

---

## EDITORIAL

# LA TRANSFORMACIÓN DEL PEI EN LA U.D.C.A

Germán Anzola Montero  
Rector

En el período comprendido entre el 2011 y 2013, la U.D.C.A desarrolló el proceso de autoevaluación institucional, no sólo con el propósito de lograr su Acreditación, sino de identificar debilidades y fortalezas, para lo cual, se llevó a cabo la revisión y la actualización del Proyecto Educativo Institucional -PEI- aprobado en el 2004 y en ejecución hasta el 2013.

Elaborar el nuevo PEI, ha sido un reto, dadas las actuales exigencias planteadas a las universidades colombianas en múltiples estudios y diagnósticos, a los cuales, se ha sometido la educación superior del país. De igual manera, las realidades nacional e internacional y, en particular lo ocurrido en las universidades de América Latina, han sido objeto de estudio y de reflexión.

El proceso adelantado está centrado bajo el concepto de RESIGNIFICACIÓN del PEI, vigente hasta el 2013. Dicho ejercicio, se propuso a iniciativa del Comité de Dirección de la Universidad, con amplia consulta y revisión de la totalidad de las directivas académicas y de los estamentos docente y estudiantil de la Institución.

El proceso de resignificación ha implicado revisar la concepción formativa, con la cual, educamos a nuestros estudiantes, para lo que se propone una formación integral basada en la construcción de su propio conocimiento y la cualificación permanente de la calidad de vida de todos quienes participan de este proyecto educativo. Además, de integrarse a la comunidad académica, a partir de la participación activa, permanente e incondicional y promover la apropiación y la generación del saber y la inculcación de valores.

Redefinir o revisar la ruta orientadora de la Institución trajo como resultado la resignificación del Proyecto Educativo Institucional, lo que implicó entender el PEI como un lugar de referencia a partir del cual deben reorientarse las estrategias académicas, organizacionales y financieras de la Institución.

En consecuencia, la resignificación implicó organizar, modificar, redefinir e incorporar nuevos elementos y, en este sentido, el PEI 2013 es el resultado de una nueva perspectiva, una manera de concebir e interpretar las circunstancias actuales y los referentes que la acompañan. Como proceso,

ha permitido recrear los fundamentos del PEI 2004, para redefinir la Institución desde una nueva realidad. No debemos desconocer que la U.D.C.A ha transitado por varias etapas institucionales: Institución Universitaria Univocacional (Ciencias Agropecuarias), Institución Universitaria en búsqueda de la universalidad y, finalmente, su reconocimiento como Universidad.

La resignificación implicó modificaciones de forma y de fondo. De un documento extenso, con el cual se describía el PEI 2004, se logró un documento PEI 2013 más concreto y explícito en su contenido, ya que se sintetizaron las bases conceptuales en un espacio menor, para transmitir, de manera más efectiva a la comunidad universitaria, los elementos esenciales de forma clara y comprensible. De igual manera, con el objeto de comprender el verdadero alcance de la denominada resignificación, se implantó una metodología participativa. Así, evolucionamos de un PEI 2004, diseñado por los niveles de la alta dirección, a un PEI 2013, construido colectivamente.

Respecto de la Misión y la Visión fueron redefinidas de acuerdo con los resultados del proceso de autoevaluación, afirmando la identidad y el carácter Institucional, para una Universidad en crecimiento y franco desarrollo.

En cuanto a su contenido, se puede apreciar en el cuadro 1, la manera como se concibió su estructura.

Es de señalar que la organización y la articulación del PEI 2013 está basada en funciones sustantivas, dimensiones transversales y ejes de apoyo, en lo que lo sustancial es aquello que hace parte fundamental, es decir, se refiere aquellas funciones *sine qua non* la Institución no podría desarrollar sus preceptos fundacionales; la dimensión comprende la delimitación, el alcance y la proyección de lo sustancial y a pesar de su importancia, las dimensiones no son inherentes a los elementos fundacionales, sino que los dinamiza y potencializa y, finalmente, lo transversal se refiere a la capacidad de las mismas dimensiones de atravesar y permear la actividad institucional. Ahora bien, por eje se entiende el soporte esencial de las funciones sustantivas y junto a las dimensiones transversales se hace posible su dinamismo y proyección.

Cuadro 1. Confrontación de los contenidos del Proyecto Educativo Institucional.

<b>CONTENIDO PEI 2004</b>	<b>CONTENIDO PEI 2013</b>
MISIÓN, VISIÓN	INTRODUCCIÓN
PROPÓSITOS INSTITUCIONALES Y PRINCIPIOS ORIENTADORES	1. DEFINICIÓN 1.1. RESIGNIFICACIÓN DEL PEI 1.2. PRINCIPIOS INSTITUCIONALES 1.3. VALORES INSTITUCIONALES
VALORES INSTITUCIONALES	2. MISIÓN Y VISIÓN 2.1. MISIÓN 2.3. VISIÓN
ESTRUCTURA ORGÁNICA	3. FUNCIONES SUSTANTIVAS 3.1. DOCENCIA 3.2. INVESTIGACIÓN 3.3. PROYECCIÓN SOCIAL
PLANEACIÓN	4. DIMENSIONES TRANSVERSALES 4.1. BIENESTAR SOCIAL UNIVERSITARIO 4.2. INTERNACIONALIZACIÓN
CAMPOS DE ACCIÓN Y PROGRAMA DE CIENCIAS BÁSICAS SOCIALES Y HUMANAS	5. EJES DE APOYO 5.1. PLANEACIÓN, AUTOEVALUACIÓN, AUTORREGULACIÓN 5.2. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES 5.3. GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA
RECURSOS INSTITUCIONALES	
BIENESTAR SOCIAL UNIVERSITARIO	
SUBSISTEMA ADMINISTRATIVO Y ECONÓMICO - FINANCIERO	

Sobre los Principios y Valores acogidos, el PEI 2004 desglosaba como principios orientadores las bases conceptuales expresadas en su Misión y que comprendían los siguientes valores institucionales: respeto, pertenencia, responsabilidad, disciplina, lealtad, solidaridad, equidad, identidad nacional, compromiso ambiental. En cambio, el PEI 2013, precisa y aborda los principios desde la óptica normativa a nivel de la Ley General de la Educación, los ordenamientos particulares de la Institución y con una fuerte inspiración constitucionalista se define: “La Educación como un derecho y un servicio público cultural con función social; la libertad de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra; el respeto a la dignidad de la persona; la formación para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente; el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; la autonomía universitaria; la participación de la comunidad

educativa en la dirección de la Institución; la promoción a favor de los grupos discriminados y marginados” (PEI 2013, p. 7). Para la selección de los valores consignados en el PEI 2013, se promovió, a través de un foro en el que participaron docentes, directivos, estudiantes, administrativos, de tal manera que, como resultado del mismo, se mantuvo la lealtad y se delimitaron los siguientes: excelencia, respeto, transparencia, responsabilidad social e igualdad.

La Función Sustantiva de Docencia, abordada ampliamente en el PEI 2004, desarrolla los siguientes aspectos: principios y políticas, pedagogía y didáctica, diseños curriculares, formación integral, saber ambiental, internacionalización del conocimiento, flexibilidad curricular, evaluación. Además, parte de la premisa que “el estudiante es el centro del proceso educativo, por tanto, aporta a su formación en las dimen-

siones del saber, saber hacer y saber ser” (PEI 2013, p. 11). Igualmente, se armoniza y precisa lo consignado en el PEI 2004 y aborda la actividad docente desde tres componentes: estudiantes, profesores y proceso educativo. Así mismo, ofrece una clara articulación con las otras dos funciones sustantivas; la investigación y la proyección social.

En cuanto a la resignificación del PEI 2013 en la función sustantiva de la Investigación, corresponde a este proceso de precisión de sentidos, alcances y fines, que constituyen el fundamento de la intención formativa y de la visión Institucional. De esta manera, se determinó la importancia y el significado de la pertinencia social y cultural de la investigación, de manera que la consulta de la realidad nacional, especialmente en el contexto del desarrollo sostenible, sea una constante de la actividad investigativa, tanto desde la generación de nuevo conocimiento científico y tecnológico, como desde la formación de las nuevas generaciones de profesionales en los diferentes niveles académicos.

Por otro lado, se determina la importancia que la transmisión, difusión, transferencia y apropiación social del conocimiento, generado por la investigación, sea un propósito permanente de la investigación, de manera tal que haya una clara articulación con la docencia y la proyección social, pues tanto en la formación como en las acciones con la comunidad, el uso y aplicación del conocimiento son distintivos de la excelencia académica de la Universidad.

Por último, se subraya el papel que cumple la investigación formativa en el logro de la formación integral pretendida por la misión institucional, enfatizando así la importancia que tiene el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico y de la capacidad de indagación en la concepción de una formación de excelencia (Daza, 2014).

La denominación de Extensión en el PEI 2004, evidencia su concepción restrictiva hacia la “interacción e integración con los agentes sociales y comunitarios” (PEI 2004, p. 35). En cambio, el PEI 2013, amplía su radio de acción: “La pro-

yección social es entendida como toda aquella actividad de inserción e intercambio entre la universidad y la sociedad, en el entorno local, regional, nacional e internacional, como resultado de los procesos de docencia, investigación e innovación que desarrolla la institución y como resultado del conocimiento y la experiencia que ésta deriva de su interacción con el medio externo” (PEI 2013, p. 16-17). De igual manera, desde esta óptica, las líneas de acción de la Proyección Social se amplían en la interacción con la comunidad, la articulación con el sector productivo y el Estado, el acompañamiento y seguimiento e inclusión de los egresados y la comunicación externa.

En conclusión, el PEI 2013 es el resultado de una nueva perspectiva, una manera de concebir e interpretar las circunstancias actuales y los referentes que la acompañan. Como proceso, ha permitido recrear los fundamentos del PEI 2004, para redefinir la Institución desde una nueva realidad y en función de nuevos contextos.

Agradecimiento: A la Dra. Doris Emilia Guerrero Sánchez, Directora Departamento de Ciencias Sociales y Humanas, por su colaboración en la elaboración de este documento.

#### BIBLIOGRAFÍA

DAZA, Gisela. Vicerrectora de Investigación. U.D.C.A. Resignificación del PEI en la función sustantiva de investigación. (2014).

MODELO de autoevaluación de la U.D.C.A. Calidad y Excelencia: un propósito de todos. (2013).

PROYECTO Educativo Institucional de la Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2004).

PROYECTO Educativo Institucional de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2013).

# SIMULACIÓN DE RUTAS DE ALTERACIÓN DE CÉLULAS DE CUELLO UTERINO DESDE EL ESTADO NORMAL HASTA LESIÓN INTRAEPITELIAL DE BAJO GRADO

## SIMULATION OF DISTURBANCE PATHS OF CERVIX UTERI CELLS FROM NORMAL STATE TO LOW GRADE SQUAMOUS INTRAEPITHELIAL LESION

Javier Rodríguez<sup>1</sup>, Signed Prieto<sup>2</sup>, Martha Melo<sup>3</sup>, Darío Domínguez<sup>4</sup>, Diana Cardona<sup>5</sup>, Catalina Correa<sup>6</sup>, Fredy López<sup>7</sup>,  
Ligia Victoria Rodríguez<sup>8</sup>

<sup>1</sup> MD. Director del Grupo Insight. Director de la Línea de Profundización e Internado Especial: Física y Matemáticas Aplicadas a la Medicina, Universidad Militar Nueva Granada - Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, Carrera 79B No. 51-16sur Int. 5, Apto. 102, Bogotá, Colombia, e-mail: grupoinsight2025@yahoo.es; <sup>2</sup> Investigadora Grupo Insight. Universidad Militar Nueva Granada - Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, Carrera 79B No. 51-16sur Int. 5, Apto. 102, Bogotá, Colombia, e-mail: grupoinsight2025@yahoo.es; <sup>3</sup> Matemática. Investigadora Grupo FRACUMNG. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Militar Nueva Granada. Vereda Canelón, Condominio Palo E Teka, casa 23, Municipio de Cajicá, Cundinamarca, e-mail: martha.melo@unimilitar.edu.co; <sup>4</sup> Matemático. Magister en Ciencias Económicas. Director Grupo de Investigación FRACUMNG. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Carrera 53 A No. 127-70, Apto. 1219, Bogotá, Colombia, e-mail: dario.dominguez@unimilitar.edu.co; <sup>5</sup> Investigadora Grupo Insight. Universidad Militar Nueva Granada - Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, Calle 54 C sur No. 87-21 Casa 111, Bogotá, Colombia, e-mail: margarita.cardona@annardx.com; <sup>6</sup> Psicóloga. Investigadora Grupo Insight. Universidad Militar Nueva Granada - Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, Calle 45 sur No. 78i-25, Bogotá, Colombia, e-mail: scatalinacorrea@hotmail.com; <sup>7</sup> Ingeniero de Sistemas, investigador Grupo Insight. Universidad Militar Nueva Granada - Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, Calle 23 No 68-59 Int. 10, Apto. 402, Bogotá, Colombia, e-mail: flogarcos@gmail.com; <sup>8</sup> Abogada. Investigadora Grupo Insight, Calle 147 No. 19-51 Torre 4 Apto. 104, Bogotá, Colombia, e-mail: ligiav\_05@hotmail.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 5-12, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Se desarrolló previamente un diagnóstico matemático de células halladas en la citología cervicovaginal, estableciendo caracterizaciones objetivas y reproducibles para los diferentes estadios de la alteración celular, desde normalidad hasta carcinoma. En este trabajo, se partió de dicha metodología, para establecer posibles rutas de alteración preneoplásica, desde normalidad hasta LEIBG. Se estudiaron diez imágenes digitales de células escamosas de cuello uterino, con diagnóstico normal. Las imágenes fueron analizadas mediante un software, con el que se calculó la dimensión fractal de los objetos matemáticos definidos. Se calcularon los valores de variabilidad fractal y AMI (Armonía Matemática Intrínseca) celular para cada muestra y, a partir de estos valores, se realizaron simulaciones de las rutas de alteración de cada célula normal hacia una célula LEIBG (Lesión Escamosa Intraepitelial de Bajo Grado), realizando tres posibles variacio-

nes de los espacios de ocupación celular en el espacio de Box-Counting. Cada ruta de alteración celular está definida por tres posibilidades de variación de ocupación espacial de los objetos celulares definidos. Cada una de estas posibilidades puede presentar características matemáticas de estados intermedios de la alteración. Los valores de la dimensiones fractales de los tres objetos definidos en las células normales: citoplasma, núcleo y totalidad, se hallaron entre 1,0512 y 1,9944 y los valores de variabilidad y AMI, entre 0 y 6. Se evidenció una organización fractal de la estructura celular cervical, que permite establecer simulaciones de su alteración, lo que representa una herramienta de utilidad en la práctica clínica.

Palabras clave: Dimensión fractal, Cáncer de cuello uterino, Citología, simulación, LEIBG.

## SUMMARY

A mathematical diagnosis of cells from cervicovaginal cytology was previously developed establishing objective and reproducible characterizations for different stages of cellular disturbance from normality to carcinoma. In this paper we start from this methodology to establish possible routes of preneoplastic alteration from normal to L-SIL. Ten digital images of squamous cells of cervix uterine with normal diagnosis were studied. The images were analyzed through a software with which fractal dimension of defined mathematical objects was calculated. Fractal variability and Cellular Intrinsic Mathematical Harmony (IMH) values were calculated for each sample. From these values, simulations of disturbances paths of each normal cell towards to L-SIL cell were realized, doing three possible variations of spaces of cellular occupation in Box-counting space. A possible disturbance path towards to L-SIL state for each normal cell was established. Each path is defined by three variation possibilities of spaces of occupation of defined objects. Each possibility can exhibit mathematical characteristics of intermediate states of disturbance. Fractal dimension values of the three defined objects in normal cells: cytoplasm, nucleus and totality were between 1.0512 y 1.9944. Variability and IMH values were between 0 and 6. A fractal organization of cervix cellular structure was evidenced allowing to establish simulation of disturbance. This finding can represent a useful tool in clinical practice.

Key words: Fractal dimension, Cervical Cancer, Cytology, simulation, L-SIL.

## INTRODUCCIÓN

El cáncer de cuello uterino es una patología que, mundialmente, causa la muerte a 275.000 mujeres al año. Para 2008, se reporta una incidencia anual en el globo de 530.000 casos nuevos. Más del 85% de esta casuística, se presenta en países en vías de desarrollo (WHO, 2008), siendo en el continente americano el cuarto tipo de cáncer más frecuente en mujeres, registrando, para 2008, en la zona de América Latina y el Caribe, 31.712 muertes, por esta causa (WHO/ICO, 2010).

La citología cervico-vaginal ha sido considerada como el Gold-estándar para el tamizaje de cáncer de cuello uterino, por más de 50 años. Actualmente, el test citológico se encuentra fundamentado en parámetros cualitativos, motivo por el cual, se dificulta el establecimiento de un único sistema de clasificación de los estadios de alteración celular. El sistema de clasificación más ampliamente reconocido en el mundo es el Bethesda, que permite la identificación de lesiones precursoras, que pueden evolucionar hacia estadios de malignidad y ha establecido, con métodos cualitativos, la

diferenciación de células normales, lesiones intraepiteliales de bajo o alto grado y células escamosas atípicas de significado indeterminado (ASCUS) (Lacruz, 2003).

Esta última clasificación es de gran relevancia, dado que pueden representar ambiguamente un proceso benigno o una lesión de riesgo y fue un término introducido, con el fin de obtener una mayor precisión de esa zona de gris de transición, entre la normalidad y la malignidad (Lacruz, 2003; Solomon *et al.* 2002).

La geometría fractal hizo su aparición gracias al cuestionamiento de la capacidad de la geometría euclidiana de poder establecer medidas objetivas y reproducibles de objetos irregulares de la naturaleza (Mandelbrot, 1967). Desde entonces, se han desarrollado aplicaciones a partir de la geometría fractal para el estudio de diversos objetos irregulares, tal como las estructuras anatómicas de sistemas vivos, como el humano, llegando a caracterizar estados de normalidad y enfermedad (Raguso *et al.* 2010; Rashidnasab *et al.* 2013; Xu *et al.* 2008).

En el campo de la oncología, la geometría fractal ha sido utilizada en diversos estudios para caracterizar diversas formas cancerígenas (de Arruda *et al.* 2013; Klatt *et al.* 2013; Metze, 2013), como por ejemplo, para el estudio de diversas lesiones en imágenes mamográficas (Sankar & Thomas, 2010; Stępień & Stępień, 2010). Así como también ha sido de utilidad para la identificación del riesgo de diferentes tipos de cáncer (Stehlík *et al.* 2012) y para caracterizar los determinantes físicos del proceso de crecimiento tumoral, en general (Welter & Rieger, 2010); sin embargo, en algunos estudios, se ha venido demostrando que la medición de dimensiones fractales aisladas es insuficiente para establecer una caracterización matemática que pueda ser de aplicación clínica.

Con respecto a este problema, Rodríguez (2011a) desarrolló una metodología diagnóstica, que se basa en medidas de variabilidad y de la armonía matemática intrínseca celular para el estudio de lesiones pre-malignas, para superar la dificultad de la insuficiencia de aplicabilidad clínica de las dimensiones fractales aisladas, donde se demostró que la clasificación ASCUS (Atypical Squamous Cells of Undetermined Significance) puede ser aclarada. En un estudio llevado a cabo por el mismo grupo de investigación, se desarrolló una generalización de todos los posibles tipos celulares que incluyen desde estadios normales hasta lesiones malignas, a partir de la geometría fractal (Rodríguez *et al.* 2010a), logrando un diagnóstico objetivo y reproducible para cada caso específico independiente de variables estadísticas, fundamentado en formas de razonamiento universalistas. Trabajos similares se han desarrollado en arterias por medio de variaciones de la ocupación espacial de los objetos medidos en el espacio de

Box-counting, encontrando en total 69,249 prototipos arteriales, entre anormales y normales (Rodríguez *et al.* 2010b).

Siguiendo esta misma metodología, se ha realizado una aplicación similar basada en geometría fractal (Rodríguez *et al.* 2013a), en la que se simulan las rutas de alteración de las células escamosas de cuello uterino, desde estados de normalidad hasta el estado denominado ASCUS, que en trabajos previos se había demostrado que podría corresponder según valores matemáticos a los estados de normalidad o Lesión Intraepitelial de Bajo Grado. Esto se realizó simulando variaciones geométricas para cada célula en el espacio de Box-counting para construir unas posibles trayectorias, desde la normalidad hasta ASCUS, a partir de una perspectiva acausal, obteniéndose resultados de utilidad para la práctica clínica cotidiana.

Siguiendo esta perspectiva de investigación, el propósito del presente estudio, fue analizar posibles rutas de alteración de las células escamosas de cuello uterino, también desde el estadio de la normalidad, pero esta vez hasta el estadio de LEIBG. Esto se realizó mediante simulaciones geométricas de la alteración celular en el espacio de Box Counting, evaluadas con el concepto de variabilidad fractal y AMI celular. Las simulaciones logradas constituyen una herramienta de apoyo en el seguimiento de pacientes con factores de riesgo para cáncer de cuello uterino, aclarando de nuevo el diag-

nóstico de ASCUS, aceptado convencionalmente en patología.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron diez imágenes de células escamosas de cuello uterino obtenidas del archivo particular del grupo Insight, clasificadas como normales por un patólogo experto, de acuerdo con los parámetros de evaluación actual establecidos en el Sistema Bethesda. Las células fueron inicialmente fotografiadas con cámara digital Nikon, adaptada a un microscopio Nikon Eclipse e200, utilizando un aumento de 100X. Luego, fueron importadas a una aplicación que edita imágenes, para facilitar su análisis ulterior.

El análisis de las imágenes, se basó en el cálculo de la dimensión fractal del borde de la membrana celular (C), nuclear (N) y de la totalidad celular, utilizando una simplificación del método de Box-Counting, en el que se usan sólo dos rejillas (Tabla 1).

Para el cálculo de la dimensión fractal, se superponen dos rejillas sobre las imágenes celulares, donde el lado de una corresponde exactamente al doble del lado de la segunda. Luego, se contabilizan los cuadros que son tocados por los bordes de cada uno de los objetos, valores que se reemplazan en la ecuación de Box-counting (Tabla 1).

Tabla 1. Definiciones desde las que se fundamenta la metodología del presente trabajo.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Dimensión fractal	Corresponde a una medida matemática adimensional del grado de irregularidad de un objeto.
Dimensión Fractal (D) de Box-Counting	$D = \frac{\text{Log}N(2^{-(j+1)}) - \text{Log}N(2^{-j})}{\text{Log}2^{j+1} - \text{Log}2^j} = \text{Log}_2 \frac{N(2^{-(j+1)})}{N(2^{-j})}$ <p>Donde <b>N</b> corresponde al número de cuadros ocupados por el borde del objeto y <b>j</b> corresponde al grado de división de la rejilla.</p>
Armonía Matemática Intrínseca (AMI) celular y variabilidad de la dimensión fractal	Según estudio previo (Rodríguez, 2011a), corresponde a la proporción entre las dimensiones fractales de los objetos evaluados (núcleo, citoplasma o totalidad), la cual, se obtiene a través de la resta de la primera cifra posterior a la coma en la dimensión fractal de dos de los objetos.

Posteriormente, las dimensiones fractales de estos tres objetos fueron comparadas en pares, mediante las medidas de AMI celular y la variabilidad fractal (Rodríguez, 2011a). De este modo, se obtuvieron comparaciones entre Núcleo y Citoplasma, Núcleo y Totalidad y Citoplasma y Totalidad.

Seguidamente, se desarrollaron tres simulaciones de las posibles variaciones de la ocupación espacial de los objetos celulares, definidos para cada célula estudiada (Núcleo, Citoplasma y Totalidad), estableciendo así una ruta de alteración entre normalidad y LEIBG, para cada célula. Así, por ejem-

plo, si en la célula original el núcleo ocupa 10 espacios en una de las rejillas es posible hacer simulaciones en las que ocupe 11, 12 o más píxeles, lo que implica variaciones en la ocupación espacial de la otra rejilla.

De acuerdo con la metodología diagnóstica en la que se basa el presente trabajo, la clasificación ASCUS no presenta características matemáticas que la diferencien de normalidad o de L-SIL, sino que puede tomar valores análogos a uno u otro estado (Rodríguez, 2011a). Con el fin de confirmar si las simulaciones incluyen células que puedan ser consideradas ASCUS, las células simuladas fueron observadas por un experto en patología, quien de acuerdo con la observación de sus características morfológicas desde los parámetros convencionales, estableció su diagnóstico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo en el que se desarrollan las posibles rutas de alteración de 10 células normales hacia una célula clasificada como LEIBG, fundamentadas en el concepto de

AMI celular y variabilidad de la dimensión fractal, obteniendo un resultado que puede ser útil como herramienta de tamizaje para la detección temprana de alteraciones, que pueden conducir hacia lesión maligna en el cuello uterino, al permitir determinar cuándo, por ejemplo, una célula clasificada como ASCUS, se encuentra más cerca de un estado de normalidad o un estado de LEIBG. La metodología presentada en este trabajo puede ser de utilidad para poder determinar cuándo una célula clasificada como ASCUS se encuentra más cerca de un estado de normalidad o un estado de LEIBG.

