-disciplinary journal that allows the inclusion of topics related mainly to the health sciences, agro-pecuarian sciences, including food technologies, biological sciences, the social-humanistic sector and economics. This is an open-access initiative, seeking to abolish the access barriers to scientific literature, permitting its free availability through Internet.

TARGET PUBLIC: It is geared towards professors, researchers and professionals in the diverse areas of knowledge. It is published twice a year; containing technical or review papers, original papers of reflection and scientific papers, which are peer-reviewed by external, national or foreign referees, specialist in the treated topic.

The journal accepts for publication three types of manuscripts:

1. **Scientific and technological developmental papers**: unpublished, based on original results derived from scientific projects and/or finished research regarding a technological development.

2. **Technical, actualization or review papers**: studies undertaken to provide a general perspective of a specific topic in science or technology, its evolution through time, pointing out the future perspectives. Authors will demonstrate authority, knowledge and dominion of the topic, discussing the findings of the cited authors, together with proper results. This paper is characterized by containing at least 50 bibliographical references. Per issue a maximum of three review papers are published.

3. **Reflection about a problem or particular topic:** unpublished documents which reflect results of studies and the analysis of a theoretical or practical problem and relay on original sources.

4. **Case report:** text that describes a specific, non-reported case, of a particular situation found during the professional work of the author. It includes a brief introduction, presenting the situation; the result corresponds to a clear description of the situation, together with an annotated literature review of analogous cases. Case reports can make reference to the adverse effects of drugs, agrochemicals, unexpected occurrence of diseases or pests, unforeseeable association between symptoms and diseases, presentation, diagnosis and/or management of new or emergent phytosanitary problems, and unexpected events in animal treatments, or pest control, among others.

5. **Technical Note:** it is a report of a method, a technique, or a new procedure, that is compared with previously employed research techniques, showing the results that have been statistically analyzed. It includes a discussion of the pros and cons of the new technique.

For every issue, only two articles type 4 and 5 are accepted. The review process for Case Reports and Technical Notes is the same as for the other three types of articles that the journal receives.

Manuscripts, written using the third-person, are submitted in a printed version, original and copy and a magnetic form; Arial 12, normal space between characters, mentioning its text processor (Word), to the editor (Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, Calle 222 No. 55-37, Bogotá, DC.; rev.udca@udca.edu.co). Page size is 21.59 X 27.94cm, double spaced, excepting resumen, summary and bibliography. Margins are 4x3x3x3cm (left, right, top, bottom, respectively); paragraph indents and spaces (for page design, section paragraph, all should have a cero value). Case reports won't include summary nor resumen, but they include the rest of the chapters. The maximum number of pages is 12, with a maximum of two illustrations. This applies to case reports and technical notes, the latter once do include all the parts of an article. The manuscripts type 1, 2 and 3, including bibliography, tables, graphs and photos, should not exceed 25 pages. It is recommended not to exceed 30 actualized references for manuscritps type 1 and 3.For technical, actualization or review papers, under an exception, up to 30 pages can be accepted. The maximum number of tables, graphs and photos permitted for manuscripts type 1, 2 and 3, is six; each organized in a separate page after the bibliography.

The manuscript structure should follow the steps of the scientific method, organized as: **MAIN TITLE**: in capital letters, concise without abbreviations, not exceeding 140

characters, including spaces, puncture signs and scientific names. Furthermore, the title in English is mandatory. Authors should suggest a **SHORT TITLE** of maximum 40 characters, including spaces, which will be included within the odd pages of the journal, together with the last name(s) of the author(s). **AUTHORS**: the name and only the first last name is indicated in order of contribution, also the academic title and only one institutional affiliation, the complete address, which comprises city, state or department and country and the e-mail, preferentially the institutional one. This information is to be placed below the titles (Spanish and English). **SUMMARY**: Maximum 250 words, one paragraph, single-spaced. It must be clear and concise, written to capture the reader´s interest and presenting information about the justification, objectives, methodology and results obtained. **KEY WORDS**: maximum of five. The use of normalized key words, included in descriptors, as for example in www.nlm.nih.gov/mesh/, www.decs.bvs.br , CAB Thesaurus, is recommended; this allows a higher visibility of the articles; next to them the selected Thesaurus has to be mentioned. **RESUMEN**: translation of summary. **PALABRAS CLAVE**: translation of key words.