Los valores de la dimensión fractal del borde celular de las células normales variaron entre 1,9944 y 1,1943; para el borde nuclear varió entre 1,7516 y 1,0512 y para la totalidad celular, se halló entre 1,9465 y 1,1473. Al calcular los valores correspondientes de AMI celular y variabilidad fractal, se halló que al comparar las medidas de citoplasma y núcleo se registraron valores entre tres y seis, rango que comparte con los valores de la comparación entre núcleo y totalidad, mientras que la comparación entre citoplasma y totalidad fue de cero para todas las células normales (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de dimensión fractal, variabilidad fractal y AMI celular (VF y AMI CEL) para las células normales (N).

No.	Dx.	DIMENSION FRACTAL			VF y AMI CEL		
		C	N	T	C Y N	N Y T	C Y T
1	N	1,6506	1,0512	1,6478	6	6	0
2	N	1,2137	1,7516	1,2138	5	5	0
3	N	1,7623	1,1678	1,7463	6	6	0
4	N	1,7349	1,2173	1,7256	5	5	0
5	N	1,9944	1,5964	1,9145	4	4	0
6	N	1,1943	1,6895	1,1473	5	5	0
7	N	1,5403	1,1674	1,5446	4	4	0
8	N	1,2414	1,7122	1,2547	5	5	0
9	N	1,679	1,3634	1,6211	3	3	0
10	N	1,9594	1,3874	1,9465	6	6	0

Respecto a los valores de las simulaciones realizadas, se encontraron valores de dimensión fractal entre 1,9594 y 0,3725, para el citoplasma; para el núcleo, entre 1,9216 y 0,3461, mientras que para la totalidad se registraron entre 1,8168 y 0,3863 (Tablas 3, 4 y 5). Con respecto a las medidas de AMI y variabilidad, los valores hallados entre Citoplasma y Núcleo variaron entre 0 y 6; los valores entre Núcleo y

Totalidad, entre 0 y cinco y entre el citoplasma y la totalidad, entre 0 y 2.

Con la primera simulación teórica, se obtuvieron cinco células, cuyos valores matemáticos de AMI y de variabilidad corresponden a normalidad, de las cuales, cuatro fueron catalogadas por un experto patólogo, como ASCUS. Las demás

células tuvieron valores matemáticos de LEIBG, donde tres fueron catalogadas como ASCUS. En la segunda simulación, se obtuvieron tres células con valores matemáticos de normalidad, las siete restantes con valores correspondientes a LEIBG, haciendo notar que, de estas últimas, dos fueron catalogadas como ASCUS, por el patólogo. Finalmente, en la tercera simulación, se obtuvieron células con valores matemáticos de AMI y de variabilidad, que son característicos del estado LEIBG (Tablas 3, 4 y 5).

La evaluación realizada por el patólogo de las células simuladas evidencia que la metodología permite simular y establecer un diagnóstico objetivo de células que, desde los parámetros convencionales, son clasificadas como ASCUS y confirma que el estadio correspondiente a la clasificación patológica de ASCUS no tiene un sustento matemático, ya que no tiene valores característicos que se asocien a esta categoría, tal como sí sucede con el estadio de normalidad y LEIBG.

Tabla 3. Valores de la primera simulación de ocupación espacial para las células de la tabla 1. AL: (ASCUS-LEIBG), AN: (ASCUS-NORMAL), N: NORMAL, L: LEIBG. En las células clasificadas como AL o AN, la categoría ASCUS corresponde a la observación del patólogo experto, desde los parámetros cualitativos, mientras que la categoría de NORMAL o LEIBG, corresponde al diagnóstico matemático.

No.	Dx.	DIMENSION FRACTAL			VAR FRACTAL Y AMI CEL		
		C	N	T	CYN	NYT	CYT
1	AL	0,9845	0,87562	0,7578	1	1	2
2	AN	1,1472	1,6941	1,2124	5	4	1
3	L	1,5146	1,3735	1,4417	2	1	1
4	AN	1,3716	1,74117	1,4281	4	3	1
5	AL	1,1845	1,0562	1,2146	1	2	1
6	N	0,7166	0,3724	0,7152	4	4	0
7	L	1,9594	1,7741	1,7412	2	0	2
8	AN	0,8922	1,2727	0,7288	6	5	1
9	AL	1,807	1,9216	1,6324	1	3	2
10	AN	0,9064	0,4336	0,9644	5	5	0

Tal como se viene manejando el tamizaje, a través la citología cervicovaginal para detección precoz de lesiones malignas en cuello uterino, el sistema Bethesda, aparte de las clasificaciones de normalidad y lesión intraepitelial, ofrece una clasificación que constituye una “zona gris” indeterminada, que representa un problema para la toma de decisiones clínicas, al no poder extraerse de dicha clasificación un diagnóstico concluyente ni una conducta específica. El estudio de las rutas posibles que puede tomar una célula normal hacia una clasificada como LEIBG es de gran relevancia para el desarrollo de herramientas más precisas de tamizaje y que permitan predecir el posible desenlace, a partir de una forma celular específica. Por otro lado, dado que se trata de una metodología basada en la geometría, la aplicación futura de esta herramienta, para predicción de posibles desenlaces relacionados con procesos neoplásicos, superaría la dificultad inherente a las clasificaciones cualitativas de la alta variabi-

lidad interobservador, ya que las medidas cuantitativas ofrecen la ventaja de ser objetivas y reproducibles.

Esta metodología evidencia que el fenómeno puede ser estudiado de manera más efectiva haciendo abstracción de factores individuales y poblacionales y hallando órdenes matemáticos acausales subyacentes, que permitan realizar aplicaciones en el ámbito clínico, útiles para identificar, de manera precisa, aquellos casos que presentan mayor probabilidad de tener valores cercanos a Lesiones Intraepiteliales. Desde esta postura acausal, diversas metodologías diagnósticas y predictivas se han desarrollado aplicando diferentes teorías físicas y matemáticas en áreas de la medicina, tales como la salud pública (Rodríguez, 2010), la biología molecular (Rodríguez *et al.* 2009, 2010c), la cardiología (Rodríguez, 2011b, Rodríguez *et al.* 2013c), la hematología (Correa *et al.* 2012) y la infectología (Rodríguez *et al.* 2013b).

Tabla 4. Valores de la segunda simulación de ocupación espacial para las células de la tabla 1. AL (ASCUS-LEIBG), AN (ASCUS-NORMAL), N: NORMAL, L: LEIBG. En las células clasificadas como AL o AN, la categoría ASCUS corresponde a la observación del patólogo experto, desde los parámetros cualitativos, mientras que la categoría de NORMAL o LEIBG, corresponde al diagnóstico matemático.

No.	Dx.	DIMENSION FRACTAL			VAR FRACTAL Y AMI CEL		
		C	N	T	CYN	NYT	CYT
1	L	1,7732	1,661	1,7354	1	1	0
2	N	1,7835	1,3274	1,7927	4	4	0
3	L	1,9439	1,8708	1,8168	1	0	1
4	L	0,3725	0,515	0,3863	2	2	0
5	L	0,4753	0,3461	0,4572	1	1	0
6	N	1,6135	1,1534	1,6221	5	5	0
7	L	1,4755	1,3771	1,5145	1	2	1
8	N	1,2573	1,6729	1,2159	4	4	0
9	AL	0,8344	0,6109	0,6619	2	0	2
10	AL	1,3681	1,3668	1,4745	0	1	1

Tabla 5. Valores de la tercera simulación de ocupación espacial para las células de la tabla 1. L: LEIBG.

No.	Dx.	DIMENSIÓN FRACTAL			VAR FRACTAL Y AMI CEL		
		C	N	T	CYN	NYT	CYT
1	L	1,4621	1,5251	1,3248	1	2	1
2	L	0,5225	0,725	0,7463	2	0	2
3	L	1,675	1,7378	1,633	1	1	0
4	L	0,6782	0,6638	0,5712	0	1	1
5	L	1,3724	1,5103	1,4542	2	1	1
6	L	1,6636	1,54	1,7521	1	2	1
7	L	1,7885	1,5749	1,6857	2	1	1
8	L	0,6406	0,6269	0,7953	0	1	1
9	L	0,9694	0,8804	0,9831	1	1	0
10	L	1,8781	1,7821	1,6443	1	1	2

**Agradecimientos:** Agradecemos a la Universidad Militar Nueva Granada, especialmente a su Vicerrectoría de Investigaciones, al Fondo de Investigaciones y a la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, por el apoyo brindado. Un

agradecimiento especial a los Doctores Fernando Cantor, Vicerrector de Investigaciones, Martha Bahamón, Vicerrectora Académica, Pedro Adolfo Jiménez, Director Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas,

Ericsson Coy, Vicedecano de Ciencias Básicas y Aplicadas, José Filgueira, Decano de la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Alejandro Castro, Jefe de la División de Investigación Científica, Henry Acuña y Jaqueline Blanco, por su apoyo a nuestras investigaciones. De igual forma, al Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, por el apoyo a nuestras investigaciones; a los Doctores Tito Tulio Roa, Director de Educación Médica, Jorge Ospina, Director Médico, Alfonso Correa, Director del Centro de Investigaciones y a las Doctoras Adriana Lizbeth, epidemióloga y Silvia Ortiz, Enfermera Jefe del Centro de Investigaciones. Conflictos de intereses: 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. Financiación: Este trabajo hace parte de los resultados del proyecto CIAS-1169, financiado por el Fondo de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

## BIBLIOGRAFÍA

- CORREA, C.; RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; BERNAL, P.; OSPINO, B.; MUNÉVAR, A.; ÁLVAREZ, L.; MORA, J.; VITERY, S. 2012. Geometric diagnosis of erythrocyte morphophysiology. *J. Med. Med. Sci. (Nigeria)*. 3(11):715-720.
- DE ARRÚDA, P.F.F.; GATTI, M.; FACIO, F.N. JR.; DE ARRÚDA, J.G.F.; MOREIRA, R.D.; MURTA, L.O. JR.; DE ARRÚDA, L.F.; DE GODOY, M.F. 2013. Quantification of fractal dimension and Shannon's entropy in histological diagnosis of prostate cancer. *BMC clinical pathology. (Reino Unido)* 13(1):6.
- KLATT, J.; GERICH, C.E.; GRÖBE, A.; OPITZ, J.; SCHREIBER, J.; HANKEN, H.; SALOMON, G.; HEILAND, M.; KLUWE, L.; BLESSMANN, M. 2013. Fractal dimension of time-resolved autofluorescence discriminates tumour from healthy tissues in the oral cavity. *J. Cranio-Maxillofacial Surg. (Europa)*. 13(7):719-735.
- LACRUZ, C. 2003. Nomenclatura de las lesiones cervicales (de Papanicolau a Bethesda 2001). *Rev. Esp. Patol. (España)* 36(1):5-10.
- MANDELROT, B. 1967. How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science, New Series (Estados Unidos)* 156(3775):636-638.
- METZE, K. 2013. Fractal dimension of chromatin: potential molecular diagnostic applications for cancer prognosis. *Expert Rev. Mol. Diagn. (Reino Unido)* 13(7):719-35.
- RAGUSO, G.; ANCONA, A.; CHIEPPA, L.; L'ABBATE, S.; PEPE, M.L.; MANGIERI, F.; DE PALO, M.; RANGAYAN, R.M. 2010. Application of fractal analysis to mammography. In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE. (Argentina)*. p.3182-3185.
- RASHIDNASAB, A.; ELANGOVAN, P.; YIP, M.; DIAZ, O.; DANCE, D.R.; YOUNG, K.C.; WELLS, K. 2013. Simulation and assessment of realistic breast lesions using fractal growth models. *Physics in Medicine and Biology. (Canada)*. 58(16):5613-5627.
- RODRÍGUEZ, J.; BERNAL, P.; CORREA, C.; PRIETO, S.; BENÍTEZ, L.; VITERY, S.; PUERTA, G.; MUÑOZ, D.; ROJAS, I.; SORACIPA, Y. 2009. Predicción de unión de péptidos de MSA-2 y AMA-1 de Plasmodium falciparum al HLA clase II. *Inmunol. (España)* 28(3):115-124.
- RODRÍGUEZ, J. 2010. Método para la predicción de la dinámica temporal de la malaria en los municipios de Colombia. *Rev. Panam. Salud Públ. (Colombia)*. 27(3):211-218.
- RODRÍGUEZ, J. 2011a. Nuevo método fractal de ayuda diagnóstica para células preneoplásicas del epitelio escamoso cervical. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia)*. 14(1):15-22.
- RODRÍGUEZ, J. 2011b. Mathematical law of chaotic cardiac dynamics: Predictions for clinical application. *J. Med. Med. Sci (Nigeria)*. 2(8):1050-1059.
- RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; CORREA, C.; POSSO, H.; BERNAL, P.; PUERTA, G.; VITERY, S.; ROJAS, I. 2010a. Generalización fractal de células preneoplásicas y cancerígenas del epitelio escamoso cervical. Una nueva metodología de aplicación clínica. *Rev. Fac. Med. (Colombia)*. 18(2):173-181.
- RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; CORREA, C.; BERNAL, P.; PUERTA, G.; VITERY, S.; SORACIPA, Y.; MUÑOZ D. 2010b. Theoretical generalization of normal and sick coronary arteries with fractal dimensions and the arterial intrinsic mathematical harmony. *BMC Med. Phys. (Inglaterra)*. 10:1-6.
- RODRÍGUEZ, J.; BERNAL, P.; PRIETO, S.; CORREA, C. 2010c. Teoría de péptidos de alta unión de malaria

- al glóbulo rojo. Predicciones teóricas de nuevos péptidos de unión y mutaciones teóricas predictivas de aminoácidos críticos. *Inmunol. (España)* 29(1):7-19.
16. RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; TABARES, L.; RUBIANO, A.; PRIETO, I.; DOMÍNGUEZ, D.; PATIÑO, O.; MEJÍA, M.; RAMÍREZ, L. 2013a. Evolución de células de cuello uterino desde normales hasta atipias escamosas de significado indeterminado (ASCUS) con geometría fractal. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia)*. 16(2):303-311.
17. RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; CORREA, C.; FORERO, M.F.; PÉREZ, C.; SORACIPA, Y.; MORA, J.; ROJAS, N.; PINEDA, D.; LÓPEZ, F. 2013b. Teoría de conjuntos aplicada al recuento de linfocitos y leucocitos: predicción de linfocitos T CD4 de pacientes con virus de la inmunodeficiencia humana/sida. *Inmunol. (España)* 32(2):50-56.
18. RODRÍGUEZ, J.; PRIETO, S.; DOMÍNGUEZ, D.; MELO, M.; MENDOZA, F.; CORREA, C.; SORACIPA, Y.; PINILLA, L.; PARDO, J.; RAMÍREZ, N. 2013c. Mathematical-physical prediction of cardiac dynamics using the proportional entropy of dynamic systems. *J. Med. Med. Sci. (Nigeria)* 4(8):370-381.
19. SANKAR, D.; THOMAS, T. 2010. A New Fast Fractal Modeling Approach for the Detection of Microcalcifications in Mammograms. *J. Digit. Imaging. (Estados Unidos)*. 23(5):538-546.
20. SOLOMON, D.; DAVEY, D.; KURMAN, R.; MORIARTY, A.; O'CONNOR, D.; PREY, M.; RAAB, S.; SHERMAN, M.; WILBUR, D.; WRIGHT, T.J.; YOUNG, N. 2002. The 2001 Bethesda System. *JAMA (Estados Unidos)*. 287:2114-2119.
21. STEHLÍK, M.; MRKVIČKA, T.; FILIŠ, J.; FILIŠ, L. 2012. Recent developments on testing in cancer risk: a fractal and stochastic geometry. *J. Reliab. Statist. Studi. (India)*. 5(Issue Special):83-95.
22. STEPIEŃ, R.; STEPIEŃ, P. 2010. Analysis of Contours of Tumor Masses in Mammograms by Higuchi's Fractal Dimension. *Biocybern. Biomed. Eng. (Polonia)*. 30(4):49-56.
23. WELTER, M.; RIEGER, H. 2010. Physical determinants of vascular network remodeling during tumor growth. *Eur. Phys. J. E. (Francia)*. 33:149-163.
24. WHO/ICO. Information Centre on HPV and Cervical Cancer (HPV Information Centre). 2010. Human Papillomavirus and Related Cancers in Americas. Summary Report 2010. Disponible desde Internet en: <http://www.who.int/hpvcentre> (Con acceso 01/11/2012).
25. WORLD HEALTH ORGANIZATION. International Agency for Research Center. Globocan. 2008. Fact Sheets: Cervix uteri, Worldwide. Disponible desde Internet en: <http://globocan.iarc.fr/factsheet.asp> (con acceso 14/01/2013).
26. XU, M.; WU, T.T.; QU, J.Y. 2008. Unified Mie and fractal scattering by cells and experimental study on application in optical characterization of cellular and sub-cellular structures. *J. Biomed. Optics. (Estados Unidos)* 13(2):024015.

Recibido: Agosto 9 de 2013

Aceptado: Febrero 10 de 2014

#### Como citar:

Rodríguez, J.; Prieto, S.; Melo, M.; Domínguez, D.; Cardona, D.; Correa, C.; López, F.; Rodríguez, L.V. 2014. Simulación de rutas de alteración de células de cuello uterino desde el estado normal hasta lesión intraepitelial de bajo grado. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 5-12.

# EL PLAN DE TRANSICIÓN Y EGRESO HOSPITALARIO Y SU EFECTO EN EL CUIDADO DE LA SALUD: UNA REVISIÓN INTEGRADA

## TRANSITION AND DISCHARGE HOSPITAL PLANNING AND ITS EFFECT IN HEALTH CARE: AN INTEGRATED REVIEW

Beatriz Sánchez<sup>1</sup>, Gloria Mabel Carrillo<sup>2</sup>, Lucy Barrera<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Enfermera. Master in Science of Nursing. Profesora Titular Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Enfermería. Bogotá, D.C., Colombia, cbsanchezh@unal.edu.co; <sup>2</sup> Enfermera. Magister en Enfermería. Profesora Asociada Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Enfermería, gmcarrillo@unal.edu.co; <sup>3</sup> Enfermera. Magister en Enfermería. Profesora Titular pensionada. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Enfermería, lbarrerao@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 13-23, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Mediante una revisión integrada de investigación que incluyó búsqueda de ensayos clínicos aleatorizados, estudios descriptivos, estudios de relación, revisiones sistemáticas, metaanálisis y metasíntesis, en bases de datos, como Medline, ScienceDirect, Ovid y Scielo, bajo los descriptores plan de egreso o transición cruzadas con efectividad, cuidado integral, cuidado continuo y cuidado seguro, en el periodo de 1997 a 2013, se exploró la literatura referente a plan de transición y de egreso hospitalario, sus componentes, sus funciones, así como la existencia de evidencia sobre sus efectos en el cuidado de la salud. Como resultado, se encontraron y analizaron 52 referencias clasificadas en cuatro grupos, de acuerdo con su énfasis: 1) Falta de lineamientos claridad e incentivos para adelantar el plan; 2) Desarrollo de instrumentos que respaldan la valoración y medición dentro del plan de egreso; 3) Las características básicas que debe tener un plan de egreso o su desarrollo teórico y, 4) Efectividad del plan de egreso y transición hospitalaria para el cuidado continuo, seguro e integral de los pacientes y sus familias. Con esto, se puede llegar a la conclusión, que existe una literatura variada sobre el plan de transición y egreso hospitalario, que refleja un nivel heterogéneo frente a directrices concretas, para adelantar dichos planes, aunque se recomienda esta gestión en beneficio de los usuarios. La evidencia sobre la efectividad del desarrollo de planes de cuidado, como parte fundamental del cuidado continuo, seguro e integral de los pacientes y sus familias es limitada. Son recomendados estudios de tipo predictivo en este campo.

Palabras clave: Alta del paciente, atención de enfermería, seguridad del paciente.

### SUMMARY

Through an integrated review that included randomized clinical trials search, descriptive studies, association studies, systematic reviews, meta-analyzes and meta-synthesis in databases such as Medline, ScienceDirect, Ovid and Scielo low exit descriptors or Transition Plan cross with Effective, comprehensive Care, and Care continuing, Care insurance in the period 1997-2013, the literature on transition plan and hospital discharge, their components, their functions and the existence of evidence of its effects on health care was explored. As a result, 52 references were found and analyzed, classified into four groups according to their emphasis: 1) Lack of clear guidelines and incentives to advance the retirement plan, 2) Development of tools to support the assessment and measurement within the retirement plan 3) the basic features that should have a retirement plan or its theoretical development and 4) Effective discharge and transition plan for ongoing care hospital, and comprehensive insurance patients and their families. With this, it can be concluded that there is an ample literature on the transition plan and hospital discharge, reflecting a heterogeneous level opposite specific guidelines to put forward these plans, although this management to the benefit of users is recommended. The evidence on the effectiveness of a care plan development as a fundamental part of a continual, assured and comprehensive care of the patients and their families is limited. In this field studies of the predictive type are recommended.

Key words: Patient Discharge, nursing care, patient safety (Decs).

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (2013), en los últimos años, se ha generado una alarma mundial por el incremento de la enfermedad crónica no trasmisible (ECNT), en especial, en los países en desarrollo. Estas enfermedades son complejas, se prolongan en el tiempo y, por lo general, demandan apoyos de cuidado; quizá por ello, día a día se ha enfatizado más en la necesidad de ofertar a los pacientes un cuidado seguro, continuo e integral (Barrera *et al.* 2006a; Sánchez, 2011). El Plan de transición y de egreso hospitalario, restringido por algunos al plan de alta hospitalaria, es una expresión de este tipo de cuidado que adquiere relevancia en este contexto y, en particular, cuando en los sistemas de salud, a nivel mundial, el incremento del costo institucional presiona el paso de servicios de mayor a menor complejidad y de la institución al hogar, sin que exista la preparación adecuada para asumir esta responsabilidad de cuidado (Pinto *et al.* 2006; Barrera *et al.* 2006b).

El presente trabajo exploró la literatura disponible en los últimos 15 años, tiempo, en el cual, confluyen los mayores cambios en los sistemas de salud y se toma mayor conciencia del incremento de la enfermedad crónica, a nivel mundial.

No se encontraron documentadas búsquedas de esta naturaleza, las cuales, se hacen necesarias para clarificar qué es y cómo se ha abordado el tema de Plan de transición y de egreso hospitalario, sus componentes, sus funciones y la existencia de evidencia sobre sus efectos en el cuidado de la salud.

Se considera un referente para la proyección de enfermería en la generación de propuestas de planes de egreso en las instituciones de salud, la identificación de tópicos de interés investigativo y de indicadores de impacto sobre los que se pueden reportar su efecto en los usuarios y las entidades de salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A través de una revisión integrada de la investigación (Burns & Grove, 2012), se identificaron, analizaron y sintetizaron los hallazgos de resultados de estudios independientes sobre plan de egreso y sus componentes.

El procedimiento utilizado para esta revisión fue: 1) Búsqueda y selección de artículo en función de su calidad y relación con el problema elegido; 2) Codificación de cada artículo y elaboración de ficha bibliográfica respectiva; 3) Lectura de las piezas de investigación identificadas; 4) Diseño de una tabla de análisis que incluyó información esencial sobre propósito, método y resultados obtenidos de la investigación; 5) Identificación de hallazgos comunes, comparación y contraste con los resultados prácticos que se han conseguido y,

6) Integración de los resultados obtenidos en los estudios, a través de categorías (Burns & Grove, 2012).

La estrategia de búsqueda incluyó artículos indexados de ensayos clínicos aleatorizados, estudios descriptivos, estudios de relación, revisiones sistemáticas, metaanálisis y metasíntesis. Las bases de datos usadas fueron: medline, Science Direct, Ovid y Scielo, bajo los descriptores plan de egreso o transición cruzadas con efectividad, cuidado integral, cuidado continuo y cuidado seguro, estableciendo como ventana de observación el periodo comprendido entre 1997 a 2013. La revisión, el posterior análisis y discusión, así como la construcción de las categorías de resultados, se realizaron con base en la experiencia desde la práctica clínica y la docencia en el área de cuidado al paciente crónico y la familia, generando una reflexión crítica sobre los aspectos claves que se deben abordar en las instituciones prestadoras de servicios de salud, para la consolidación de planes de egreso hospitalario.