Basically the manuscript should include the following chapters: **INTRODUCTION**, which includes the literature revision and antecedents, **MATERIALS AND METHODS**, **RESULTS AND DISCUSSION**, and finally **BIBLIOGRAPHY.** Conclusions and, if relevant, recommendations, form part of results and discussion. If **Acknowledgments** are given, they are posted below results and discussion. Authors have to include the statement of Conflicts of interest (subtitle), for example: "The manuscript was prepared and revised by all authors, who declare the absence of any conflict which can put the validity of the presented results in risk", if necessary, and Finantial support (subtitle), which means to give credit, as for example: "This study was financed by Colciencias and the Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A".

Cited references: citations in the text should be by last name of the author(s), followed by the publication year within parenthesis. When there are more than two authors, the Latin expression et al. is employed. If the reference is mentioned at the end of a sentence, both, author(s) and year are placed in parenthesis, separated by a coma. In the BIBLIOGRAPHY the references are numbered and listed alphabetically by author. **Note:** summaries presented at scientific meetings and personal communications, archived in offices, as well as thesis are not accepted as references. Reference of a cited article published in a journal should contain: author(s) in capital letters, publication year, title of the article, journal name, country of journal's origin, if not included in the journals name. Volume, number and pages. Example: CABEZAS G., M. 1998. Papel del calcio en la relación fuente demanda de asimilados en la respuesta de las plantas al stress. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia). 1(1):38-48. Reference of a book has to include: Author(s) in capital letters, publication year, title, editorial, place of impression and pages. Example: MARGALEFF, R. 1988. Ecología. Ed. Omega (España). 951p. If authors of a chapter published in a book are cited, report as follows: Author(s) of the chapter. Publication year. Title of the chapter. Editors of the book. Title of the book. Editorial. Place of impression. Pages of the chapter. Example: ARÉVALO, J. 1999. Organoclorados en la agricultura. En: Posada, J.G.; Bermúdez, F.G. eds. Actualidad y futuro de los pesticidas de uso agrícola. Ed. McGraw Hill (New Cork). p.28-53. For references of electronic sources consult: ISO. 1998. INTERNACIONAL Standard ISO 690-2. Information and Documentation – Bibliographic References – Part 2: Electronic documents of parts thereof. International Organization for Standardization. Ottawa. Canada. Available form Internet at: http://www.nlc-bnc.ca/iso/tc46sc9/standard/690-2e.htm [accessed 01/01/1999] or http://wwwentomologia.rediris.es/aracnet/num1/estilo.htm. In general, the citation is made in the same manner as with journal article, followed by: Available from Internet in: http//: (accessed exact date).

Manuscripts which fulfill these conditions are submitted to the evaluation of the journals editorial committee and reviewed by external referees, anonymous, specialist in the treated topic.

REVISTA

U.D.C.A

ACTUALIDAD & DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Procedimiento para pedido: Comunicarse con la Editora de la Revista, teléfono: 6688400 ext. 168 – 177 y solicitar remisión del ejemplar requerido. Una vez se registren los datos de envío, debe hacer la consignación respectiva. A vuelta de correo certificado, le llegará el pedido.

Cupón de Suscripción (diligenciar con letra legible)

Nombres y Apellidos: _____

Institución: _____

Dirección: _____

Teléfonos: _____ Ciudad: _____

País: _____

Valor suscripción:

NÚMERO	AÑO	PRECIO
2	2015	$30.000
1	2016	$35.000
2	2016	$35.000

Forma de pago: Consignar a nombre de U.D.C.A, Cuenta Nacional Banco de Bogotá No. 08500697-1, el valor respectivo y enviar comprobante de consignación escaneado, al correo electrónico de la revista, anexando cupón de suscripción diligenciado. Mayores informes o reclamaciones en el teléfono (57-1) 6684700 ext. 177 - 168 o rev.udca@udca.edu.co.

Disposición para canje: Solicitar directamente a la Biblioteca – SIDRE, con el Licenciado Rodrigo Gómez Fernández – Director, al teléfono 6684700 ext. 126 o al correo electrónico: bibliote@udca.edu.co.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A
Calle 222 No. 55-30, Bogotá, D.C. – Colombia
P.B.X.: 6684700

www.udca.edu.co

Confía en 4-72,
el servicio de envíos
de Colombia

Línea de atención al cliente:
(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional

www.4-72.com.co