El grupo investigador estuvo a cargo de la búsqueda, la selección y la revisión de cada una de las piezas de investigación utilizadas. Las categorías obtenidas emergieron de acuerdo a los hallazgos identificados en los estudios; sin embargo, el proceso de selección de la información estuvo orientado teniendo en cuenta la identificación de componentes, las funciones y la existencia de evidencia sobre sus efectos en el cuidado de la salud, respecto a plan de egreso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 252 referencias relacionadas, de las que se revisaron los resúmenes. Después de leerlos, se excluyeron aquellos que no hacían parte del área temática de interés, así como los que estaban duplicados en varias bases de datos. Finalmente, se seleccionaron 52 piezas investigativas, publicadas, que cumplieron con los criterios de inclusión.

Estas 52 publicaciones fueron clasificadas en cuatro categorías, de acuerdo con su énfasis: Falta de lineamientos claridad e incentivos para adelantar el plan, desarrollo de instrumentos, características básicas y desarrollo teórico, efectividad del plan de egreso y transición hospitalaria para el cuidado continuo, seguro e integral de los pacientes y sus familias.

Con relación a **Falta de lineamientos, claridad e incentivos**, esta categoría incluyó 11 publicaciones, que señalan que, a pesar de estar recomendado realizar plan de egreso hospitalario, se requiere dar claridad e incentivar el desarrollo del mismo. Estos estudios aceptan la importancia y la pertinencia de los planes de transición y de egreso, como elemento fundamental en el cuidado; sin embargo, reflejan falta claridad para desarrollarlos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estudios que evidencian la falta de claridad e incentivos para realizar un plan de egreso.

Autores/año	Objetivo/Propósito	Resultados
Lin <i>et al.</i> (2009)	Revisar cuáles son los factores que rodean al proceso de egreso en una unidad de cuidado intensivo.	Pocas unidades tienen descrito cómo adelantar dicho plan. La ausencia de una clara directriz, se asocia con mayor mortalidad.
Chen <i>et al.</i> (2012)	Identificar los motivos de readmisión hospitalaria de 4101 pacientes con problemas cardíacos y, en especial, cómo se presentaba la transición entre el cuidado del hospital y el de la comunidad.	24,7% de los pacientes fueron readmitidos, debido a que los planes de egreso varían sin tener una directriz claramente establecida.
Foust (2007)	Examinar cómo ocurren en la práctica los esfuerzos de planeación del cuidado continuo. Observaron y entrevistaron a ocho enfermeras, mientras estas cuidaban a sus pacientes.	Las expectativas que tienen las enfermeras del progreso de los pacientes guían su planeación en el tiempo. En la práctica diaria, la enseñanza al egreso es de carácter más específico que institucional.
Chin-Yen <i>et al.</i> (2009)	Verificar el nivel de preparación del personal para asumir un plan de egreso.	Las enfermeras deben adquirir la competencia para adelantar el plan de egreso.
Collier & Harrington (2005)	Determinar los actores del equipo de salud involucrados y las variables que inciden en el plan de egreso en hospitales de California.	No se tienen en cuenta criterios de calidad sino la disponibilidad de cupos y el recurso económico, lo cual, no coincide con el conocimiento que tienen los responsables del plan de egreso. Solamente el 24% del equipo de salud usó internet para su decisión y en ello influyeron la falta de acceso a la tecnología y el rol limitado de algunos de los responsables.
Pichitpornchaia <i>et al.</i> (1999)	Revisar las prácticas de plan de egreso de las enfermeras tailandesas y cómo la transición hospital hogar se incorpora como parte de la práctica.	El plan de egreso es un proceso informal que se ve atravesado por varios factores y debe ser cualificado.
Rhudy <i>et al.</i> (2010)	Revisar cómo toman las decisiones las enfermeras con relación al plan de egreso de los pacientes y cómo perciben su rol en este campo.	La identificación de necesidades particulares se asocia a la capacidad de comunicación de las enfermeras y a la aplicación de su propia competencia de tomar decisiones según la indicación.
Watts <i>et al.</i> (2005)	Revisar cómo las enfermeras de cuidado crítico definen el plan de egreso y su proceso de planeación y logran, con base en ello, explicar la percepción sobre los mismos. El estudio incluyó a 218 enfermeras de cuidado crítico en Australia.	(Un número significativo de enfermeras reporta que no hay plan de egreso y no saben qué debe contener. Quienes sí lo reportan, evidencian tres temas comunes: 1) énfasis en el traslado de los pacientes al servicio de hospitalización, 2) asegurar una transición amable y armónica y 3) realizar la transición por requerimiento de camas para otros pacientes.
Hanratty <i>et al.</i> (2012)	Explorar las experiencias de personas ancianas que son trasladadas a sitios de cuidado al final de la vida. Se abordaron 30 adultos, entre los 69 y 93 años, con diagnóstico de enfermedad terminal y de diferentes estratos socio-económicos.	Se identifican cuatro categorías en su experiencia: 1) la priorización del proceso de institucionalización; 2) el apoyo en los diferentes sitios; 3) ser escuchados y, 4) la dignidad. A medida que se trasladaron encontraron profesionales menos flexibles y se sintieron menos escuchados. Es necesario concientizar a los profesionales para buscar que la transición responda a las necesidades del paciente.
Krohn (2008)	Identificar la importancia del plan de egreso en la atención de pacientes ambulatorios sometidos a diferentes procedimientos diagnósticos.	Las instrucciones de salida, su propósito, la definición de las metas de estas instrucciones y planes, la consideración de los obstáculos para comprender la instrucción, la necesidad de revisarla y la pertinencia de los impresos de las instrucciones de salida, deben ser abordadas para generar un plan adecuado.
Han <i>et al.</i> (2009)	Reconocer el plan de egreso como un problema central dentro del sistema de salud, en donde la estadía hospitalaria tiende a ser más corta, los costos más altos y, en consecuencia, se incrementa el énfasis en el cuidado comunitario.	En la medida en que los profesionales del área de la salud comprendan la importancia de dicho plan de egreso, se podrán disminuir las readmisiones, los costos del servicio, el estrés para los pacientes y mejorar la continuidad del cuidado.

Fuente: Construcción propia de las autoras. 2013.

La categoría **Instrumentos**, incluyó la revisión de seis publicaciones que agrupa estudios que buscaron generar o probar instrumentos para apoyar la orientación o medición del plan de transición y de egreso hospitalario. Los instrumentos

existentes orientan el plan de transición y el de egreso y se enfocan en características de integralidad, de seguridad y de continuidad. La revisión no reveló reporte de instrumentos en español y con pruebas psicométricas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Instrumentos que se han utilizado para medir el plan de egreso hospitalario.

Instrumento	Descripción
Índice Generado en el Cliente. Annells <i>et al.</i> (2001)	Valora y mide los resultados de la calidad de vida relacionados con el estado de salud y que facilita el cuidado individualizado. Se revisó aplicabilidad y utilidad de la herramienta por parte de enfermeras comunitarias en el establecimiento de planes de cuidado de enfermería y medición de resultados de la calidad de vida del paciente. Aunque demostró ser una herramienta útil, no reporta sus pruebas psicométricas.
Cuestionario de egreso de Kenner. Kenner & Boykova (2007)	Test estandarizado en idioma inglés, que demostró ser válido y confiable en la revisión de las experiencias de los padres con el cuidado y el soporte social. Consta de 38 ítems y se responde con valoración de tipo escala de Likert. Su aplicación permitió identificar las necesidades de información de los padres, sus roles, el nivel de estrés, el tipo de afrontamiento y los soportes o interacciones que requieren para asumir las responsabilidades de cuidado.
Instrumento para medir la percepción del paciente sobre la calidad del cuidado de enfermería y servicios afines en un hospital de tercer nivel.  Senarath & Gunawardena (2011)	Esta herramienta surge de la experiencia de trabajo, la revisión de la literatura y la consulta con expertos. Para validarla se aplicó a 120 pacientes al momento del egreso. De los 72 ítems inicialmente propuestos, quedaron 43, que fueron calificados en ocho categorías que incluyen: aspectos interpersonales, eficiencia, competencia, confort, ambiente físico, limpieza, información personalizada, e instrucción general. El instrumento final de 36 ítems tuvo un alpha de Cronbach's de 0,91 y demostró ser válido para uso en hospitales.
Escala de Calidad de educación al dar de alta y escala de la Preparación para el alta hospitalaria. Bobay <i>et al.</i> (2010)	Con 1982 pacientes que tenían ordenada su salida a la casa, se completó esta escala para determinar las diferencias en las percepciones de la calidad en la educación del egreso hospitalario y el grado de preparación para el alta hospitalaria y su relación con el reingreso a las urgencias.  Los hallazgos reflejaron una asociación entre el nivel de preparación para el alta hospitalaria y la edad en donde la herramienta resulta predictiva. Las herramientas mostraron ser válidas y confiables con todos los grupos etareos.
Instrumento de valoración de las necesidades de enfermería. Holland <i>et al.</i> (1998)	Surgió con base en la revisión de los requerimientos de las enfermeras de la comunidad y cuidado en casa para incluirlo en el plan de egreso hospitalario.  La herramienta contribuye en la comprensión de las necesidades de los pacientes entre el cuidado agudo y el crónico.
Lista de chequeo para el cuidado continuo. Hadjistavropoulos <i>et al.</i> (2009)	Es una herramienta que surgió para apoyar a las enfermeras en la revisión de una manera sencilla del cuidado de pacientes de ortopedia. Incluye aspectos de percepción de suministro de información, comunicación entre el hospital y las agencias de cuidado y continuidad en el cuidado.

Fuente: Construcción propia de las autoras. 2013.

En la categoría que referencia **Características básicas del plan de transición y egreso y desarrollo teórico que lo respalda**, se encontraron 24 publicaciones, cuya informa-

ción, a pesar de ser heterogénea, reconoce la relevancia de la transición y el egreso como un momento de mayor riesgo para el cuidado seguro y continuo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características básicas del plan de egreso.

Autores	Características que debe tener el plan de egreso
Hauser (2009)	Comunicación clara y concisa, cuando se cambia de escenario a un paciente de cuidado paliativo, quien requiere saber todos los detalles de su cuidado sin tener brechas en los detalles, para atender sus necesidades en ese momento de transición de alta complejidad.
Crocker <i>et al.</i> (2012)	Sistema de seguimiento continuo, a través de llamadas telefónicas, como parte integral del plan de egreso.
Brand (2006)	Contar con un equipo interdisciplinario con alta capacidad de toma de decisiones adecuada comunicación de las enfermeras con los médicos. Enfermería asume un rol administrativo en la coordinación de programas de egreso
Huber & McClelland (2003),	Alta participación del paciente y su familia en el diseño del plan de egreso. Identificar las prioridades manifestadas por los pacientes y sus cuidadores atendiendo a esas preferencias.
Lowson <i>et al.</i> (2013)	Vinculación activa de los cuidadores familiares, quienes hacen enormes contribuciones para mantener el ritmo del buen cuidado durante la trayectoria de la enfermedad. Los cuidadores dedican gran esfuerzo para maximizar el bienestar a través de identificar necesidades y abogar por los pacientes.
Beltz (2013)	Identificación de necesidades de cuidado en cada una de los servicios a donde se encuentra el paciente, teniendo en cuenta la edad de los usuarios y las transiciones propias del paso de la niñez a la adultez. Los adolescentes requieren, en su transición, recibir atención integral e interdisciplinaria y se debe atender esta situación, para generar políticas públicas que respondan a las demandas de cuidado.
Mcbride & Andrews (2012)	Implementar planes de fácil comprensión para los pacientes, incluyendo una capacitación para adquirir la competencia de educación a la salida.
Thraena <i>et al.</i> (2012)	Transferir información integrada orientada al cumplimiento de metas, consolidar procesos de trabajo sistemático con retroalimentación y, mejorar la interdependencia del paciente empleando un Modelo de Sistema Cognitivo Conjunto.
Ok Im (2011)	Utilización de marcos de referencia y teorías de rango medio relacionadas, como la de las Transiciones de Meleis, la cual, es de gran aporte a la construcción teórica y avance dentro de la enfermería en la transición hospital hogar del paciente.
Bowles <i>et al.</i> (2003)	Basarse en el modelo de déficit del auto cuidado de Orem, contar con instrumentos estandarizados, comunicación electrónica, mayor educación y entrenamiento y personal creativo para superar los problemas de la comunicación para garantizar la continuidad en el cuidado en el hogar.
Bowman <i>et al.</i> (2012)	Incluir en los planes de egreso a personas en fase de cuidado paliativo, la valoración de ocho dominios: la estructura y el proceso, el físico, el psicológico y psiquiátrico, el social, el espiritual, religioso y existencial, el cultural el cuidado de la muerte inminente y el ético legal.
Santo & Purden (2008)	Utilización de herramientas informativas tales como cartillas y folletos para apoyar a las familias en la transición entre el hospital y la casa.
Tellett <i>et al.</i> (2012)	Los planes de egreso en cuidado paliativo deben contar con un sistema de acompañamiento a la familia en el manejo de los síntomas del paciente en la etapa final.  Los criterios para transferir a un paciente en etapa terminal a su casa deben ser evaluados de manera diferencial, dependiendo de las circunstancias y del posible apoyo.
Oliver (2005)	Consolidar modelos para abordar posibles eventos adversos en casa como las caídas y revisar si las intervenciones modifican los índices de estos eventos adversos.
Vargas & Fernández (2011)	Construcción de modelos para la implementación de un Programa del Alta Hospitalaria Programada (PAH) que incluya: una valoración de las necesidades del paciente, tanto al momento del ingreso como en el egreso; coordinación con la red externa de salud y la reubicación de los usuarios con problemas sociales, así como una agilización de los trámites administrativos.

Continuación Cuadro 3.

Corbett <i>et al.</i> (2010)	Mejorar el conocimiento del paciente y su familia sobre los medicamentos antes de salir. Suministrar al paciente listas de medicamentos. Realizar seguimiento luego del alta con visita domiciliaria o llamada telefónica. Agendar visitas de seguimiento antes del alta. Simplificar el régimen médico post hospitalario.
Hellesøa & Lorensena (2005)	Es fundamental dar continuidad en el cuidado, reconociendo las necesidades del usuario que se requieren para el manejo en casa. En tal sentido se afirma que es indispensable llegar a acuerdos sobre contenidos mínimos que soporten el plan para los escenarios intra y extra hospitalarios.
McDonald (2012)	El plan de egreso se debe fundamentar en brindar un cuidado seguro durante la transición al hogar, con la inclusión activa de los pacientes y sus familiares.  Son temas claves a tener en cuenta el manejo de las heridas y la administración de medicamentos.
Hellesøa <i>et al.</i> (2004)	Mantenimiento de comunicación activa y efectiva entre las enfermeras hospitalarias con las enfermeras que trabajan en el hogar respecto a lo que ellas perciben como información significativa. Implementar registro electrónico de estas afirmaciones.
Frisk (2007)	Pueden resultar efectivas: la educación selectiva y seguimiento, el uso de listas de chequeo para orientar el egreso y folletos educativos.
Jacob (1999)	Se requiere coordinación de esfuerzos con las enfermeras de cuidado en el hogar para que se apoye a los cuidadores buscando mayor conocimiento y habilidad en medio de esta transición.
Weiss <i>et al.</i> (2008)	Abordar los predictores de los padres para cuidar en el hogar a los niños que tienen salida hospitalaria tales como las características de los padres, hijos y la hospitalización con la percepción de preparación para el cuidado en casa; las prácticas de enfermería de educación al egreso y coordinación del cuidado con la preparación para el cuidado en casa de los padres al dar de alta; el alistamiento de los padres para salir del hospital y, el alistamiento de los padres frente al cuidado en el hogar y la utilización del soporte después del alta.
Baker & Wellman (2005)	Inclusión dentro del plan de egreso de temas relacionados con manejo de problemas nutricionales asociados con la masticación, deglución, apetito, dietas cambiadas, la baja dentición.

Fuente. Construcción propia de las autoras. 2013

Con relación a **Efectividad del plan de egreso para el cuidado seguro, integral y continuo**, en esta categoría se exponen 11 estudios, que demuestran el nivel de efectividad del Plan de transición y de egreso hospitalario. Se muestra

una tendencia que permitiría recomendar el plan de transición y de egreso hospitalario, para apoyar la continuidad, facilitar el cambio, precisar la directriz, evitar complicaciones y disminuir costo evitable (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estudios que evidencian la efectividad del plan de egreso.

Autores/año	Objetivo/Propósito	Método	Resultados
Bull <i>et al.</i> (2000)	Examinar el efecto cuando se hace un plan de egreso a ancianos hospitalizados por falla cardiaca versus darles una instrucción convencional, y los costos asociados a la readmisión hospitalaria. Se midieron los grupos antes de la salida, a las dos semanas y a los dos meses del egreso.	Ensayo clínico aleatorizado  Longitudinal	El grupo muestra se sintió más preparado para la salida, reportó mayor continuidad de información sobre el manejo y se sintieron con mejor estado de salud. Al ser readmitidos gastaron menos días en el hospital que el grupo control.
Ben Morderchai <i>et al.</i> (2010)	Determinar el impacto de una educación estructurada en comparación con una estándar, al momento del alta hospitalaria con 47 pacientes de ortopedia para el grupo de educación estructurada y 48 para la convencional. A las seis semanas del alta se entrevistaron respecto a nivel de satisfacción, el manejo del dolor y el estatus funcional.	Ensayo clínico aleatorizado  Longitudinal	Los pacientes del primer grupo tuvieron menor dolor, y un mayor grado de satisfacción en la comunicación con la enfermera.

Continuación Cuadro 4.

Koelling <i>et al.</i> (2005)	Determinar el efecto de la educación del egreso para pacientes con falla cardíaca. Seleccionaron al azar 223 pacientes donde 107 de ellos, fueron escogidos para recibir una educación de una hora con una enfermera educadora. A todos los pacientes se les hizo llamada a los 30, 90 y 180 días para saber sobre eventos clínicos, síntomas y prácticas de auto cuidado.	Ensayo clínico aleatorizado Longitudinal	En los pacientes del grupo muestra se disminuyó el número de días de hospitalización y la mortalidad, además de menor riesgo de complicación.
Roebuck (1999)	Explorar los niveles de ansiedad y depresión que experimentaron los pacientes a la salida y cinco semanas luego del alta y cómo el seguimiento telefónico ayuda a mejorar esto.	Descriptivo- Exploratorio Longitudinal	Se muestra una pequeña disminución en la depresión durante el seguimiento
Ballard Hernández (2010)	Implementar políticas de prácticas basadas en la evidencia para educar a pacientes con falla cardíaca. Los planes de educación estandarizados fueron creados y utilizados por las enfermeras.	Descriptivo- Exploratorio Longitudinal	Con el seguimiento telefónico se reforzó la educación, logrando bajar la readmisión de los pacientes de 35% a 18%.
Pi-Chu <i>et al.</i> (2005)	Establecer un modelo de plan de egreso y evaluar su efectividad con pacientes de ortopedia.	Descriptivo- Piloto Longitudinal	El modelo resultó viable e incrementó la satisfacción de los pacientes al momento del egreso pero la prueba no contó con un grupo control para poder valorar su efectividad real.
Gee <i>et al.</i> (2010)	Desarrollar un modelo de “reconciliación con la medicación” denominado SERIOUS (solicitud, examen, reconciliación, información, optimización, actualización y el compartir el régimen de medicamentos) para respaldar a los pacientes con falla cardíaca quienes tenían salida reciente del hospital. Se programó una cita con un farmacéuta y una enfermera clínica.	Descriptivo- Exploratorio Longitudinal	Se presentó un 16% de tasa de readmisión frente al 19,8% en los demás pacientes. Se concluye que los planes de egreso son un factor clave para prevenir reingresos.
Hellesøa <i>et al.</i> (2005)	Implementar un método electrónico de documentación integrada para los pacientes que requieren cuidado continuo al egreso. 287 enfermeros hospitalarios y 220 de cuidado en casa respondieron un cuestionario antes y después del egreso de los usuarios.	Descriptivo Exploratorio Transversal	Con la implementación del registro electrónico se disminuyeron las discrepancias entre las enfermeras hospitalarias y de cuidado en casa con respecto al manejo de la información de los pacientes.
Li-Chi <i>et al.</i> (2012)	Evaluar la efectividad de un programa de cuidado de enfermería que combinó planes de egreso y seguimiento telefónico sobre el manejo del estrés y la carga del cuidador en pacientes con falla cardíaca comparándolo con la atención convencional. Se tomaron 63 pacientes en los que las especialistas en tele enfermería dieron asesoría 24 horas con monitoreo y seguimiento telefónico.	Cuasiexperimental Longitudinal	Todos los indicadores mejoraron en el grupo muestra por encima de los registros del grupo control.
Hiskett (2010)	Explorar las implicaciones prácticas de la terapia de presión negativa (TPN) en el cuidado en casa para personas con heridas. Se estableció una línea de base con foto y descripción.	Descriptivo Exploratorio Longitudinal	Se encontró un resultado clínico aceptable con un costo menor y mayor comodidad de los pacientes.
Thrutchley <i>et al.</i> (1997)	Evaluaron un programa de cuidado en casa en el cual entrenaron a las enfermeras para que aplicaran en los pacientes una valoración integral y un sistema de monitoreo en casa junto con una escala de seguridad y prevención de nuevos eventos.	Descriptivo Exploratorio Transversal	Este tipo de programas facilita la transición del hospital a la casa, disminuye longitud de la estadía y sus costos mientras incrementa la satisfacción del paciente.

Fuente. Construcción propia de las autoras, 2013.

Vale la pena resaltar que se identifican múltiples vacíos e investigación conceptual y metodológica, que se requieren de soporte para aplicar en la cualificación de la práctica en cuidado al paciente con enfermedad crónica. Atendiendo los parámetros propuestos por Arias & Sánchez (2013), quienes señalan que el cuidado crónico debe cumplir con los atributos de acceso, seguridad, continuidad, fortalecimiento de la propia capacidad y uso de las tecnologías apropiadas para su soporte, esta revisión permite evidenciar la brecha entre la situación actual y la deseada, recordando que un sistema de salud que cuenta con madurez es aquel que atiende, de manera idónea, a las personas con enfermedad crónica (Samb *et al.* 2010).

Desde el punto de vista de enfermería, además de las consideraciones anteriores, es preciso señalar que el cuidado implica compromiso con el ser total y trasciende de realizar actividades a acompañar su experiencia de cuidado de la salud, lo cual, requiere abordar las transiciones y el egreso, como puntos críticos para los usuarios, dentro de la misma.

## CONCLUSIÓN

Del análisis y de la reflexión acerca de los conceptos, las estrategias y los instrumentos encontrados en la literatura, se concluye que ella refleja, parcialmente, el vacío de la investigación frente a directrices concretas en el plan de transición y de egreso. A pesar que se reporta el desarrollo de algunos instrumentos que respaldan la valoración y la medición dentro del plan de egreso, no todos cuentan con pruebas psicométricas y ninguno de ellos es en español. Pocos documentos proponen características para el desarrollo teórico y son limitados los estudios que presentan los beneficios y la efectividad de este plan, para orientar el cuidado en diferentes poblaciones, señalando beneficios en reducción de costos, incremento de satisfacción y disminución de complicaciones innecesarias. La evidencia respalda la propuesta del plan de egreso para el cuidado integral, continuo y seguro, que requieren las personas con ECNT y sus cuidadores familiares e invita a continuar con este tipo de investigación, en respuesta a su inminente necesidad.

**Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Dirección Nacional de Extensión, Universidad Nacional de Extensión. Primera Convocatoria Nacional de Extensión Solidaria. Programa Cuidando a cuidadores. 2011-2012.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ANNELLS, M.; KOCH, T.; BROWN, M. 2001. Client relevant care and quality of life: the trial of a Client Gene-

- rated Index (CGI) tool for community nursing. *Int. J. Nursing Studies (EEUU)*. 38:9-16.
2. ARIAS, M.; SÁNCHEZ, B. 2013. Las cinco características necesarias para ofrecer cuidado institucional en situaciones de enfermedad crónica. Experiencias de formación e investigación para el cuidado de enfermería. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. En prensa.
3. BAKER, E.; WELLMAN, N. 2005. Nutrition concerns in discharge planning for older adults: A need for multidisciplinary collaboration. *J. Am. Diet Assoc. (EEUU)*. 105:603-607.
4. BALLARD HERNÁNDEZ, J. 2010. Nurse practitioners improving the transition from hospital to home and reducing acute care readmission rates in heart failure patients. *Heart & Lung J. (EEUU)*. 39(4):365-367.
5. BARRERA, L.; PINTO, N.; SÁNCHEZ, B. 2006a. La habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica. *Inv. Ed. Enfermería. (Colombia)*. 23(1):36-46.
6. BARRERA, L.; PINTO, N.; SÁNCHEZ, B.; GALVIS, C.; MORENO, M.; PINZÓN, M., ROMERO E. 2006b. La habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica: Un estudio comparativo en tres unidades académicas de enfermería. *Inv. Ed. Enfermería*. 24(1):36-46.
7. BEN MORDERCHAI, B.; HERMAN, A.; KERZMAN, H.; IRONY, A. 2010 Structured discharge education improves early outcome in orthopedic patients. *Int. J. Orthoped. Trauma Nurs. (Reino Unido)*. 14(2):66-74.
8. BELTZ, C. 2013. Health care transition for adolescents with special healthcare needs: Where's nursing? *Nurse Outlook. (EEUU)*. 61(5):258-265.
9. BOBAY, K.; JEROFKE, T.; WEISS, M.; YAKUSHEVA, O. 2010. Age-related differences in perception of quality of discharge teaching and readiness for hospital discharge. *Geriat. Nurs. (EEUU)*. 31(3):178-187.
10. BOWLES, K.; FOUST, J.; NAYLOR, M. 2003. Hospital discharge referral decision making: a multidisciplinary perspective. *Appl. Nurs. Res. (EEUU)*. 16(3):134-143.
11. BOWMAN, E.; SACHS, G.; EMMETT, T. 2012. Do hospital-to-home transitional care programs for older adults address palliative care domains? A systematic review. *J. Pain Symptom. Manag. (EEUU)*. 43(2):420-421.

12. BULL, M.; HANSEN, H.; GROSS, C. 2000. A professional-patient partnership model of discharge planning with elders hospitalized with heart failure. *Appl. Nurs. Res.* 13(1):19-28.
13. BRAND, S. 2006. Nurses' roles in discharge decision making in an adult high dependency unit. *Intens. Crit. Care Nurs. (Reino Unido)*. 22:106-114.
14. BURNS, N.; GROVE, S.K. 2012. Investigación en Enfermería. Desarrollo de la práctica Enfermera basada en evidencia. Barcelona: Elsevier España. 614p.
15. COLLIER, E.; HARRINGTON, C. 2005. Discharge planning, nursing home placement, and the Internet. *Nurse Outlook*. 53:95-103.
16. CORBETT, C.; SETTER, S.; DARATHA, K.; NEUMILLER, J.; WOOD, L. 2010. Nurse identified hospital to home medication discrepancies: implications for improving transitional care. *Geriat. Nurs.* 31:188-196.
17. CHEN, J.; ROSS, J.S.; CARLSON, M.; LIN, Z.; NORMAND, S.T.; BERNHEIM, S.M.; DRYE, E.E.; LING, S.M.; HAN, L.F.; RAPP, M.T.; KRUMHOLZ, H.M. 2012. Skilled nursing facility referral and hospital readmission rates after heart failure or myocardial infarction. *Am. J. Med. (EEUU)*. 125(1):100.e1-100.e9.
18. CHIN-YEN, H.; CHIN-YI, C.; HUI-LING, L. 2009. Another compulsory clinical competence for emergency nurses -Implementing effective discharge planning. *Austral. Emerg. Nurs. J.* 12(4):178-186.
19. CROCKER, J.; JEFFREY, L. 2012. Telephone follow-up as a primary care intervention for postdischarge outcomes improvement: A systematic review. *Am. J. Med.* 125:915-921.
20. FOUST, J.B. 2007. Discharge planning as part of daily nursing practice. *Appl. Nurs. Res.* 90:72-77.
21. FRISK, B. 2007. Safe transition to home: preparing the near-term infant for discharge. *Newborn & Infant Nurs. Rev. (EEUU)*. 7(2):106-113.
22. GEE, J.; LAFOREST, S.; PUGACZ, A.; GUTHRIE, A.; SALEM, W.; SABATKA, S.; ORTIZ, C.; HOOVER, D. 2010. Getting serious about transition: a medication reconciliation model of care in the management of heart failure. *Heart & Lung J.* 39(4):366-375.
23. HADJISTAVROPOULOS, H.; GARRATT, S.; JANZEN, J.; BOURGAULT-FAGNOU, M.; SPICE, K. 2009. Development and evaluation of a continuity of care checklist for improving orthopedic patient discharge from hospital. *Int. J. Orthoped. Trauma Nurs.* 13:183-193.
24. HAN, C.; BARNARD, A.; CHAPMAN, H. 2009. Discharge planning in the emergency department: a comprehensive approach. *J. Emerg Nurs. (EEUU)*. 35(6):525-528.
25. HANRATTY, B.; HOLMES, L.; LOWSON, E.; GRANDE, G.; ADDINGTON-HALL, J.; PAYNE, S. 2012. Older adults' experiences of transitions between care settings at the end of life in England: a qualitative interview study. *J. Pain Symptom. Manag.* 44(1):74-83.
26. HAUSER, J. 2009. Lost in transition: the ethics of the palliative care handoff. *J. Pain Symptom. Manag.* 37(1):930-933.
27. HELLESØA, R.; LORENSENA, M. 2005. Inter-organizational continuity of care and the electronic patient record: A concept development. *Int. J. Nurs. Studies.* 42:807-822.
28. HELLESØA, R.; SORENSEN, L.; LORENSENA, M. 2005. Nurses' information management across complex health care organizations. *Int. J. Med. Informat. (EEUU)*. 74:960-972.
29. HELLESØA, R.; LORENSENA, M.; SORENSEN, L. 2004. Challenging the information gap - the patients transfer from hospital to home health care. *Int. J. Nurs. Studies.* 73:569-580.
30. HISKETT, G. 2010. Clinical and economic consequences of discharge from hospital with on-going TNP therapy: a pilot study. *J. Tissue Viability. (Reino Unido)*. 19(1):16-21.
31. HOLLAND, D.; HANSEN, D.; MATT-HENSRUD, N.; SEVERSON, M.; WENNINGER, C. 1998. A nursing needs assessment instrument. *Geriat. Nurs.* 19:331-334.
32. HUBER, D.; McCLELLAND, E. 2003. Patient preferences and discharge planning transitions. *J. Prof. Nurs. (EEUU)*. 19:204-210.
33. OK IM, E. 2011. Transitions theory: A trajectory of theoretical development in nursing. *Nurse Outlook*. 59:278-285.

34. JACOB, E. 1999. Making the transition from hospital to home: caring for the newly diagnosed child with cancer. *Home Care Provid. (EEUU)*. 4(2):67-73.
35. KENNER, C.; BOYKOVA, M. 2007. Transition to home: family perspectives on care in Russia. *Newborn & Infant Nurs. Rev.* 7(1):20-24.
36. KOELLING, T.; JOHNSON, M.; CODY, R.; AARONSON, K. 2005. Discharge education improves clinical outcomes in patients with chronic heart failure. *J. Am. Heart Assoc.* 111:179-185.
37. KROHN, D. 2008. Discharge instructions in the outpatient setting: nursing considerations. *J. Radiol. Nurs. (EEUU)*. 27:29-33.
38. LI-CHI, CH.; WAN-CHOU, CH.; YU-TZU, D.; YI-LWUN, H. 2012. The effectiveness of telehealth care on caregiver burden, mastery of stress, and family function among family caregivers of heart failure patients: A quasi-experimental study. *Int. J. Nurs. Studies*. 49:1230-1242.
39. LIN, F.; CHABOYER, W.; WALLIS, M. 2009. A literature review of organizational, individual and teamwork factors contributing to the ICU discharge process. *Austral. Crit. Care*. 22:29-43.
40. LOWSON, E.; HANRATTY, B.; HOLMES, L.; ADDINGTON-HALL, J.; GRANDE, G.; PAYNE, S.; SEYMOUR, J. 2013. From 'conductor' to 'second fiddle': Older adult care recipients' perspectives on transitions in family caring at hospital admission. *Int. J. Nurs. Studies*. 50(9):1197-1205.
41. McBRIDE, M.; ANDREWS, G. 2012. The transition from acute care to home: a review of issues in discharge teaching and a framework for better practice. *Canad. J. Cardiol.* 28(Suppl 5):S436-S445.
42. McDONALD, S. 2012. Discharge readiness: an opportunity for change in the transition from hospital to home. *Canad. J. Cardiol.* 28(5):443-451.
43. OLIVER, D. 2005. Medical input, rehabilitation and discharge planning for patients with hip fracture: Why traditional models are not fit for purpose and how things are changing current. *Anesth. & Crit. Care. (Australia)*. 16:11-22.
44. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Estadísticas Sanitarias Mundiales 2013*. Disponible desde internet en: [http://apps.who.int/iris/bits-tream/10665/82062/1/WHO\\_HIS\\_HSI\\_13.1\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bits-tream/10665/82062/1/WHO_HIS_HSI_13.1_spa.pdf) (con acceso 15/05/2013)
45. PI-CHU, L.; JIN-LIAN, W.; SU-YU-CHANG, B.; FU-MEI-YANG, C. 2005. Effectiveness of a discharge-planning pilot program for orthopedic patients in Taiwan. *Int. J. Nurs. Studies*. 42:723-731.
46. PICHITPORNCHAIA, W.; ANNETTE, S.; TASSANA, B. 1999. Discharge planning and transitional care: issues in Thai nursing. *Int. J. Nurs. Studies*. 36:355-362.
47. PINTO, N.; BARRERA, L.; SÁNCHEZ, B.; FIGUEROA, P.; BLANCO DE CAMARGO, L. 2006. Habilidad de cuidado de los cuidadores familiares de personas con enfermedad crónica. *Mirada Internacional. Aquichán. (Colombia)*. 6(1):22-33.
48. RHODY, L.; HOLLAND, D.; BOWLES, K. 2010. Illuminating hospital discharge planning: staff nurse decision making. *Appl. Nurs. Res.* 23(4):198-206.
49. ROEBUCK, A. 1999. Telephone support in the early post discharge period following elective cardiac surgery: does it reduce anxiety and depression levels? *Intens. Crit. Care Nurs.* 15:142-146.
50. SAMB, B.; DESAI, N.; NISHTAR, S.; MENDIS, S.; BEKEMAN, H.; WRIGHT, A. 2010. Prevention and management of chronic disease: a litmus test for health systems strengthening in low-income and middle-income countries. *The Lancet*. 376(9754):1785-1797.
51. SÁNCHEZ, B. 2011. Cuidado seguro: la nueva tendencia en el cuidado de la salud. *Actual. Enferm. (Colombia)*. 14(2):27-32.
52. SANTO, A.; PURDEN, M. 2008. Developing an information booklet for parents and caregivers of children recovering from spinal fusion surgery. *Int. J. Orthoped. Trauma Nurs.* 12:84-89.
53. SENARATH, U.; GUNAWARDENA, N. 2011. Development of an instrument to measure patient perception of the quality of nursing care and related hospital services at the National Hospital of Sri Lanka. *Asian Nurs. Res. (Corea)*. 5(2):71-80.
54. TELLETT, L.; PYLE, L.; COOMBS, M. 2012. End of life in intensive care: Is transfer home an alternative? *Intens. Crit. Care Nurs. (Reino Unido)*. 28:234-241.

55. THRAENA, I.; BAIRB, B.; MULLINC, S.; WEIR, C. 2012. Characterizing “information transfer” by using a joint cognitive systems model to improve continuity of care in the aged. *Int. J. Med. Informat.* 81:435-441.
56. THRITCHLEY, D.; DELONG, D.; RYMER, M. 1997. Stroke home health care: The transition to independence. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis. (EEUU)*. 6(6):465-471.
57. VARGAS, Z.; FERNÁNDEZ, R. 2011. Programa de alta hospitalaria programada para preparar el egreso del paciente y familia. *Rev. Enferm. Actual en Costa Rica*. 21:1-20.
58. WATTS, R.; PIERSON, J.; GARDNER, H. 2005. How do critical care nurses define the discharge planning process? *Intens. Crit. Care Nurs.* 21:39-46.
59. WEISS, M.; JOHNSON, N.; MALIN, S.; JEROFKE, T.; LANG, C.; SHERBURNE, E. 2008. Readiness for discharge in parents of hospitalized children. *J. Ped. Nurs. (EEUU)*. 23(4):282-295.

Recibido: Julio 24 de 2013

Aceptado: Diciembre 5 de 2013

#### Como citar:

Sánchez, B.; Carrillo, G.M.; Barrera, L. 2014. El plan de transición y egreso hospitalario y su efecto en el cuidado de la salud: una revisión integrada. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 13-23.



# IDENTIFICACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPS) EN EL PM<sub>2.5</sub> DEL AIRE DE PAMPLONA-COLOMBIA

## IDENTIFICATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHS) IN THE AIR PM<sub>2.5</sub> PAMPLONA-COLOMBIA

Mónica Juliana Quijano<sup>1</sup>, Alfonso Quijano<sup>2</sup>, Iván Meléndez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Químico, Especialista en Bioquímica. Universidad de Pamplona. Investigadora Grupo de Investigación en Química, Pamplona, Colombia. e-mail: mojuquiva@unipamplona.edu.co; <sup>2</sup> Químico, Ph.D. Universidad de Pamplona. Profesor Asociado. Departamento de Química y Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación en Química, e-mail: alfonsoquijanoparra@gmail.com; <sup>3</sup> Biólogo, M.Sc. Universidad de Pamplona. Profesor asistente. Departamento de Química y Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Grupo de Investigación en Biología Molecular (Biomogen), e-mail: imgelvez@unipamplona.edu.co.com. Correspondencia: Ciudadela universitaria, Km 1, Vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. (Grupo de Investigación en Química).Teléfono: 097-5685303 ext: 215. Celular: 3166949582 e-mail: alfonsoquijanoparra@unipamplona.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 25-33, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

La contaminación del aire, se considera un serio problema ambiental, debido a la presencia en la atmósfera de materiales peligrosos, tales como metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) presentes en el material particulado (PM). Los (HAPs) son contaminantes prioritarios del aire, por sus propiedades extremadamente peligrosas para la salud humana. El material particulado fracción respirable PM<sub>2.5</sub> fue monitoreado usando un equipo Partisol 2025 Plus con filtros de cuarzo Palmflex. Los filtros, se sometieron a extracción por ultrasonido, utilizando por separado tres solventes diclorometano, acetona y una mezcla diclorometano:acetona (3:1). Para identificar los HAPs presentes, los extractos obtenidos se analizaron en un cromatografo de gases HP6890 plus con detector FID. Por primera vez en el PM<sub>2.5</sub> del aire de Pamplona-Norte de Santander, se detectaron 12 HPAs, dentro, de los cuales, se destaca el benzo [a] pireno, considerado uno de los más potentes carcinógenos en humanos.

Palabras clave: Material particulado, PM<sub>2.5</sub>, mutágenos, benzo(a)pireno, cromatografía de gases.

### SUMMARY

Air pollution is considered a serious environmental problem due to the presence in the atmosphere of hazardous materials such as metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (HAPs) content in the particulate matter (PM). The (PAHs) are priority pollutants from the air due to its extremely dangerous to human health. In order to identify the polycyclic aromatic hydrocarbons present in the organic matter from the air PM<sub>2.5</sub> Pamplona, the respirable fraction PM<sub>2.5</sub> particulate material was monitored using equipment Partisol 2025 Plus Palmflex quartz filters. The filters were subjected to ultrasonic extraction using dichloromethane three separate solvents, acetone and dichloromethane: acetone (3:1). To identify PAHs, the extracts were analyzed in a gas chromatograph with FID detector plus HP6890. For the first time in the air PM<sub>2.5</sub> Pamplona-Norte de Santander, are detected and identified 12 PAHs, among which stands out the benzo [a] pyrene, which is considered one of the most potent carcinogens.

Key words: Particulate matter, PM<sub>2.5</sub>, mutagens, Benzo (a) pyrene, gas chromatography.

## INTRODUCCIÓN

Los tóxicos del aire son contaminantes y son conocidos o sospechosos de causar efectos adversos a la salud y se clasifican de la siguiente manera: contaminantes gaseosos, categoría a la cual pertenecen el Ozono ( $O_3$ ), el dióxido de azufre ( $SO_2$ ), los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y el monóxido de carbono ( $CO$ ); compuestos Orgánicos Volátiles; contaminantes orgánicos persistentes; metales pesados y material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . En los humanos, la inhalación es la ruta más frecuente de acceso de los contaminantes atmosféricos al organismo, es por esto que el tracto respiratorio y los pulmones están generalmente involucrados en los procesos de translocación del agente nocivo, por la sangre y los tejidos (Halatek *et al.* 2005; Vinitketkumnuen *et al.* 2002). La contaminación del aire por material particulado (PM), se considera un serio problema ambiental, debido a la presencia en la atmósfera de materiales peligrosos, tales como metales traza, que aumentan las lesiones cardiopulmonares en los seres humanos (Shaheen *et al.* 2005; Carreras *et al.* 2013; Shah *et al.* 2006).

En cuanto a los efectos sobre la salud humana, especialmente enfermedades respiratorias, el material particulado fracción respirable es el de mayor preocupación, ya que la gente pasa cerca del 20% de su tiempo al aire libre (Mannino & Orecchio, 2008); a largo plazo, la exposición al PM se ha asociado con una mayor incidencia del aumento de la tasa de cáncer de pulmón (Goldberg *et al.* 2001) y enfermedades cardiovasculares (Dagouassat *et al.* 2012).

Estudios relacionados con las fuentes de emisión de las partículas finas ( $PM_{2.5}$ ) comprueban que los vehículos que funcionan con diesel y gasolina son una de las principales fuentes de emisión de material particulado (Maykut *et al.* 2003; U.S. EPA, 2004). El daño inducido por el PM, se produce por estrés oxidativo, a través de las especies reactivas de oxígeno (ROS), que se relacionan con procesos carcinogénicos (Milaeva, 2011; Hou *et al.* 2011; Zhang *et al.* 2001). Las partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  muestran mutagenicidad directa e indirecta, atribuida principalmente a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) encontrados en las emisiones de vehículos diésel, especialmente (Amador-Muñoz *et al.* 2010). Estos (HAPs) son considerados como las principales causas de acción indirecta de mutagenicidad; muchos de los HAP individuales son citotóxicos, mutagénicos y potencialmente carcinógeno para los seres humanos. En algunos casos, la actividad carcinogénica es particularmente elevada, como es el ejemplo del benzo[a]antraceno en animales y el benzo[a]pireno en humanos (Hayakawa, 2009). La mutagenicidad de acción directa se le atribuye a los hidrocarburos aromáticos nitropolicíclicos (NPAHs), como los dinitropirenos (DNP) (Wada *et al.* 2001). Uno de los NPAHs más importantes es

la 3-nitrobenzantrona (3-nitro-7H-benzo [de] anthracen-7-ona; 3-NBA), que es un mutágeno extremadamente potente y un carcinógeno en humanos, detectado en los gases de escape de motores Diésel (Da Costa *et al.* 2009; Wada *et al.* 2001). De acuerdo con la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer, algunos son posiblemente carcinógenos para los humanos (Kawanaka *et al.* 2008); por ejemplo, el 1-nitropireno es uno de los compuestos con más poder mutagénico, al igual que algunos dinitro-PAHs (Portet-Koltalo *et al.* 2008). Estudios epidemiológicos proporcionan suficiente evidencia de la carcinogenicidad en los seres humanos de las emisiones del diésel (U.S. EPA., 2002; Riger *et al.* 2011; Taga *et al.* 2005).

El interés en conocer los niveles ambientales de los HAPs radica fundamentalmente, en las propiedades carcinogénicas, mutagénicas y teratogénicas que poseen algunas de ellas, lo que los llevó a ser considerados como contaminantes prioritarios por la Agencia Norteamericana de Protección del Medioambiente (US-EPA) y la IARC (IARC, 2010).

En Colombia, se ha estudiado el PM 10 y se han identificado los HAPs presentes en esta fracción, es así como Pachón *et al.* (2004), en el estudio realizado en el aire de la zona metropolitana de Bogotá, hallaron fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(ghi)perileno e Indeno(1,2,3-cd)pireno. En la investigación realizada en las partículas respirables de áreas industriales y de áreas afectadas por el tráfico vehicular de Bogotá, se determinó la presencia de benzo(a)pireno, sustancia cancerígena y asociada a las emisiones de vehículos y combustión del carbón (Consuegra, 2006).

En Colombia, no existen normas para los HAPs; la deficiencia de estudios y en parte el desconocimiento de la existencia de estas sustancias (HAPs, NHAPs, OHAPs) en el material particulado  $PM_{2.5}$ , han incidido en la falta de acciones que prevengan, reduzcan, minimicen, mitiguen y controlen la emisión de estas sustancias a la atmósfera. Por lo tanto, investigaciones como ésta, se enfocan en mostrar el impacto que pueden tener los HAPs en la salud humana, para que, de esa manera, se puedan tomar medidas de prevención, que se podrían reflejar en el desarrollo de nuevas investigaciones, así como en la implementación de políticas de control para darle cumplimiento al numeral 6 del artículo 1 de la Ley 99 de 1993, "Principios Generales Ambientales".

Teniendo en cuenta que a Pamplona la atraviesa una vía nacional que presenta un alto flujo vehicular, especialmente, de vehículos de carga pesada que funcionan con diésel, en el presente estudio pretendemos identificar compuestos mutagénicos (HAPs), originados por la combustión del diésel. Es de anotar que esta ciudad no tiene industrias que emitan

contaminantes a la atmosfera, por lo que la contaminación ambiental en esta zona del país proviene, fundamentalmente, de la combustión de los vehículos a diésel y gasolina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de muestreo:** Se realizó el monitoreo de la fracción respirable  $PM_{2.5}$  en Pamplona, Norte de Santander, capital ubicada en la cordillera Oriental de Colombia, con coordenadas geográficas  $72^{\circ}25'$  de longitud Oeste y  $7^{\circ}20'$  de latitud Norte, a una altitud de 2100 msnm y una presión atmosférica de 542mm de Hg. EL monitoreo del material particulado ultrafino  $PM_{2.5}$  se realizó con un equipo Partisol-2025 PLUS de la Ruprecht-Patashnick; el equipo se instaló en la azotea del edificio de la facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Pamplona, cerca de una vía nacional transitada por vehículos que funcionan con diésel y gasolina. Las muestras ambientales obtenidas en muestreos de 24 horas, cada tres días, se realizaron durante el período comprendido entre enero-julio del 2011. Para la recolección, se utilizaron filtros de Teflón de 47 mm de diámetro, con un tamaño de poro de 2 micras.

**Extracción de la Materia Orgánica de los filtros de  $PM_{2.5}$ :** La materia orgánica (MO) de los filtros de  $PM_{2.5}$  (HAPs), se extrae por ultrasonido, en un baño ultrasónico (Branson 1510); como solventes de extracción, se utilizan, por separado, el diclorometano (200mL), la acetona (200mL) y una mezcla de acetona: diclorometano (1:3). Los filtros de  $PM_{2.5}$ , inicialmente, se introducen en un vaso de precipitado con 20mL del solvente, para un periodo de extracción de 15 minutos, a una temperatura de  $23^{\circ}C$ - $24^{\circ}C$ ; se recoge el extracto y se agregan de nuevo 20mL del solvente y se realiza la extracción durante 15 minutos; se recoge el extracto y se repite la operación hasta completar los 200mL del solvente. De esta manera, se obtienen tres extractos por separado, para cada uno de los solventes utilizados.

**Concentración de la materia orgánica:** Una vez obtenido el extracto (200mL), se concentra en un evaporador rotatorio de vacío, marca Heidolph modelo Laborota 400-1, a la temperatura de ebullición del solvente a 150rpm, hasta aproximadamente 2mL obteniéndose el extracto global. Posteriormente, los extractos globales, se utilizan para la determinación de HAPs por Cromatografía de Gases (Ping & Panuwat, 2006). Las muestras, se secaron con  $Na_2SO_4$ , con el fin de eliminar el agua residual y preparar la muestra para el análisis cromatográfico. Se guardaron en frasco ámbar, manteniéndolas refrigeradas a  $4^{\circ}C$ .

**Identificación de Hidrocarburos Aromáticos Poli cíclicos (HAPs):** Para identificar los HAPs extraídos con Diclorometano, Acetona y la mezcla Acetona:Diclorometano, se utilizó un equipo de Cromatografía de Gases marca Agilent Te-

chnologies 6890A Plus Series II Hewlet-Packard Plus, con detector FID (Flame Ionization Detector). La columna utilizada es Agilent DB-EUPAH 20m de longitud, 0,18mm de diámetro, 0,25 $\mu$ m de diámetro interno (5% phenyl methylpolysiloxane). Para la identificación de los HAPs, se empleó el patrón de 16 hidrocarburos de Restek (catalogo # 31841 EPA Method 8310 PAH Mixture). La identificación cualitativa de los HAPs presentes en el extracto global, se realizó de acuerdo a las siguientes condiciones: detector FID, a  $320^{\circ}C$  Mezcla (mL/min): Aire 400 –  $H_2$  30 –  $N_2$  45. Se inyectó 1 $\mu$ l, modo splitless, a  $320^{\circ}C$ . Temperatura inicial de  $45^{\circ}C$ , por 0,8 min y se incrementó de la siguiente manera:  $45^{\circ}C$ /min hasta  $200^{\circ}C$ ,  $2,50^{\circ}C$ /min hasta  $225^{\circ}C$ ,  $3^{\circ}C$ /min hasta  $266^{\circ}C$ ,  $5^{\circ}C$ /min hasta  $300^{\circ}C$ ,  $10^{\circ}C$ /min hasta  $320^{\circ}C$  durante 4,50min. Tiempo de análisis por muestra 41.21min. Gas de arrastre Helio, flujo 20mL/min. Temperatura del inyector  $250^{\circ}C$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar la identificación de los HAPs, se tomó como referencia el cromatograma de la muestra patrón de 16 Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos que la US-EPA incluye en su lista de contaminantes prioritarios (EPA, 1984) y que pueden estar presentes en los extractos globales del  $PM_{2.5}$  de Pamplona (Figura 1).

Del extracto global extraído con acetona, se obtuvo el perfil cromatográfico en el que se observa compuestos a los 11, 15, 21, 24 y 38 minutos, los cuales, corresponden al benzo[c] fluoreno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]pireno, mostrados en la figura 2. En el perfil cromatográfico del extracto global extraído con la mezcla acetona:diclorometano (1:3) podemos observar compuestos a los 11, 16, 21, 22 y 24 minutos, que corresponden a los compuestos benzo[c]fluoreno, Criseno, benzo[b] fluoranteno, benzo[k]fluranteno y benzo[a] pireno (Figura 3). El perfil cromatográfico del extracto global extraído con diclorometano, se muestra en la figura 4. En dicha figura, se observan compuestos a los 11, 13, 16, 21, 24, 31, 31,5, 32, 37 y 40 minutos, que corresponden a los compuestos benzo[c]fluoreno, benzo[a]antraceno, 5 metil criseno, benzo[j]fluoranteno, benzo[a]pireno, Indeno[1,2,3-cd]pireno dibenzo[a,h]antraceno, benzo(g,h,i)perileno, dibenzo[a,e]pireno, dibenzo[a,h] pireno. Es necesario señalar, que el benzo [g,h,i] perileno es un indicador de HAPs emitidos por los escapes de los motores diésel y de gasolina, como lo reporta Kuo *et al.* (1998). Estos hallazgos son importantes, debido a que se ha establecido que uno de los factores de riesgo para la mortalidad por cáncer es el tráfico vehicular (Anand *et al.* 2008; Belpomme *et al.* 2007). Además, el Programa Nacional de Toxicología Americano (NTP) anticipa que contaminantes, como el benzo[a] antraceno, benzo[b] fluoranteno, benzo[j] fluoranteno, benzo[k] fluoranteno, benzo[a] pireno, dibenzo[a,h] antraceno, dibenzo[a,e] pireno, dibenzo[a,i] pi-

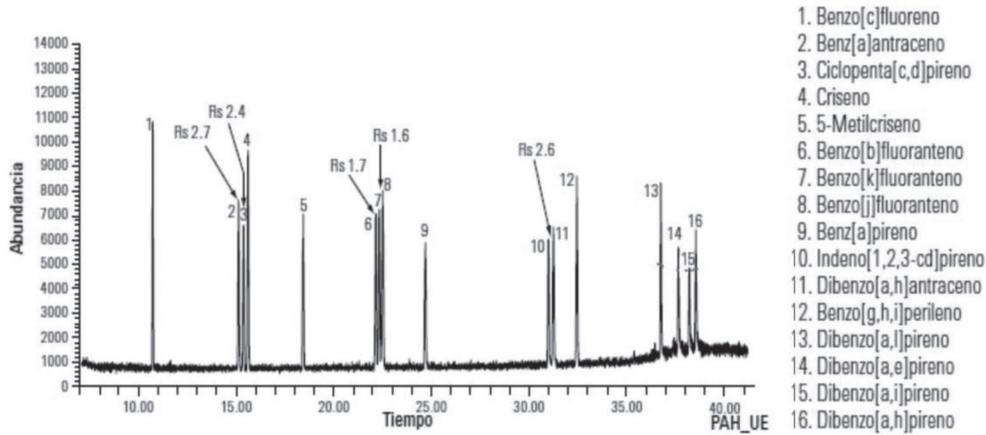


Figura 1. Cromatograma de la muestra patrón de 16 Hidrocarburos (Catálogo # 31841 EPA Method 8310 PAH Mixture).

reno, dibenzo[a,l] pireno, indeno[1,2,3-c,d] pireno y 5-metilcriseno, pueden ser considerados como carcinógenos en humanos (RoC, 2009).

Como se observa en la tabla 1, al utilizar la acetona como solvente de extracción, permite identificar 5 HAPs; el diclorometano permite identificar 10 HAPs y la mezcla dicloro-

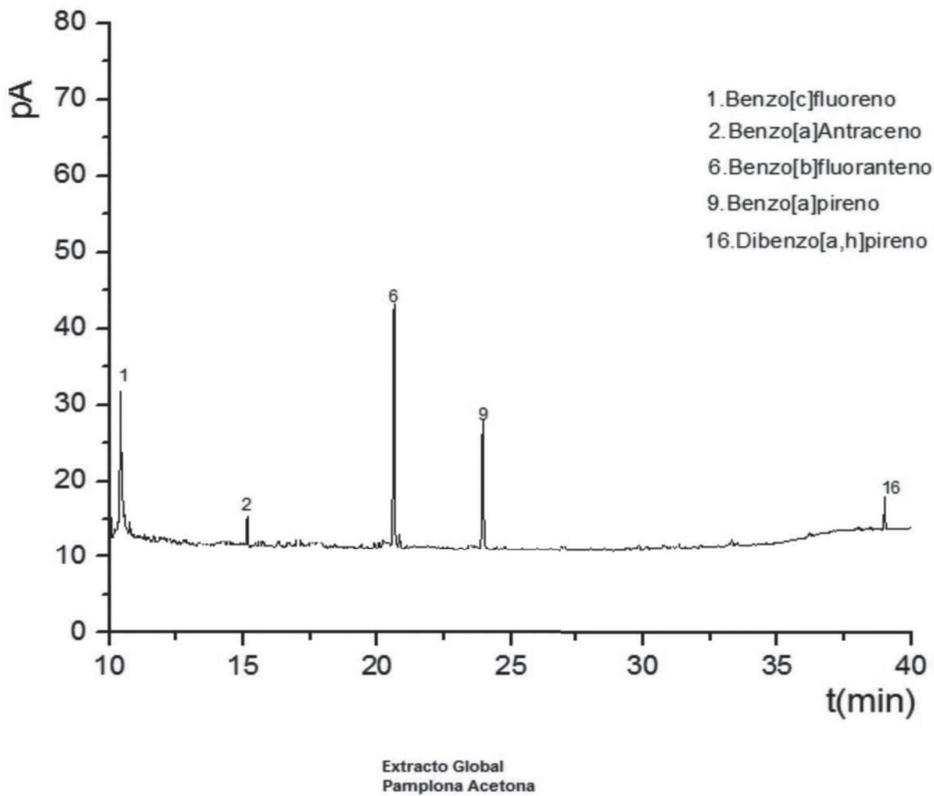


Figura 2. Perfil cromatográfico del extracto global de los HAPs presentes en el PM<sub>2.5</sub> de la ciudad de Pamplona, utilizando como solvente de extracción acetona.

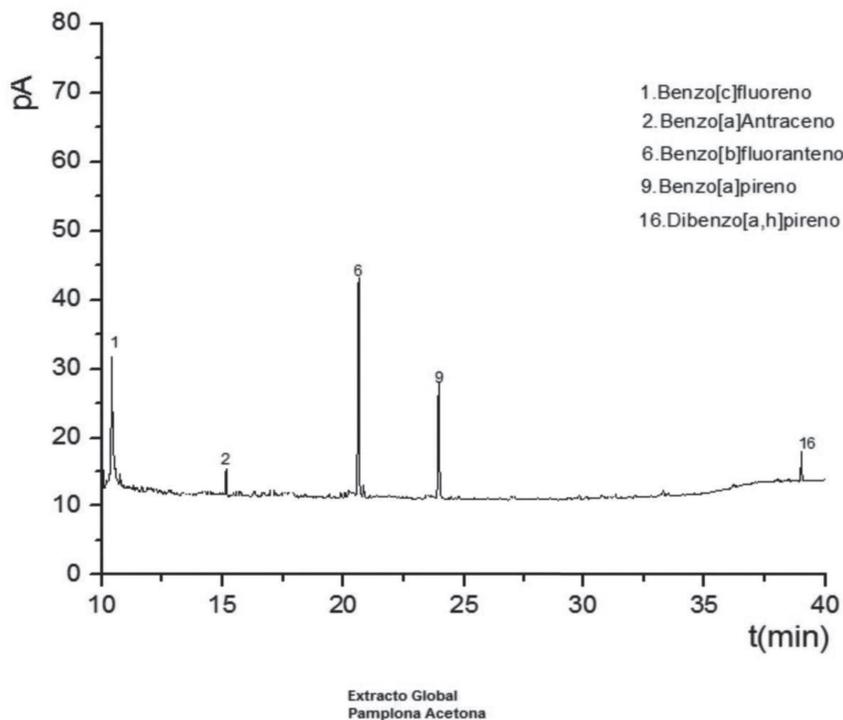


Figura 3. Perfil cromatográfico de los HAPs presentes en el  $PM_{2.5}$  de la ciudad de Pamplona, extraídos con una mezcla de acetona:diclorometano(1:3).

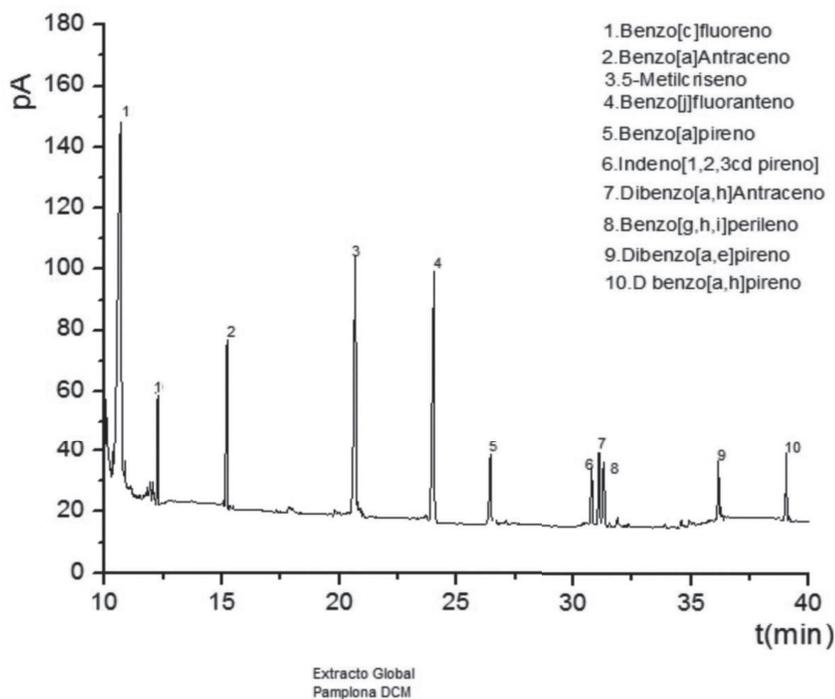


Figura 4. Perfil cromatográfico de los HAPs presentes en el extracto global del  $PM_{2.5}$  del aire de Pamplona, extraído con diclorometano.

Tabla 1. HAPs identificados en la materia orgánica del PM<sub>2.5</sub> del aire de Pamplona, extraído con diferentes solventes.

HAPs	Acetona	DCM	Acetona: DCM(1:3)
Benzo(a)fluoreno	X	X	X
Benzo(a)antraceno	X	X	ND
Benzo(b)fluoranteno	X	ND	X
Benzo(a)pireno	X	X	X
Dibenzo(a,h)pireno	X	X	ND
Criseno	ND	ND	X
Benzo(k)fluoranteno	ND	ND	X
5 Metil criseno	ND	X	ND
Benzo(j)fluoranteno	ND	X	ND
Indeno(1,2,3,cd)pireno	ND	X	ND
Dibenzo(a,h)antraceno	ND	X	ND
Benzo(g,h,i)perileno	ND	X	ND
Dibenzo(a,h)pireno	ND	X	ND

X identificado; ND no detectado.

metano acetona 5 HAPs. Estos tres solventes identifican en común al Benzo(a)pireno, considerado carcinógeno en humanos (Straif *et al.* 2006; Ducatti & Vargas, 2003). De los 10 HAPs identificados con diclorometano, 6 son considerados como posibles o probables carcinógenos en humanos (IARC, 2010); es de resaltar que estos 6 HAPs no se extraen con acetona ni con la mezcla acetona:diclorometano. Es necesario realzar la importancia del uso de mezclas como solventes de extracción de la materia orgánica del material particulado, ya que en nuestra investigación, el uso de esta mezcla permitió identificar dos compuestos no detectados cuando se usó diclorometano o acetona. Estos compuestos, el criseno y el benzo(k)fluoranteno son catalogados como posibles o probables carcinógenos en humanos. En nuestra investigación observamos que el solvente más eficiente para la identificación de los HAPs es el diclorometano, solvente recomendado por diferentes investigadores (Hanzalova *et al.* 2010; Vargas, 2003; Claxton *et al.* 2001), para extraer la materia orgánica presente en el material particulado.

Como se mencionó anteriormente, por la ciudad de Pamplona circula un tráfico pesado de vehículos, cuyos motores funcionan con diésel, por lo que es probable que en el aire de Pamplona estén presentes compuestos nitro-HAPs, que corroboran la apreciación encontrada en el estudio de Meléndez Gélvez *et al.* (2012), en el cual, se encontró que el material particulado (PM<sub>2.5</sub>), presente en las muestras de aire de Pamplona, es potencialmente mutagénico y genotóxico, efectos que son atribuibles a los metales e HAPs, coincidiendo

con los resultados obtenidos por Da Costa *et al.* (2009), quienes reportan que los contribuyentes más importantes a la mutagenicidad ambiental son naftaleno 1,2 metil naftaleno, fluoreno, dibenzotiofeno, fenantreno, fluoranteno y pireno.

Del presente estudio, se concluye que de los 13 HAPs identificados en el aire de la ciudad de Pamplona, la mayoría representa un riesgo para la salud de la población, porque se conoce de la estrecha relación que existe entre la exposición a estos compuestos y la aparición de enfermedades, especialmente la generación de diferentes tipos de cáncer.

Este estudio evidencia la asociación entre la calidad del aire de la ciudad de Pamplona (PM<sub>2.5</sub>) y la exposición a sustancias contaminantes producidas por la combustión de las fuentes móviles que allí circulan.

Se evidencia la importancia del uso de diferentes solventes en la extracción de la materia orgánica del PM<sub>2.5</sub>, lo que permite una mayor información para la identificación de los HAPs.

**Agradecimientos:** A la Rectoría de la Universidad de Pamplona, por su apoyo financiero a este proyecto y a la colaboración prestada por el personal adscrito al Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona. **Conflicto de intereses:** 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. Financiación: Este estudio fue financiado por la Rectoría de la Universidad de Pamplona y el Grupo de Investigación en Química de la Universidad de Pamplona.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMADOR-MUÑOZ, O.; VILLALOBOS-PIETRINI, R.; AGAPITO-NADALES, M.C.; MÚNIVE-COLIN, Z.; HERNANDEZ-MENA, L.; SÁNCHEZ-SANDOVAL, M. 2010. Solvent extracted organic matter and polycyclic aromatic hydrocarbons distributed in size-segregated airborne particles in a zone of México city: seasonal behavior and human exposure. *Atmosph. Environ.* 44:122-130.
- ANAND, P.; KUNNUMAKARA, A.; SUNDARAM, C.; HARIKUMAR, K.; THARAKAN, S.; LAI, O.J.; SUNG, B.; AGGARWAL, B.B. 2008. Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharm. Res.* 25(9):2097-116.
- BELPOMME, D.; IRIGARAY, P.; HARDELL, L.; CLAPP, R.; MONTAGNIERE, L.; EPSTEIN, S.; SASCO, A.J. 2007. The multitude and diversity of environmental carcinogens. *Environ. Res.* 105:414-29.
- CONSUEGRA, A.A. 2006. Estudio de la contaminación atmosférica generada por óxidos de azufre, óxidos de Nitrógeno y material particulado en un sector de la ciudad de Bogotá. Primera parte. *Avances investigación en Ingeniería.* 22:32-36.
- CARRERAS H., A.; CALDERÓN-SEGURA M, E.; GÓMEZ-ARROYO, S.; MURILLO-TOVAR, M.; AMADOR-MUÑOZ, O. 2013. Composition and mutagenicity of PAHs associated with urban airborne particles in Córdoba, Argentina. *Environ. Poll.* 178:403-410.
- CLAXTON, L.D.; WARREN, S.; ZWEIDINGER, R.; CREASON, J. 2001. A comparative assessment of Boise, Idaho, ambient air fine particle samples using the plate and microsuspension Salmonella mutagenicity assays. *Sci. Total Environ.* 275(1-3):95-108.
- DA COSTA, G.; SINGH, R.; ARLT, V.M.; MIRZA, A.; RICHARDS, M.; TAKAMURA-ENYA, T.; SCHMEISER, H.H.; FARMER, P.B.; PHILLIPS, D.H. 2009. Quantification of 3-nitrobenzanthrone-DNA adducts using online column-switching HPLC-electrospray tandem mass spectrometry. *Chem. Res. Toxicol.* 22(1):1860-1868.
- DAGOUASSAT, M.; LANONE, S.; BOCZKOWSKI, J. 2012. Interaction of matrix metalloproteinases with pulmonary pollutants. *Eur. Respir. J.* 39(4):1021-1032.
- DUCATTI, A.; VARGAS, V.M.F. 2003. Mutagenic activity of airborne particulate matter as an indicative measure of atmospheric pollution. *Mutat. Res.* 540:67-77.
- EPA, 1984. Environmental Protection Agency. Health Effects Assessment for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). EPA-540/1-86-013. Chicago.
- GOLDBERG, M.S.; BURNETT, R.T.; BAILAR, J.C.; BROOK, J.; BONVALOT, Y.; TAMBLYN, R.; SINGH, R.; VALOIS, M.F.; VINCENT, R. 2001. The association between daily mortality and ambient air particle pollution in Montreal, Quebec. *Environ. Res.* 86:26-36.
- HALATEK, T.; SINCZUK-WALCZAK, H.; SZYMCZAK, M.; RYDZYNSKI, K. 2005. Neurological and respiratory symptoms in shipyard welders exposed to manganese. *J. Occup. Med. Environ. Health.* 18(3):265-274.
- HANZALOVA, K.; ROSSNER, P. Jr.; SRAM, R.J. 2010. Oxidative damage induced by carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and organic extracts from urban air particulate matter. *Mutation Res.* 696(2):114-121.
- HAYAKAWA, K. 2009. Atmospheric Pollution and Its Countermeasure in East Asia from the Viewpoint of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *J. Health Sci.* 55:870-878.
- HOU, L.; ZHANG, X.; TARANTINI, L.; NORDIO, F.; BONZINI, M.; ANGELICI, L.; MARINELLI, B.; RIZZO, G.; CANTONE, L.; APOSTOLI, P.; BER TAZZI, P.A.; BACCARELLI, A. 2011. Ambient PM exposure and DNA methylation in tumor suppressor genes: a cross-sectional study. *Part. Fibre. Toxicol.* 30:8-25.
- IARC. International Agency for Research on Cancer. 2010. Some nonheterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 92. p.765-773.
- KAWANAKA, Y.; MATSUMOTO, E.; WANG, N.; YUN, S.J.; SAKAMOTO, K. 2008. Contribution of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons to the mutagenicity of ultrafine particles in the roadside atmosphere. *Atmosph. Environ.* 42:7423-7428.

18. KUO, C.Y.; CHENG, T.W.; CHEN, C.Y.; LEE, H. 1998. Correlation between the amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons and mutagenicity of airborne particulate samples from Taichung City, Taiwan. *Environ. Res.* 78:43-49.
19. MANNINO, M.R.; ORECCHIO, S. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor dust matter of Palermo (Italy) area: Extraction, GC-MS analysis, distribution and sources. *Atmos. Environ.* 42:1801-1817.
20. MAYKUT, N.N.; LEWTAS, J.; KIM, E.; LARSON, T.V. 2003. Source Apportionment of PM<sub>2.5</sub> at an Urban Improve site in Seattle, WA. *Environ. Sci. Technol.* 37:5135-5142.
21. MELÉNDEZ GÉLVEZ, I.; MARTÍNEZ MONTAÑEZ, M.L.; QUIJANO PARRA, A. 2012. Actividad mutagénica y genotóxica en el material particulado fracción respirable MP<sub>2.5</sub>, en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. *Latreia.* 25(4):347-356.
22. MILAEVA, E.R. 2011. Metal-based antioxidants--potential therapeutic candidates for prevention the oxidative stress-related carcinogenesis: mini-review. *Curr. Top Med Chem.* 11(21):2703-2713.
23. PACHÓN, J.; GARCÍA, H.; BUSTOS, M.; BRAVO, H.; SOSA, R. 2004. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de partículas atmosféricas en la zona metropolitana de la ciudad de Bogotá (Colombia). *Meteorol. Colomb.* 8:27-35.
24. PING, L.; PANQWAT, H. 2006. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on lime spray dryer (LSD) ash using different extraction methods. *Chemosph.* 62:265-274.
25. PORTET-KOLTALO, F.; OUKEBDANE, K.; DIONNET, F.; DESBENE, P.L. 2008. Optimisation of the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitrated derivatives from diesel particulate matter using microwave-assisted extraction. *Analyt. Bioanalyt. Chem.* 390:389-398.
26. RIGER, C.J.; FERNANDES, P.N.; VILELA, L.F.; MIELNICZKI-PEREIRA, A.A.; BONATTO, D.; HENRIQUES, J.A.; ELEUTHERIO, E.C. 2011. Evaluation of heavy metal toxicity in eukaryotes using a simple functional assay. *Metallomics.* 3(12):1355-1361.
27. RoC, 2009. National Toxicology Program (NTP): Report on Carcinogens. U. S. Department of Health and Human services, Public Health Service. National Toxicology Program (NTP). s.p.
28. SHAH, M.H.; SHAHEEN, N.; JAFFAR, M.; KHALIQUIE, A.; TARIQ, S.R.; MANZOOR, S. 2006. Spatial variations in selected metal contents and particle size distribution in an urban and rural atmosphere of Islamabad, Pakistan. *J. Environ. Manag.* 78:128-137.
29. SHAHEEN, N.; SHAH, M.H.; KHALIQUIE, A.; JAFFAR, M. 2005. Metal levels in airborne particulate matter in urban Islamabad, Pakistan. *Bull. Environ. Contam. Tox.* 75(4):739-746.
30. STRAIF, K.; BAAN, R.; GROSSE, Y.; SECRETAN, B.; EI, G.F.; COGLIANO, V. 2006. Carcinogenicity of household solid fuel combustion and high temperature frying, *Lancet Oncol.* 7:977-978.
31. TAGA, R.; TANG, N.; HATTORI, T.; TAMURA, K.; SAKAI, S.; TORIBA, A.; KIZU, R.; HAYAKAWA, V. 2005. Direct-acting mutagenicity of extracts of coal burning-derived particulates and contribution of nitropolycyclic aromatic hydrocarbons. *Mutat. Res.* 581:91-95.
32. U.S. EPA. 2002. Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. (EPA/600/8-90/057F). p.2-79-2-85.
33. U.S. EPA. 2004. Air Quality Criteria for Particulate Matter, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Research Triangle Park Office, Research Triangle Park, NC, 2004 (vol. I, EPA/600/P-99/002aF, and vol. II, EPA/600/P-99/002bF). p.7-186-7-192.
34. VARGAS, V.M.F. 2003. Mutagenic activity as a parameter to assess ambient air quality for protection of the environment and human health. *Mutat. Res.* 544:313-319.
35. VINITKETKUMNUEIN, U.; KALAYANAMITRA, K.; CHEWONARIN, T.; KAMENS, R. 2002. Particulate matter, PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub> levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutat. Res.* 519:121-131.
36. WADA, M.; KIDO, H.; KISHIKAWA, N.; TOU, T.; TANAKA, M.; TSUBOKURA, J.; SHIRONITA, M.; MATSUI, M.; KURODA, N.; NAKASHIMA, K. 2001. Assessment of air pollution in Nagasaki city: determination of

polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitrated derivatives, and some metals. Environm. Pollut. 115:139-147.

37. ZHANG, W.; CUI, J.; QI, Q. 2001. Advances on the biological effect indices for fine particles (PM<sub>2.5</sub>) in air. Wei Sheng Yan Jiu. 30(6):379-82.

Recibido: Agosto 26 de 2013

Aceptado: Diciembre 9 de 2013

Como citar:

Quijano, M.J.; Quijano, A.; Meléndez, I. 2014. Identificación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPS) en el PM<sub>2.5</sub> del aire de Pamplona-Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 25-33.



# ESTRATEGIAS QUE PROMUEVEN ESTILOS DE VIDA SALUDABLES

## STRATEGIES THAT PROMOTE HEALTHY LIFESTYLES

Rosa del Carmen Coral<sup>1</sup>, Luz Dalila Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Enfermera. Magíster en Docencia Universitaria. Docente Facultad de Enfermería U.D.C.A, calle 222 No. 55-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: rcoral@udca.edu.co; <sup>2</sup> Enfermera. Magíster en Enfermería con Énfasis en Gerencia de Servicios de Salud. Docente Facultad de Enfermería U.D.C.A, calle 222 No. 55-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: luvgas@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 35-43, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

La formación de futuros profesionales de enfermería debe incluir el fortalecimiento de estilos de vida saludables (EVS), para aplicarlos en el diario vivir y en su desempeño. Se realizó una investigación en dos fases: en la primera, se identificaron problemáticas y estrategias en relación a estilos de vida saludables y, en la segunda, se implementaron y se evaluaron estrategias, para fomentar estilos de vida saludables en estudiantes de enfermería. Este artículo muestra los resultados de la segunda fase. El diseño corresponde a Investigación Acción Participación (IAP). El grupo de estudio fue conformado por 237 estudiantes. El muestreo fue intencional, de acuerdo a criterios de inclusión. La recolección de la información, se realizó con entrevistas a grupos focales, diarios de campo, videos, entrevistas a profundidad y encuesta semi-estructurada. Para el análisis de datos, se utilizó el Software ATLAS.Ti (Qualitative Data Analysis) y el software IBM SPSS Statistics 19. Los resultados muestran que los estudiantes conocen los estilos de vida saludables; sin embargo, falta ponerlos en práctica; se presentan cambios en los estilos relacionados con el abandono del consumo de cigarrillo y prácticas saludables. Se concluye que, para lograr cambios significativos y sostenibles en el tiempo, se requiere implementar estrategias que permitan espacios de reflexión y de sensibilización; de igual manera, exige el ejemplo, el acompañamiento y el compromiso permanente por parte de los docentes, de los estudiantes como pares, así como también de la Universidad. Estudiar enfermería favorece los estilos de vida saludables de los estudiantes.

Palabras clave: Estudiantes, promoción de la salud, conducta alimentaria, hábitos, conductas saludables.

### SUMMARY

The training of future nursing professionals should include the strengthening of healthy lifestyles to apply to daily life and performance as professionals. A research was conducted in two phases: the first to identify issues and strategies in relation to healthy lifestyles, the second, implementing and evaluating strategies to promote healthy lifestyles among nursing students. This article shows the results of the second phase of the investigation. The design corresponds to Participation Action Research (PAR). The study group was comprised of 237 students. Sampling was intentional according to inclusion criteria. The data collection was performed with focus group interviews, field notes, videos, interviews and in-depth semi-structured questionnaire. For data analysis the Software ATLAS. Ti (Qualitative Data Analysis) and IBM SPSS Statistics 19 software was used. The results show that students know the healthy lifestyles, changes occur in the styles related to the cessation of smoking and health practices. It is concluded that to achieve meaningful and sustainable changes in time, strategies that allow reflection and awareness are required to be implemented, also examples are needed, as well as permanent support and commitment from teachers, students and peers and by the University. Studying nursing encourages healthy lifestyles of students.

Key words: Students, health promotion, feeding behavior, habits, healthy behavior.

### INTRODUCCIÓN

La docencia en enfermería, a través de un enfoque crítico constructivista, se dirige al desarrollo cognitivo- racional, emocional y volitivo de los estudiantes, para mejorar su forma de ser y de vivir hacia la autonomía, es decir, involucra

dentro de la formación integral: el desarrollo humano, la calidad de vida, los factores individuales, sociales, políticos, económicos y culturales, que determinan el estilo de vida de los sujetos y, por consiguiente, su implicación en el estado de la salud (Palencia, 2006).

El concepto de estilo de vida, según Reyes *et al.* (2011), se relaciona con modo de vida, determina la forma cómo se desarrolla el hombre dentro de la sociedad y su relación con el proceso salud – enfermedad. Son patrones de comportamiento de las personas que presentan una relativa permanencia en el tiempo, influenciado por factores internos: pensamientos, emociones, conocimientos, habilidad y actitudes y externos: condiciones familiares, sociales, culturas y medioambientales (Escobar & Pico, 2013). Manifiesta una determinada cultura en una comunidad, familia o individuo, que tiene una forma de vida en particular, de acuerdo a sus conocimientos, sus necesidades y sus posibilidades económicas (Vives, 2007).

Los estilos de vida saludables están relacionados con la disminución de la probabilidad de adquirir enfermedades crónicas no transmisibles y de mejorar la calidad de vida; se adquieren en la infancia, pero también en la vida universitaria. Los jóvenes, en sus años universitarios, son sensibles a la última moda y a buscar nuevas ideas; la formación en hábitos de vida saludables es base para la salud y el bienestar, así como para una esperanza de vida saludable (Jeongsoo, 2014).

Según Espinoza *et al.* (2011), el inicio de la vida universitaria, es una etapa marcada por una serie de cambios; al respecto, González *et al.* (2014) consideran que el estrés y las cargas de horario conducen a comidas rápidas y poco nutritivas; la irregularidad en los horarios de alimentación y la falta de tiempo para realizar ejercicio inciden en los hábitos de vida, los higiénico-dietéticos y la actividad física.

Los resultados de investigaciones sobre los estilos de vida de estudiantes universitarios, afirman que tan sólo 13,6% tienen alimentación adecuada, 28,7% asumen factores de riesgo por trastornos de la conducta alimentaria, 24,7% presentan impulsividad, 40% muestran problemas de ansiedad, 7,7% evidencian depresión, 14,8% tienen riesgo suicida, 62,9% disfunción familiar entre leve y severa (Páez Cala & Castaño Castrillón, 2010) y 42,7% de los hombres y 29,8% de las mujeres realizan ejercicio en programas de actividad física en la universidad (Espinoza *et al.* 2011).

Otro estudio realizado en Inglaterra muestra que los estudiantes tienen estilos de vida pocos saludables: el 70% informaron que no realizan ejercicio cuatro veces a la semana; el 56% informaron consumo excesivo de alcohol, al menos una

vez a la semana; 66% no comer la cantidad recomendada de, al menos, cinco porciones de frutas y de verduras por día y 24% manifestaron consumo de cigarrillo; también resalta este estudio, la importancia de la relación entre el estrés psicológico y las conductas no saludables (Dodd *et al.* 2010).

En el caso de estudiantes del área de la salud, los estudios coinciden en que la práctica regular de ejercicio suele ser una de las debilidades encontradas en los estilos de vida de estas poblaciones, a pesar del conocimiento sobre su relevancia frente a la prevención de las enfermedades cardiovasculares, ansiedad, depresión y sus beneficios en la salud mental y en la calidad de vida (Arguello *et al.* 2009).

Para las estudiantes de enfermería, la inactividad física y los desórdenes alimenticios tienen una importante prevalencia (Cancel & Ayán, 2011). La actividad física y la dieta están relacionados; sin embargo, la actividad es la variable más importante para la salud; las mujeres estudiantes universitarias, al igual que las adultas, tienen los mismos factores de riesgo para la salud, debido a un estilo de vida inactivo (Jeongsoo, 2014). Un meta-análisis encontró que las intervenciones para reducir el comportamiento y las conductas sedentarias da lugar a una disminución significativa de éstas (Grieken *et al.* 2012).

Otra problemática en estudiantes de enfermería es el consumo de cigarrillo y drogas. Al respecto, Zárate *et al.* (2006) evidencian que el 71,8% había consumido alguna vez en la vida; este dato es mayor a lo reportado para la población general urbana en Perú, pero menor comparado con otras facultades y otros países; estudios internacionales reportan que en estudiantes de enfermería y de medicina, las mujeres son las que más fuman.

En relación a esta problemática, se presentan los resultados del trabajo de investigación que permitió fortalecer estrategias para la toma de decisiones en estilos de vida saludables, con un grupo de estudiantes de la Facultad de Enfermería. Se analizaron las prácticas de estilos de vida saludables que realizan; se definieron, implementaron y evaluaron estrategias para fortalecerlas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se desarrolló en el paradigma cualitativo, diseño de Investigación Acción Participación (IAP). Este tipo de estudio, se caracteriza porque permite la construcción del conocimiento y el compromiso en la solución de problemáticas sociales que involucran a los afectados (Carrillo, 1998); al respecto, Leal (2009) afirma: “el conocimiento da poder a estos actores, en la medida que aumenta su conciencia; es decir, su conocimiento”.

La población corresponde a 438 estudiantes de la Facultad de Enfermería, de los cuales, se tomó una muestra de 237 (54,11%). El muestreo fue no probabilístico e intencional, de acuerdo al criterio de inclusión: estudiantes que participaron voluntariamente en la investigación en una o más de las estrategias implementadas.

El proceso de investigación, de acuerdo al diseño IAP, incluyó tres momentos: identificación con el grupo de estudio de los estilos de vida saludables, propuesta e implementación de estrategias y evaluación de las estrategias implementadas.

Las técnicas e instrumentos para la recolección de la información fueron: Entrevista a grupo focal y diario de campo, aplicados a 29 estudiantes (12,24%); entrevista a profundidad, practicada a 13 estudiantes (5,49%), quienes participaron en la estrategia de proyecto de vida; encuesta semiestructurada, aplicada a (237) estudiantes, para evaluar los cambios que se presentaron con la implementación de estrategias en los estilos de vida saludables.

Las estrategias implementadas fueron: Proyecto de Vida; talleres sobre estilos de vida saludables: autocuidado, prevención y abandono del consumo de drogas, actividad física, nutrición, sueño y descanso y espiritualidad; conferencias brindadas por docentes investigadores; conferencia brindada por nutricionista; jornadas de medición: peso, talla, IMC y clasificación de riesgo cardiovascular; asesoría personalizada por docentes investigadores a estudiantes y remisión a médico, psicólogo o nutricionista y, finalmente, jornadas mensuales de actividad física, denominada: "Hora Loca por la Salud".

La sistematización y análisis de la información, se realizó con el Software ATLAS. Ti: (Qualitative Data Analysis) y el Software IBM SPSS Statistics 19.

**Consideraciones éticas:** Se solicitó el consentimiento informado al grupo de estudio. El proyecto fue aprobado por el Comité de la Facultad de Enfermería y de la Universidad. Los estudiantes participaron libremente y firmaron el consentimiento informado. El estudio, se clasificó en riesgo mínimo, porque no se realizaron intervenciones que afectaran la integridad física, social o emocional de los participantes. Se tuvo en cuenta la Resolución 8340 del Ministerio de Salud y los principios de la Declaración de Helsinki y la CIOMS para la investigación con personas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados de la aplicación de la entrevista al grupo focal, los estudiantes expresan con mayor frecuencia las siguientes prácticas, como estilos de vida saludables: Ade-

cuada nutrición (28), actividad física (23); descanso (13), no consumo de alcohol o cigarrillo (10), equilibrio emocional (6), control médico (5) higiene personal (4); evitar estrés (2), buenas relaciones interpersonales (2), recreación (2), ergonomía (1), técnicas de relajación (1), estudiar y leer (1).

Si bien es cierto, que conocen la importancia de los estilos de vida saludables, muchos de ellos no los practican (10), otros refieren que saben lo que tienen que hacer (6), consideran que la profesión facilita la adquisición de hábitos saludables (9), mencionan el compromiso con la profesión en la promoción de los estilos de vida para mejorar la calidad de vida de las personas (3). Algunos testimonios refieren:

*"Estamos estudiando, sabemos lo que deberíamos hacer y no lo hacemos".*

*"Nosotros como personas que promovemos la salud deberíamos cuidarnos más".*

*"No fumo, porque creo que si uno le dice a alguien que no haga eso, es porque uno no lo está haciendo, eso es ético".*

En relación a los hábitos nutricionales, refieren que tienen conocimiento, pero hay dificultades para mantener una adecuada nutrición por la escasez de dinero, falta de tiempo, poco acceso a alimentos saludables en la Universidad, falta de voluntad y también refieren que influye el estado de ánimo. Comentan:

*"Estamos expuestas a la comida chatarra".*

*"Como comida chatarra, pero compenso comiendo comida saludable".*

Estos resultados coinciden con los registrados por Rizo *et al.* (2014), quienes afirman que los estudiantes no modifican sus hábitos alimentarios a pesar de tener la información suficiente para hacerlo; existe desequilibrio en la dieta y el consumo de micronutrientes. Espinoza *et al.* (2011) mencionan otras situaciones relacionadas con la preferencias que tienen los estudiantes; encontraron que las mujeres compran y consumen, como primera elección, golosinas, a diferencia de los hombres, que prefieren los lácteos, las bebidas y los productos con fibra.

En relación a la actividad física, el grupo de estudio expresó diferentes dificultades para ponerla en práctica: falta de tiempo (8), carga académica (5), distancias y transporte (2), compromisos familiares (1) cansancio (1) o simplemente no les gusta realizar actividad física (1). Refieren:

*"La carga académica no permite hacer ejercicio".*

*"Depende de las distancias, además del desgaste del transmilenio, estrés en el transporte, es agotador".*

*“Llego cansada y me acuesto, Influye el estado de ánimo, el tiempo, el clima, lo académico”.*

Al respecto, Monteiro & Mancussi (2006) registran que los estudiantes no realizan actividad física por falta de tiempo, 64,04%; no les gusta, 22,47% y falta de dinero, 11,24%; sin embargo, Mosquera *et al.* (2011) encuentran que los estudiantes desean invertir su tiempo libre en deporte, 31,5%; logran hacerlo, 25,2% y no cuentan con espacios deportivos, entrenadores e instalaciones apropiadas, 6,3%. Rodríguez *et al.* (2013) perciben otras razones, además de la falta de tiempo, como llegar cansados de la universidad, falta de costumbre y pereza.

Cabe resaltar que los estudiantes asumen conductas de riesgo que pueden afectar, a corto, mediano o largo plazo, su estado de salud. Al respecto, Farinola & Bazán (2011) registran altos niveles de conductas sedentarias y bajos de actividad física en estudiantes, situación que los expone a desarrollar enfermedades cardiovasculares, obesidad y muerte prematura. Schnettler *et al.* (2013) incluyen datos en América Latina sobre la prevalencia de sobrepeso y obesidad en esta población, entre 10 y 48% y, asociado a este problema, se reporta hipercolesterolemia y elevado nivel de triglicéridos.

Las intervenciones destinadas a prevenir sedentarismo excesivo pueden contribuir a la prevención del sobrepeso; disminución global significativa en el comportamiento sedentario, así como disminución significativa en el IMC (Grieken *et al.* 2012).

En relación al consumo de alcohol y cigarrillo, el grupo de estudio expresa contradicciones y formas de pensar que, posiblemente, los llevan a asumir conductas de riesgo. Refieren:

*“Es contradictorio, uno sabe que no se debe hacer”.*

*“No me parece malo, el exceso es malo”.*

*“Para muchas personas fumar y tomar les hace sentirse bien, ¿si es bueno para ellos porque es malo?”.*

*“Todas las personas conocemos los riesgos del cigarrillo, cada uno elige lo que tiene que hacer”.*

*“Estoy evitando las bebidas alcohólicas”.*

En jóvenes, se reporta el consumo de cigarrillo y otro tipo de drogas, siendo el alcohol la sustancia más utilizada, seguido del tabaco, cannabis y estimulantes (Pedrosa *et al.* 2011). En un estudio con estudiantes de enfermería en Valencia España, se encontró que las drogas más empleadas fueron el tabaco, bebidas mezcladas con alcohol, cerveza, vino y hachís (García *et al.* 2013).

Según Tercedor *et al.* (2007), el hábito del consumo de cigarrillo aumenta el riesgo de mortalidad por cáncer, enfermedades cardiovasculares, cerebro vasculares y respirato-

rias crónicas; por su parte, Iglesias *et al.* (2013), comentan que se ha demostrado que los hábitos de los fumadores son menos saludables que los no fumadores. De acuerdo a lo anterior, se requiere establecer procesos de sensibilización y estrategias de seguimiento en los escenarios académicos, para lograr cambios significativos.

Al respecto, Velásquez *et al.* (2006) afirman la necesidad de realizar intervenciones de acuerdo a los intereses y a las necesidades de los estudiantes y citan el Modelo de Proceso de Adopción de Precauciones (PAP): para lograr cambios, se requiere de procesos desde el cognitivo-conductual de un estilo de vida de riesgo, hasta una etapa de protección en el que se mantiene la acción. Haines *et al.* (2013) sugieren que las estrategias de promoción de la salud y de control del tabaco deben considerar con más cuidado las perspectivas de los jóvenes adultos que fuman y poner de relieve la necesidad de estrategias que sean creíbles, para esta población en particular. Dodd *et al.* (2010) manifiestan que el diseño de intervenciones dentro de esta población, debe considerar el estrés psicológico, ya que esto desempeña un papel significativo en la vida de un estudiante y puede ser un factor subyacente de la adopción de múltiples comportamientos no saludables; además, que los comportamientos de salud no se deben considerar en forma aislada unos de otros.

Los estudiantes que plantearon el proyecto de vida expresaron los siguientes aspectos a mejorar, en relación a sus ESV: relaciones interpersonales (21), nutrición (10), controlar emociones (9), disminuir el consumo de cigarrillo (5) y de alcohol (3) y compromiso con la profesión en mejorar la calidad de vida de las personas (Figura 1).

Al finalizar el estudio, como resultado de la aplicación de la entrevista a profundidad los estudiantes, reconocieron que estudiar enfermería les permitió reflexionar sobre sus vidas (3), mejoraron las relaciones interpersonales (2), la nutrición (6), el control de emociones (3) y el aspecto espiritual (3); disminución del consumo de cigarrillo (5), de alcohol (7) y de otras sustancias (1); sin embargo, dos estudiantes manifestaron que abandonaron el consumo de cigarrillo y alcohol, pero reincidieron.

El mismo grupo mencionó que abandonaron el consumo de drogas por: motivación personal (7), auto reflexión (8), influencia de la familia (5), pensar en el futuro (3), conocimientos adquiridos en la profesión (3), participación en proyectos de investigación, trabajar con los estudiantes desde primer semestre (2). Finalmente, proponen darle continuidad al proyecto de vida (Figura 2).

Cabe mencionar, la importancia de la utilización del proyecto de vida como estrategia para lograr metas y objetivos. Al respecto, Hernández (2006) expresa que ha sido considera-

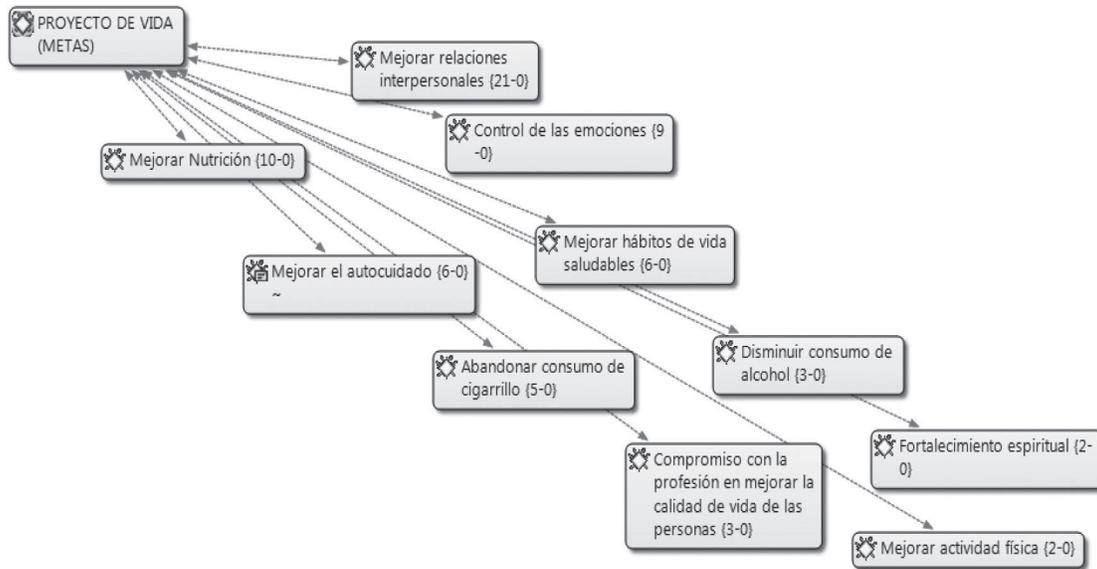


Figura 1. Resultados de frecuencia en expresiones sobre el Proyecto de Vida del grupo de estudio. Entre paréntesis frecuencia y códigos relacionados. Fuente análisis en Atlas Ti. 2012.

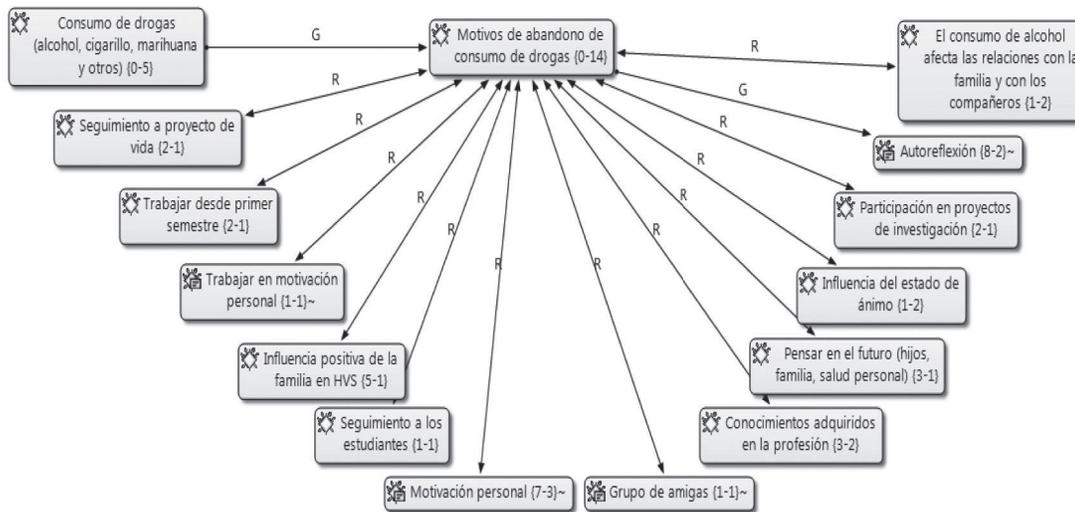
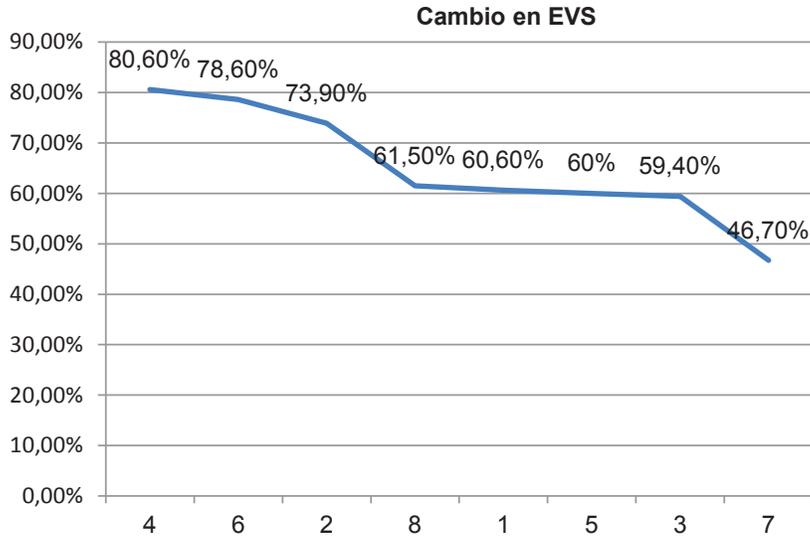


Figura 2. Motivos que tiene el grupo de estudio para abandonar las drogas. Fuente análisis en Atlas Ti. Entrevista a profundidad. 2012.

do como la “intención emancipatoria del desarrollo humano que expresa la apertura de la persona hacia el dominio del futuro, contribuye a delinear los rasgos de su estilo de vida personal y permite una representación clara de las metas y aspiraciones así como de las motivaciones que las inspiran”.

En relación a los resultados de la aplicación de la encuesta semi-estructurada, la mayor participación en las estrategias

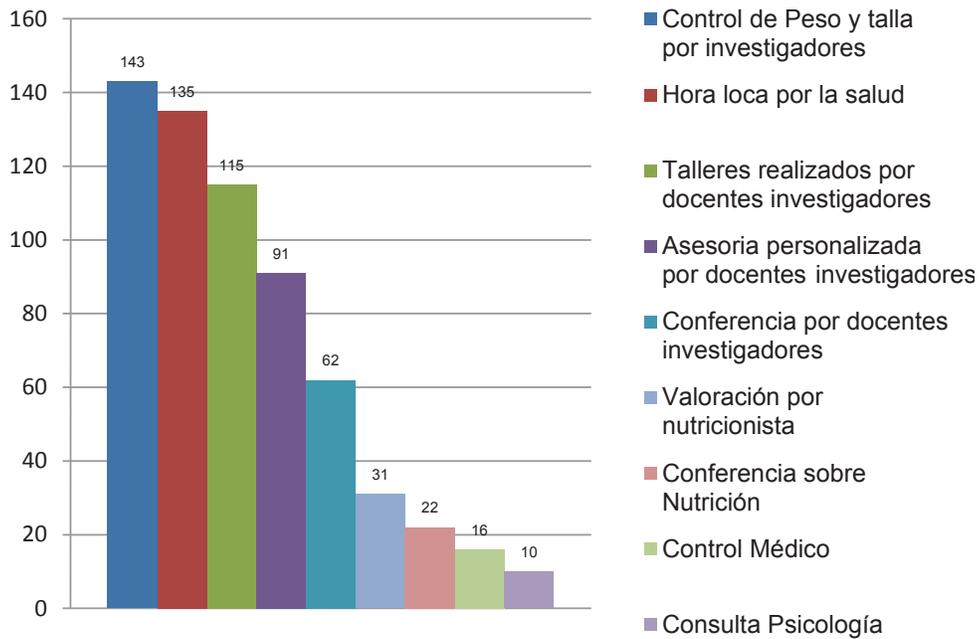
implementadas corresponde a los estudiantes de los primeros semestres 175 (73,8%); llama la atención, la menor participación de los estudiantes de semestres superiores, quienes deberían estar más comprometidos con su propio autocuidado (Gráfica 1). Al respecto, un estudio realizado por Jeongsoo, (2014) encontró que los estudiantes mayores tienen más desequilibrio por causa del trabajo académico, el estrés laboral y la inactividad en la vida diaria.



Gráfica 1. Porcentaje de estudiantes que manifestaron cambios positivos en Estilos de Vida saludables por semestre Fuente análisis en Excel de la Encuesta. U.D.C.A 2012.

Con relación a las estrategias que permitieron cambios en los estilos de vida saludables, 156 (66%) estudiantes manifestaron realizar cambios. Las actividades en las que participaron los estudiantes, se observan en la gráfica 2, denota mayor inscripción en los controles de peso y talla realizados

por los docentes investigadores, 60,3% y en la jornada de actividad física “Hora Loca por la Salud”, 56,7%; al contrario ocurrió en las consultas con médico y nutricionista, 6,7% y 13%, respectivamente.



Gráfica 2. Participación de estudiantes de enfermería en estrategias para promover estilos de vida saludables (EVS). Fuente análisis en Excel de la Encuesta. 2012.

Con relación a los estudiantes que participaron del control de peso y talla, 72,70% manifestaron cambios en sus EVS; 24,5% contestaron que no tuvieron cambios y 2,8%, no respondieron. Por el contrario, el 51,7% de los estudiantes que no participaron del control de peso y talla manifestaron cambios, frente a 46%, que no manifestaron cambios.

Los estudiantes que asistieron a las sesiones de actividad física, 74,8% manifestaron cambios en sus EVS; el 23,70%, sin cambios y el 1,5%, no respondieron. De 94 estudiantes (39,6%) que no asistieron a la actividad física, el 51,10%, manifestaron cambios. Se observa diferencia entre los estudiantes que asistieron a la hora loca y cambiaron sus EVS, 74,8% y los que no asistieron, pero manifestaron cambios, 51,10%.

Los estudiantes que participaron en los talleres sobre EVS reportaron cambios en sus EVS, en un 72,2%; sin cambios, en el 25,2% y no respondieron, 2,60%. Al contrario, los estudiantes que no participaron no tuvieron cambios, 44,4%; tuvieron cambios, 56,9% y no respondieron, 3.

De los estudiantes que participaron de la asesoría personal por parte de las investigadoras, el 82,3% manifestaron cambios en sus EVS, frente al 52,2% de estudiantes que no participaron, pero tuvieron cambios.

Los estudiantes que asistieron a las conferencias brindadas por las investigadoras manifestaron cambios en EVS, en un 74,2%, frente a 60,7%, que tuvieron cambios, pero que no participaron de las conferencias; en coherencia, el 21% que asistieron no tuvieron cambios, frente a un porcentaje más alto de 37,4%, que no asistieron y no percibieron cambios.

En general, las actividades donde los estudiantes manifestaron que obtuvieron cambios en sus estilos de vida saludables fueron en el control de peso y talla, 43,9%, seguido de la Hora Loca por la Salud, 42,6%, talleres, 35% y asesoría personalizada, 31,6%.

Los cambios más relevantes que los estudiantes han manifestado con la participación en las estrategias implementadas por el proyecto, se relacionan con la actividad física, 35%; asistieron al gimnasio, 3,4%; mejoraron la nutrición, 38%; abandonaron el consumo de cigarrillo, 4,6%; mejoraron el sueño y descanso, 5,4%, entre otros.

En el presente estudio, se observó que los resultados en general fueron positivos; sin embargo, otros autores reportan lo contrario, como el estudio realizado por Brandao *et al.* (2011), donde registraron que los jóvenes tenían riesgo de sobrepeso, obesidad, tabaquismo, sedentarismo, dislipidemia e hipertensión; el nivel de educación, según los autores, no parece tener un efecto protector sobre la adopción de es-

tilos de vida saludables o estar inscritos en áreas de Ciencias de la Salud; de igual manera, el seguimiento a los estudiantes no mostró un efecto positivo.

Los resultados muestran que los estudiantes conocen los estilos de vida saludables; no obstante, falta ponerlos en práctica. Se presentan cambios en los estilos relacionados con el abandono del consumo de cigarrillo y prácticas saludables.

Para lograr cambios significativos y sostenibles en el tiempo, se requiere implementar estrategias que permitan espacios de reflexión y de sensibilización; de igual manera, exige el ejemplo, el acompañamiento y el compromiso permanente por parte de los docentes, de los estudiantes como pares, así como también de la Universidad y la inclusión en los planes de estudio de cursos académicos, que fomenten los estilos de vida saludables. Estudiar enfermería favorece el conocimiento y la adquisición de los estilos de vida saludables de los estudiantes. Se requiere el compromiso de docentes y de la universidad para fortalecerlos.

**Agradecimientos:** Las autoras agradecen a la Universidad, por el apoyo en la financiación del estudio; a los compañeros de la Facultad de Enfermería, que participaron en las estrategias implementadas; Bienestar Universitario, servicio médico y a la Facultad de Ciencias del Deporte. **Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Este estudio fue financiado por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARGUELLO, M.; BAUTISTA, Y.; CARVAJAL, J.; DE CASTRO, K.; DÍAZ, D.; ESCOBAR, M.; GÓMEZ, L.; MORALES, M.; PINTO, C.; RINCÓN, L.; RUEDA, P.; SERRANO, J.; SUÁREZ, P.; TOLOZA, Z.; AGUDELO, D. 2009. Estilos de vida en estudiantes del área de la salud de Bucaramanga. *Rev. de psicología de la Universidad de Antioquía*. (Colombia). 1 (29):27-44. Disponible desde Internet en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/psicologia/article/view/10019/9236> (con acceso 07/4/2014).
2. BRANDAO, M.; PIMENTEL, F.; CARDOSO, M. 2011. Impact of academic exposure on health status of university students. *Rev. Saúde Pública*. (Brasil). 45(1):49-58.
3. CARRILLO, A. 1998. Enfoques cualitativos y participativos en investigación social. Ed. UNAD (Bogotá). 245p.

4. CANCELA, J.; AYÁN, C. 2011. Prevalencia y relación entre el nivel de actividad física y las actitudes alimenticias anómalas en estudiantes universitarias españolas de ciencias de la salud y la educación. *Rev. Esp. Salud Pública.* 85(5):499-505.
5. DODD, L.; AL-NAKEEB, Y.; NEVILL, A.; FORSHAW, M. 2010. Lifestyle risk factors of students: A cluster analytical approach. *Preventive Medicine.* 51:73-77. Disponible en Internet en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743510001180> (con acceso 07/4/2014).
6. ESPINOZA, L.; RODRÍGUEZ, F.; GÁLVEZ, J.; MACMILLAN, N. 2011. Hábitos de alimentación y actividad física en estudiantes universitarios. *Rev. Chilena de Nutrición.* 38(4):458-465.
7. ESCOBAR, M.; PICO M. 2013. Autocuidado de la salud en jóvenes universitarios, Manizales, 2010-2011. *Rev. Facultad Nacional de Salud Pública.* (Colombia). 31(2):178-186.
8. FARINOLA, M.; BAZÁN, N. 2011. Conducta sedentaria y actividad física en estudiantes. *Rev. Argentina Cardiología.* 29(4):351-354.
9. GARCÍA, E.; MARTINI, J.; PORCEL, A. 2013. Alcohol consumption and risky sexual practices: the pattern of nursing students from the Spanish University. *Rev. Latino-Am. Enfermagem, Ribeirão Preto.* 21(4):941-947.
10. GONZÁLEZ, C.; DÍAZ, Y.; MENDIZABAL, A.; MEDINA, E.; MORALES, J. 2014. Prevalencia de obesidad y perfil lipídico alterado en jóvenes universitarios. *Nutrición Hospitalaria.* (México). 29(2):315-321. Disponible desde Internet en: [http://www.aulamedica.es/gdcr/index.php/nh/article/viewFile/7054/pdf\\_52](http://www.aulamedica.es/gdcr/index.php/nh/article/viewFile/7054/pdf_52) (con acceso 20/2/2014).
11. GRIEKEN, A.; EZENDAM, N.; PAULIS, W.; VAN DER WOUIDEN, J.; RAAT, H. 2012. Primary prevention of overweight in children and adolescents: a meta-analysis of the effectiveness of interventions aiming to decrease sedentary behavior. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* (9):61-72. Disponible desde Internet en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3462110/> (con acceso 04/4/2014).
12. HAINES, R.; OLIFFE, J.; WHITE, C.; BOTTORFF, J. 2013. "It is just not part of the culture here": Young adults' photo-narratives about smoking, quitting, and healthy lifestyles in Vancouver, Canada. *Health & Place.* 22(7):19-23. Disponible en Internet en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353829213000312?np=y> (con acceso 4/4/2014).
13. HERNÁNDEZ, O. 2006. Proyecto de vida y desarrollo integral humano. *Rev. Internal Crecemos.* (Puerto Rico). 6(1-20):1-31. Disponible desde Internet en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/cuba/cips/caudales05/Caudales/ARTICULOS/ArticulosPDF/07D050.pdf> (con acceso 05/07/2012).
14. IGLESIAS, M.; MATA, G.; PÉREZ, A.; HERNÁNDEZ, S.; GARCÍA R.; PAPADAKI, C. 2013. Estudio nutricional en un grupo de estudiantes universitarios madrileños. *Nutr. Clín. Diet Hosp.* (España). 33(1):23-30.
15. JEONGSOO, KIM. 2014. Experiences of health related lifestyles in high body fat but non-obese female college students in Korea. *Osong Public Health Res. Perspect.* 5(1):68-73. Disponible desde Internet en: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/22109099/5/1> (con acceso 04/4/2014).
16. LEAL, E. 2009. La Investigación Acción Participación, un aporte al conocimiento y a la transformación de Latinoamérica, en permanente movimiento. *Rev. Invest.* (Venezuela) 33(67):13-34.
17. MONTEIRO, C.; MANCUSSI, A. 2006. Actividad física según la percepción de estudiantes de enfermería. *Rev. Latino-americana de Enfermagem.* (Brasil). 14(6):1-7.
18. MOSQUERA, J.; ARTAMÓNOVA, I.; MOSQUERA, V. 2011. Consumo de sustancias psicoactivas en la Universidad Tecnológica de Pereira. *Investigaciones Andina.* (Colombia). 13(22):194-210.
19. PÁEZ CALA, M.L.; CASTAÑO CASTRILLÓN, J.J. 2010. Estilos de vida y salud en estudiantes de una facultad de Psicología. *Psicología desde el Caribe* 25:155-178.
20. PALENCIA, E. 2006. Reflexión sobre el ejercicio docente de enfermería en nuestros días. *Invest. Edu. Enfermería.* (Colombia). 24(2):130-134.
21. PEDROSA, A.; CAMACHO, L.; PASSOS, S.; OLIVEIRA, R. 2011. Consumo de alcohol entre estudiantes universitarios. *Cad. Saúde Pública* (Brasil). 27(8):1611-1621.

22. REYES, D.; GALLEGOS, G.; PÁEZ, S.; PULIDO, G. 2011. Fundamentación. Área temática de calidad de vida. Secretaría de Integración Social. (Bogotá-Colombia). 62p. Disponible en internet en <http://www.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/Servicio-senlinea/Fundamentación%20área%20temática%20de%20Calidad%20de%20Vida.pdf> (con acceso 05/10/2012).
23. RIZO, N.; GONZÁLEZ, B.; CORTÉS, E. 2014. Calidad de la dieta y estilos de vida en estudiantes de Ciencias de la Salud. (España). *Nutr Hosp.* 29(1):153-15. Disponible desde Internet en: <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.unal.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=56931388-dfb3-4e5e-ba51-0cd808bb8c61%40sessionmgr4004&hid=4106> (con acceso 06/04/014).
24. RODRÍGUEZ, F.; PALMA, X.; ROMO, A.; ESCOBAR, D.; ARAGÚ, B.; ESPINOZA, L.; NORMAN, M.; GALVEZ, J. 2013. Hábitos alimentarios, actividad física, y nivel socioeconómico en estudiantes universitarios de Chile. *Nutr Hosp.* 28(2):447-455.
25. SCHNETTLER, B.; DENEGRI, M.; MIRANDA, H.; SEPÚLVEDA, J.; ORELLANA, L.; PAIVA, G.; GRÜNERT, K. 2013. Hábitos Alimenticios y bienestar subjetivo en estudiantes universitarios del sur de Chile. *Nutr Hosp.* 28(6):2221-2228. Disponible desde Internet en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/6751.pdf> (con acceso 06/04/2014).
26. TERCEDOR, P.; MARTÍN, M.; PÉREZ, O.; WÄRNBERG, J.; DELGADO, M. 2007. Incremento del consumo de tabaco y disminución del nivel de práctica de actividad física en adolescentes españoles. *Nutr. Hosp.* 22(1):89-94.
27. VELÁSQUEZ, M.T.; TORRES-NEIRA, D.; SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, H. 2006. Análisis psicológico de la actividad física en estudiantes de una universidad de Bogotá, Colombia. *Salud Pública.* (Colombia). 8(supl.2):1-12.
28. VIVES, A. 2007. Estilo de vida saludable: Puntos de vista para una opción actual y necesaria. *Psicol. Cient.* (La Habana, Cuba). 9(63):1-307. Disponible desde Internet en [t:http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologia-307-1-estilo-de-vida-saludable-puntos-de-vista-para-una-opcion-act.html](http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologia-307-1-estilo-de-vida-saludable-puntos-de-vista-para-una-opcion-act.html) (con acceso 26/09/2012).
29. ZÁRATE, M.; ZAVALETA, A.; DANJOY, D.; CHANAMÉ, E.; PROCHAZKA, R.; SALAS, M.; MALDONADO, V. 2006. Prácticas de consumo de tabaco y otras drogas en estudiantes de ciencias de la salud de una universidad privada de Lima, Perú. *Rev. Investigación y Educación en Enfermería.* 24(2):72-81.

Recibido: Agosto 13 de 2013

Aceptado: Abril 14 de 2014

#### Como citar:

Coral, R. del C.; Vargas, L.D. 2014. Estrategias que promueven estilos de vida saludables. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 35-43.



# CARACTERIZACIÓN DERMATOGLÍFICA DE LAS CICLISTAS COLOMBIANAS DE PISTA DE ALTOS LOGROS EN PRUEBAS DE SEMIFONDO

## DERMATOGLYPHIC CHARACTERISTICS OF FEMALE COLOMBIAN CYCLISTS OF HIGH ACHIEVEMENT IN UNDERCARD TRY-OUTS

Juan Pablo Medellín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Profesional en Ciencias del Deporte, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Bogotá, D.C., e-mail: m\_juanpablo9@hotmail.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 45-52, 2014

### RESUMEN

Las características dermatoglíficas son actualmente empleadas a nivel mundial, para determinar y seleccionar los talentos en las más variadas disciplinas deportivas. Para encontrar el perfil genético positivo que puede ser aplicado para este objetivo, se analizan las características de deportistas sobresalientes en el deporte específico. Con el objetivo de generar un perfil preliminar dermatoglífico que sirva para la selección de talentos en el ciclismo de pista femenino, en pruebas de semifondo, se evaluaron atletas de selección Colombia y medallistas en Juegos Nacionales. La colecta de dermatoglifos, se realizó, previa firma de consentimiento, en una muestra de seis ciclistas, cuya edad osciló entre  $22,3 \pm 4$  años. El estudio fue descriptivo y evaluó las variables: arco, presilla, verticilio, D10 y cantidad total de líneas (STCL). Los resultados, se presentan en un radar con los valores normalizados, en el cual, se detecta que los valores más destacados corresponden a la predominancia de dibujos presilla y verticilos, disminución de arcos y un D10 y SCTL medio.

Palabras clave: Huellas, genética, talento, ciclismo.

### SUMMARY

Dermatoglyphic characteristics are currently used worldwide to identify and select the most diverse talents in sports. To find the positive genetic profile that can be applied for this purpose, it analyzes the characteristics of outstanding athletes in specific sports. In order to generate a preliminary dermatoglyphic profile to serve for the talent selection in women's track cycling, in undercard tests a Colombian team and national games medalists were evaluated. The dermatoglyphics collecting was by previously signed consent,

in a sample of six cyclists, whose age was  $22.3 \pm 4$  years. The study was descriptive and variables evaluated: arch, loop, whorl, D10 and number total of lines (STCL). The results are presented in the normalized radar values, which detect most outstanding values, corresponding to the predominance of loop and whorls designs, decreased arches, and D10 and SCTL medium.

Key words: Footprints, genetic, talent, cycling.

### INTRODUCCIÓN

La trayectoria de los ciclistas colombianos, en la modalidad del ciclismo de pista, se ve reflejada en logros de alto nivel, dentro del último lustro; entre los triunfos más destacados encontramos medallas de oro en juegos panamericanos, suramericanos, centroamericanos y del Caribe y campeonatos mundiales, en diversidad de pruebas, dentro de las que se destacan, el omnium, la madison, la persecución por equipos e individual y la prueba por puntos dentro del semifondo, lo que les ha valido la aparición en los Juegos Olímpicos de Londres 2012; la tabla 1 (UCI, 2013) relaciona las posiciones de Colombia dentro de las pruebas de semifondo, en rama femenina, categoría mayores.

Dado el origen multifactorial de los éxitos deportivos (Borin & Gonçalves, 2004a; Vona *et al.* 2005), que se derivan de la interacción de muchos componentes que actúan sinérgicamente (Rankinen *et al.* 2006; Borin & Gonçalves, 2004b), se hace necesario determinar cuáles son los componentes que conforman a los campeones deportivos, en cada modalidad existente.

Una de las condiciones necesarias para lograr el éxito en el alto rendimiento es el talento innato o la idoneidad del

Tabla 1. Ranking de Colombia dentro del ciclismo de pista en pruebas de semifondo, en la rama femenina.

CATEGORÍA	COMPETENCIA	POSICIÓN	PUNTOS
MAYORES	TEAM PURSUIT	15	450
	OMNIUM	47	85
	POINTS RACE	29	105
	3km INDIVIDUAL PURSUIT	6	220
	SCRATCH	29	105

Adaptado de: UIC - Unión Ciclista Internacional (2013).

atleta (Dos Santos *et al.* 2007). Según Harris (1982), citado en el manual del Programa de Oportunidades de Talentos (TOP) de Gimnasia EE.UU (1998), el desarrollo de los atletas jóvenes se puede mejorar si se entrena para el deporte, en el cual, se posee el mayor potencial. Weineck (1999) define como un atleta talentoso a alguien con voluntad y con disposición para el rendimiento y está por encima del promedio para ese grupo de edad; al comprobarse su desempeño superior en competencia y el componente biológico es determinante para detectar talentos deportivos, lo que permite dilucidar sujetos predispuestos a determinadas disciplinas (Zakharov, 2003).

El desarrollo y el perfeccionamiento de las habilidades motoras y sus estándares son influenciados de manera compleja (Gallahue & Ozmun, 2005); la eficiencia del sistema neuromotor dependerá, fundamentalmente, de la predisposición genética de la persona (Dantas, 2003). Este concepto es reforzado por Norton & Olds (2001), quienes indican que, en caso de existir un tipo de cuerpo ideal para un deporte en particular, sólo los atletas con esta forma ideal podrán permanecer a nivel competitivo.

Es necesario destacar que cada persona es única en el proceso de desarrollo y responde individualmente al desafío del cambio y evolución a un nivel determinado por condiciones genéticas, ambientales y biológicas, en combinación con las necesidades específicas de la función motora (Fraga de Oliveira & Fernandes, 2008).

Conocer las características de un deporte parece ser la correcta aplicación de las estrategias que influyen en su mejor desempeño; para actuar de acuerdo con la competencia, un atleta debe reunir las características físicas, antropométricas, fisiológicas y psicológicas específicas exigidas por la modalidad, lo cual, permitirá entender las manifestaciones fenotípicas, como resultado de la influencia del medio sobre el genotipo (Junior *et al.* 2006). Una combinación de características favorables al deporte hará que se clasifique

como un “talento deportivo” (Ferreira & Fernandes Filho, 2003). El fenotipo puede diagnosticar muchas variables de una injerencia directa en deporte de alto nivel; sin embargo, estas variables son manipulables, por ello, el genotipo cobra mayor importancia, dado que no es posible su manipulación, excepto cuando hubo cambios ilegales para mejorar el rendimiento (dopaje) (Ferreira & Fernandes Filho, 2003).

La apariencia fenotípica puede influir y disparar los posibles cambios en las características genotípicas en un determinado deporte (Dantas *et al.* 2004). Desde la perspectiva de Del Villar (1992), la constitución física es el resultado de ciertos parámetros hereditarios genéticos, que pueden ser el objetivo para el desarrollo del ejercicio físico. El progreso de un atleta es el resultado de la influencia mutua de la herencia y del ambiente, cuando el objetivo es identificar las habilidades motoras características de la modalidad y determinar el grado de influencia de factores hereditarios y ambientales en cada una (Dantas *et al.* 2004), dándose un proceso de planificación estratégica, de cara a la carrera deportiva del atleta.

La influencia de factores genéticos y ambientales no son los mismos en los diferentes períodos de edad, ya que existen momentos especiales, sometiendo a consideración la sensibilidad a diversos factores ambientales, de aprendizaje y de entrenamiento y es allí donde se observa una disminución en el nivel genético y una creciente dependencia de los factores ambientales (Dantas *et al.* 2004). Los periodos sensibles (edad, duración) son apropiados para la edad biológica y no para la cronológica. Está demostrado que el desarrollo de las habilidades motoras o el carácter de la adaptación del organismo de los adolescentes de 12 a 16 años de edad no depende sólo de la edad cronológica, pero sí de los ritmos individuales de desarrollo (Volkov, 1983).

La capacidad de diagnosticar y de comprender el potencial de genotipo de cada atleta, junto con la contribución fenotípica puede mejorar la selección y la formación de nuevos individuos en la alta cualificación (Ferreira & Fernandes Fil-

ho, 2007; João & Fernandes, 2002; Skinner, 2002; Dos Santos *et al.* 2007; Maia, 1999). Por ello, la creación de nuevos modelos de caracterización, fundamentados en la ciencia y la predicción del rendimiento, ayudarán a la selección y a la orientación de talentos deportivos (Weineck, 1991; Filin & Volkov, 1998; Bohme, 1994; Fonseca *et al.* 2008), los cuales, estarían en la capacidad de tolerar grandes cargas de entrenamiento acompañado de grandes índices de mejora deportiva (Filin & Volkov, 1998). Este modelo, se debe basar en el perfil genético, funcional, psicológico y somatotípico de atletas de alto rendimiento de cada deporte (Filin & Volkov, 1998; Fonseca *et al.* 2008) y debería ser elaborado según los datos y los índices de la población a la que pertenecen los individuos. Fernandes Filho (1999) y João *et al.* (1999) juzgan que configurar el perfil para un grupo en el que se desee intervenir puede ser la diferencia entre el éxito y el fracaso de la estrategia, en la programación del entrenamiento deportivo.

El modelo del deportista de alto nivel debe determinar no solamente las características más sustanciales de la modalidad (características del modelo), sino también los posibles parámetros de desviación del "ideal", presentándose como innatos al individuo, así como para estipular ciertos cambios en el inicio del desarrollo, que suponen la aptitud deportiva (Junior *et al.* 2006; Neto & Baptista, 2007).

Es de gran importancia recalcar que la observación y la determinación de los parámetros óptimos para todas las disciplinas deportivas, a través de un perfil de características comunes, no es un estereotipo de exclusión, es por el contrario, un esfuerzo de satisfacer las demandas de cada deporte con sus peculiaridades. Ser un atleta no es una tendencia común para todas las personas, es una minoría. Además, dentro de ésta, el factor de oportunidad juega un papel clave (Dantas *et al.* 2004; Dantas & Fernandes, 2002; Ferreira & Fernandes Filho, 2003), pues contribuye a la concepción teórica general sobre la especificidad de la constitución del hombre, de acuerdo con el perfil de su actividad (Castanhede *et al.* 2003; Junior *et al.* 2006).

De esta manera, se puede conseguir no sólo el rendimiento deportivo máximo, sino también la dirección correcta de esfuerzos, de tiempo y de dinero (Ribeiro Ferreira *et al.* 2008). La intención de apreciar el rendimiento y comprobar el perfil de los atletas en la fase inicial, con el objetivo de obtener un alto rendimiento, a través de las respuestas del fenotipo y del genotipo, son necesarios para lograr el éxito, de acuerdo con Ferreira & Fernandes Filho (2003).

El uso de la dermatoglfia en la selección y en la orientación de talentos deportivos fue impulsado por investigadores rusos, quienes determinaron la relación entre indicadores dermatoglficos y cualidades físicas, influyentes dentro del rendimiento deportivo (Leiva *et al.* 2011).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación, se siguieron las reglas ordenadas por el Ministerio de Salud, para trabajos con seres humanos o con muestras de origen humano (Resolución N° 008430 de 1993, Resolución No. 01 de 2008. Ministerio de Salud).

La muestra de individuos estuvo constituida por ciclistas colombianas de pista, especializadas en las pruebas de semifondo: medallistas en Juegos Nacionales 2012 (5), integrantes de la Selección Colombia; participante en el Panamericano de Ciclismo de Pista (1), realizado en Aguascalientes, México; Copa Mundo de Pista (2), que tuvo lugar en Cali, Colombia; Campeonato Mundial Juvenil de Pista (1), llevado a cabo en Invercagill, Nueva Zelanda y los XVII Juegos Deportivos Bolivarianos Trujillo 2013 (3).

Para verificar las características dermatoglficas, se utilizó el protocolo propuesto Cummins & Midlo (1963). La recolección de impresiones digitales, se realizó cubriendo de tinta negra las falanges distales y haciendo una rodada uniforme en las planillas diseñadas para este proceso.

Posteriormente, a la realización del dibujo dactilar, se clasificó y se efectuó el conteo de crestas; así se pudo determinar la predisposición del sujeto para la realización de una modalidad deportiva, en especial (Cummins & Midlo, 1963), analizando variables cualitativas (diseños) y cuantitativas (SCTL, D10):

a) Los diseños, arcos, presillas y verticilos (Figura 1) de las falanges distales de ambas manos, la cantidad de diseños en los dedos de las manos derecha e izquierda y la complejidad en los diseños de los diez dedos de las manos (D10), calculada por la ecuación:

$$D10 = \sum L + 2\sum W$$

Dónde: Presillas (L); Verticilos (W)

b) Cantidad de líneas. Se cuenta cada cresta que cruza o toca la línea imaginaria (Línea de Galton), trazada desde el delta hasta el núcleo, sin incluir la cuenta del delta o del núcleo; con base en la cantidad de líneas de todos los dedos de las manos, se calcula SCTL, que es la sumatoria de la cantidad de líneas de los dedos de las dos manos (Dantas, 2012; Castanhede *et al.* 2003).

La gráfica 1 corresponde a la normalización de los resultados, donde los límites se hallaron con las siguientes ecuaciones:  
= (Dato - Min.) / (Max. - Min.)

Y Finalmente, se normalizan los límites:

$$\text{Lim. Inf.} = X - (1,96 * S) / n^{(1/2)}$$

$$\text{Lim. Sup.} = X + (1,96 * S) / n^{(1/2)}$$



**Arco**

Se clasifica con la letra A, es el primer tipo del sistema, está formado por líneas papilares más o menos paralelas a la base del pliegue de flexión de la tercera falange, que atraviesan el dactilograma de un extremo a otro y carece de deltas, líneas directrices y núcleo.



**Presilla**

Se clasifican con la letra L, está formada por un delta que se encuentra ubicado a la derecha del observador y sus líneas directrices que envuelven a las nucleares se dirigen hacia la izquierda.



**Verticilo**

Se clasifica con la letra V, es el último tipo del sistema, está formado por dos deltas, uno a la derecha y el otro a la izquierda y sus líneas directrices circunscriben al núcleo en diferentes formas.

Figura 1. Impresiones dactilares según su dibujo arcos, presillas y verticilos. (Tomado de Guzmán, 2003; Fonseca *et al.* 2008; Martínez *et al.* 2012; Abramova *et al.* 1996; Nishioka *et al.* 2007; João & Fernandes Filho, 2002).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

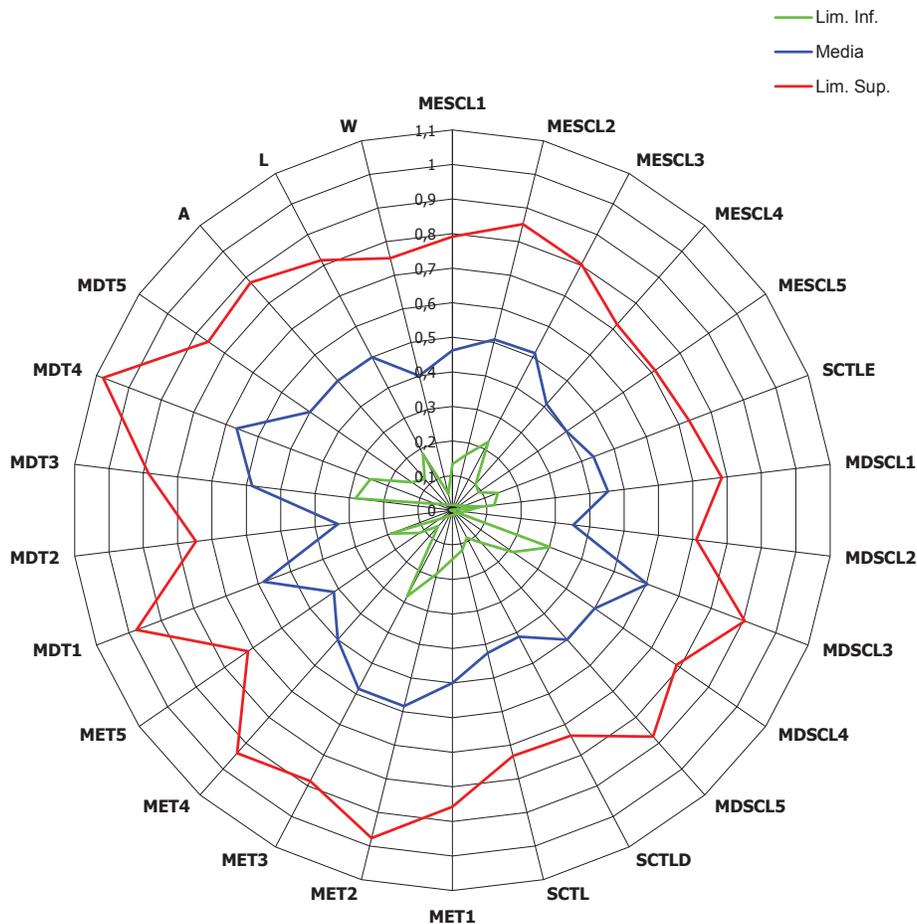
Las impresiones dactilares se dividen según su dibujo en tres grandes grupos: arcos, presillas y verticilos, como lo muestran Avella & Medellín (2013), quienes adaptaron las figuras de Guzmán (2003); Fonseca *et al.* (2008); Martínez *et al.* (2012); Abramova *et al.* (1996); Nishioka *et al.* (2007) y João & Fernandes Filho (2002) (Figura 1). Los dibujos dactilares pueden ser divididos en subgrupos, con base a diferencias menores que existen entre ellos.

La edad de las ciclistas y las características dermatoglíficas recogidas durante el presente estudio, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados estadísticos de las variables analizadas.

	Ciclistas (n = 6)	
	Media	Desviación
<b>Arco</b>	2	1,897
<b>Presilla</b>	4	3,162
<b>Verticilo</b>	4	4,382
<b>D10</b>	12	5,967
<b>SCTL</b>	115,5	76,943

### Valores Normalizados



Gráfica 1. Radar con los valores normalizados.

MESCL= Mano Izquierda Sumatoria Líneas; MDSCL= Mano Derecha Sumatoria Líneas; SCTLE= Sumatoria Total Líneas Mano Izquierda; SCTL= Sumatoria Cantidad Total de Líneas; MET= Deltas Mano Izquierda; MDT= Deltas Mano Derecha; L= Presilla; W= Verticilo; A= Arco.

Si se comparan estos resultados con aquellos obtenidos por Tuche *et al.* (2005) con ciclistas varones de ruta brasileños (Tablas 3 y 4), se observa cierta similitud en el bajo porcentaje de aparición de Arcos en los deportistas. Asimismo, el promedio del D10 y el SCTL fueron prácticamente idénticos; sin embargo, la desviación de las variables mencionadas en las ciclistas colombianas es superior a los brasileños. Este resultado se podría atribuir al tamaño de la muestra o a que la

muestra del presente estudio exhibe diferencias entre las tres ciclistas Selección Colombia, actuales asistentes a los Juegos Bolivarianos de Trujillo 2013 y el resto de las deportistas; las convocadas son en las variables cualitativas más similares a los datos de Tuche *et al.* (2005) y, cuantitativamente hablando, los datos de las seleccionadas por Colombia son menores a los ciclistas varones, lo que podría responder a las diferencias entre modalidades deportivas.

Tabla 3. Comparación variables cualitativas.

	Colombia (n = 6)	Brasil (n = 18)
	Media	Media
Arco	20%	10%
Presilla	40%	62%
Verticilo	40%	28%

Tabla 4. Comparación variables cuantitativas.

	Colombia Pista Damas (n = 6)	Brasil Ruta Varones (n = 18)	Colombia Pista Damas (n = 6)	Brasil Ruta Varones (n = 18)
	Media	Media	Desviación	Desviación
D10	12	11,8	5,967	3,43
SCTL	115,5	114,8	76,943	38,21

La comparación intragrupo demostró que la mitad de más alto rendimiento de la muestra (dos ciclistas participantes actualmente en Selección Colombia y la reciente campeona mundial juvenil del scratch) presenta similitudes significativas en sus variables cuantitativas: SCTL:  $40,7 \pm 5,5$ ; SCTL:  $42,3 \pm 19,3$ ; SCTL:  $83 \pm 24,8$ ; D10:  $9 \pm 1$ , lo que explicaría su homogeneidad en resultados y logros.

Una comparación entre las atletas velocistas colombianas (Avela & Medellín, 2013) con la muestra del presente estudio arroja una similitud en las variables de sumatoria de líneas por dedo en ambas manos (MDSCL – MESCL), a excepción del quinto dedo de la mano izquierda. Se presentan variables oscilantes entre 0,7 y 0,9 y, por ende, se evidencia un gran parecido en la sumatoria total de líneas por mano (SCTLD – SCTL), esta con más énfasis en la mano derecha. Ésto se justifica por Leiva *et al* (2011), quien afirma que la sumatoria de líneas en la mano derecha está asociada a las capacidades de velocidad y de fuerza, mientras que la misma sumatoria en la mano izquierda vincula la resistencia y la coordinación motora. Así, aunque la presente muestra se especializa en pruebas de semifondo, su naturaleza real es mixta, en la cual, ambas vías metabólicas son partícipes; por ello es razonable una similitud y una predisposición genética a esfuerzos sub máximos. En cuanto a las diferencias marcadas está la enorme superioridad en dibujos presilla de las atletas contra las ciclistas, que es casi el doble, dado que su naturaleza deportiva demanda una tendencia importante a actividades alácticas, lo que difiere en parte a las ciclistas.

De la normalización y del análisis de los datos por individuo, se generan la gráfica 1, que permite tener un panorama

grupal sobre las condiciones dermatoglíficas y establece un modelo gráfico preliminar, para orientar el proceso en la selección de talentos.

Se sugiere realizar estudios en deportistas de alto nivel con la misma orientación de esfuerzo, en este caso, deportes de semifondo nutrirían esta base de datos y harían más significativo el perfil a construir. Asimismo, el procedimiento se debería replicar en todos los deportes y agruparlos según su vía metabólica predominante.

**Agradecimientos:** A Andrés Felipe Bohórquez Aldana, por alentar el inicio de este proyecto y por servir de soporte para familiarizarme con la dermatografía. Al Profesor José Fernandes Filho Ph.D., por su apoyo en la normalización de los datos y la construcción de los radares; a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, por el apoyo financiero para la realización de la investigación y a todos los Ciclistas que permitieron la toma de sus datos para la construcción de este producto. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación del autor y declaro que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABRAMOVA, T.; NIKITINA, T.; OZOLIN, H. 1996. Posibilidades del empleo de la dermatografía dactilar en la selección deportiva. Teoría y práctica de la cultura física. 3:8-14.

2. AVELLA, R.E.; MEDELLÍN, J.P. 2013. Perfil Dermatoglfico y Somatotípico de la Selección Colombia de Atletismo (Velocidad) participante en los Juegos Panamericanos de Guadalajara, 2011. *Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient.* 16(1):17-25.
3. BOHME, M. 1994. Talento esportivo I: aspectos teóricos. São Paulo: Rev. Paulista Ed. Fís. 8(2):90-100.
4. BORIN, J.; GONÇALVES, A. 2004a. Alto nível de rendimento: a problemática do desempenho esportivo. *Rev. Bras.Cienc. Esporte.* 26(1):9-17.
5. BORIN, J.; GONÇALVES, A. 2004b. Saúde coletiva e atividade física e talento desportivo. In: GONÇALVES, A. (org). *Conhecendo e discutindo saúde coletiva e atividade física.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p.61-81.
6. CASTANHEDE, A.; DANTAS, E.; FERNANDES, FILHO, J. 2003. Perfil dermatoglfico e somatotípico, de atletas de futebol de campo masculino, do alto rendimento no Rio de Janeiro - Brasil. *Fitness & Perform. J.* 2(4):234-239.
7. CUMMINS, H.; MIDLO, C.H. 1963. Finger prints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics. Dover Publications. 319p.
8. DANTAS, E. 2003. *A Prática da Preparação Física.* 5ª ed. Rio de Janeiro: Shape. p.200-220.
9. DANTAS, E. 2012. *La práctica de la preparación física.* Editorial Paidotribo. Barcelona. p.227-383.
10. DANTAS, E.; FERNANDES FILHO, J. 2002. Identificação dos perfis genético, de aptidão física e somatotípico que caracterizam atletas masculinos de alto rendimento, participantes do futsal adulto no Brasil. *Fitness & Perform. J.* 1(1):28-36.
11. DANTAS, P.; ALONSO, L.; FERNANDES FILHO, J. 2004. *A Dermatoglfia no Alto Rendimento do Futsal Brasileiro.* *Fitness & Performance Journal*, v.3, n.3, p. 136 – 142.
12. DEL VILLAR, C. 1992. *La preparación física del futbol basada en el atletismo.* Madrid: Gymnos. p.12-20.
13. DOS SANTOS, L.; SILVA DANTAS, P.; FERNANDES FILHO, J. 2007. Características Genotípicas e Fenotípicas em Atletas Velocistas. *Rev. Desporto e Saúde da Fundação Técnica e Científica do Desporto.* 4(1):49-56.
14. FERNANDES FILHO, J. 1999. *A prática da avaliação física.* Rio de Janeiro: Shape. p.6-10.
15. FERREIRA, A.A.M.; FERNANDES FILHO, J. 2003. *Corrida de Orientação: Caracterização dermatoglfica e somatotípica de alto rendimento da região sul do Brasil.* *Fitness & Performance J.* 2(3):145-150.
16. FERREIRA, H.F.; FERNANDES FILHO, J. 2007. Diagnostico da predominância do tipo de fibra muscular da seleção brasileira de canoagem slalom através da Dermatoglfia. *FIEP Bull.* 77:273-275.
17. FILIN, V.; VOLKOV, V. 1998. *Seleção de Talentos nos esportes.* Londrina: Miograf. p.10-40.
18. FONSECA, C.; DANTAS, E.; FERNANDES, P.; FERNANDES FILHO, J. 2008. Perfil dermatoglfico, somatotípico e da força explosiva de atletas da seleção brasileira de voleibol feminino. *Fitness & Performance J.* 7(1):35-40.
19. FRAGA DE OLIVEIRA, E.; FERNANDES FILHO, J. 2008. Behavior of genotype and phenotype characteristics in children practicing and not practicing swimming. *FIEP Bulletin V. 78 Special Edition Article-I.*
20. GALLAGHER, D. OZMUN, J. 2005. *Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês crianças, adolescentes e adultos.* 3.ed. - São Paulo: Phorte. p.14-38.
21. GUZMÁN, C. 2003. *Manual de criminalística,* Buenos Aires: Ediciones La Rocca. p.90-110.
22. JOÃO, A.F; FILHO, J.F.; DANTAS, E. 1999. Seleção, orientação e detecção de talentos para ginástica olímpica feminina. *Rev. Treinam. Desport.* 4(1):72-77.
23. JOÃO, A.; FERNANDES FILHO, J. 2002. Identificação do perfil genético, somatotípico e psicológico das atletas brasileiras de ginástica olímpica feminina de alta qualificação esportiva. *Fitness & Performance J.* 1(2):12-19.
24. JÚNIOR, A.; CUNHA, A.; SCHENEIDER, A.; DANTAS, E. 2006. Características dermatoglficas, somatotípicas, psicológicas e fisiológicas da seleção brasileira feminina adulta de handebol. *Fitness & Performance J.* 5(2):81-86.
25. LEIVA, J.; MELO, P; GIL, M. 2011. Dermatoglfia dactilar, orientación y selección deportiva. *REVCGJMC.* 9(9):287-300.

26. MAIA, J. 1999. Aspectos genéticos de la práctica deportiva: un estudio en gemelos. *Rev. Paulista Ed. Fís.* 2(13):160-176.
27. MARTÍNEZ LAGUNA, L.E.; TAMARIT MEDRANO, R.; RANGEL MAYOR, L. 2012. El empleo de marcadores genéticos en el proceso de selección de talentos. *EF-Deportes.com, Rev. Digital.* Buenos Aires. 17(171). Disponible desde Internet en: <http://www.efdeportes.com/efd171/marcadores-geneticos-en-seleccion-de-talentos.htm> (con acceso 019/01/2013).
28. NETO, G.; BAPTISTA, J. 2007. Desenhos Papilares e Inteligência Cinestésico-Corporal. *Rev. do IGP.* 3(3):47-54.
29. NISHIOKA, G.A.C.; DANTAS, P.M.S.; FERNANDES FILHO, J. 2007. Perfil dermatoglífico, somatotípico y de las cualidades físicas básicas de los bailarines becarios del Centro de Movimiento Deborah Colker. *Fitness & Perform. J.* 6(5):331.337.
30. NORTON, K.; OLDS, T. 2001. Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports Med.* 31(11):763-783.
31. RANKINEN, T.; BRAY, M.; HAGBERG, J.; PERUSSE, L.; ROTH, S.; WOLFARTH, B.; BOUCHARD, C. 2006. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: The 2005 update. *Med Sci Sports Exerc.* 38(11):1863-1888.
32. RIBEIRO FERREIRA, H.; BARBOSA, F.; FERNANDES FILHO, J. 2008. Correlação entre níveis de preensão manual e dermatóglifos dos atletas da seletiva olímpica de canoagem slalom para Pequim 2008. *EFdeportes.com, Revista Digital.* Buenos Aires. 13(121). Disponible desde Internet en: <http://www.efdeportes.com/efd121/seletiva-olimpica-de-canoagem-slalom-para-pequin-2008.htm> (con acceso 001/05/2013).
33. SKINNER, J. 2002. Será que a genética determina o campeão? *Sports Science Exchange.* Gssi.com.br, Gatorade Sports Sciences Institute n. 34. Disponible desde Internet: <http://www.gssi.com.br/artigo/77> (con acceso: 28/04/2013).
34. TUCHE, W.; FAZOLO, E.; ASSIS, M.; DANTAS, E.; FERNANDES FILHO, J. 2005. Perfil dermatoglífico e somatotípico de ciclistas de alto rendimento do Brasil. *Rev. Ed. Fís.* 132:14-19.
35. UNION CYCLISTE INTERNACIONALE UCI. 2013. Ranking Track. Disponible desde Internet: <http://www.uci.ch/templates/BUILTIN-NOFRAMES/Template1/layout.asp?MenuId=MTYzNDE&LangId=1> (con acceso 03/06/2013).
36. USA GYMNASTICS. 1998. Talent opportunity program manual. USA Gymnastics Federation – USA. p.1-2.
37. VOLKOV, V. 1983. Seleção esportiva. - Moscou: Educação Física e Esporte. p.176.
38. VONA, G.; MASSIDDA, M.; CIREDDU, M.; CALO, C. 2005. Genética e performance sportiva. *Ital J. Sport Sci.* 12(2):105-15.
39. WEINECK, J. 1991. *Biologia do Esporte.* São Paulo: Manole. p. 50-70.
40. WEINECK, J. 1999. *Treinamento Ideal.* São Paulo: Ed. Manole. p. 110-120.
41. ZAKHAROV, A. 2003. *Ciência do treinamento desportivo.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Grupo Palestra. p.45-70.

Recibido: Junio 11 de 2013

Acceptado: Febrero 17 de 2014

Como citar:

Medellín, J.P. 2014. Caracterización dermatoglífica de las ciclistas colombianas de pista de altos logros en pruebas de semi-fondo. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 45-52.

# ESTUDIO COMPARATIVO DE FACTORES ANTROPOMÉTRICOS Y DE CONDICIÓN FÍSICA EN JUGADORES JÓVENES DE VOLEIBOL COLOMBIANO

## COMPARATIVE STUDY ON ANTROPOMÉTRIC FACTORS AND PHYSICAL CONDITION IN YOUNG COLOMBIAN VOLLEYBALL PLAYERS

Yennys González<sup>1</sup>, Silvia Sedano<sup>2</sup>, Jairo Fernández<sup>3</sup>, Hernando Díaz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Santo Tomás, Grupo GICAEDS, Carrera 56 N° 153-15 Apto. 1102 Torre 2 Edificio Reserva de Colina, Bogotá D.C. Colombia, e-mail: yennysgonzalez@usantotomas.edu.co, yego61@yahoo.es; <sup>2</sup> Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Laboratorio de fisiología, Valladolid-España. C/Padre Julio Chevalier, 2. 47017 Valladolid, España, e-mail: ssedano@uemc.es; <sup>3</sup> Magister Fisiología Universidad Claude Bernard, Lyon Francia, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá-Colombia, Docente Planta. Calle 72 N° 11-86, e-mail: jairofdz@pedagogica.edu.co; <sup>4</sup> Especialista en Administración Deportiva, Universidad Santo Tomás, Grupo GICAEDS, Carrera 98 N° 147-61, Bogotá, D.C.-Colombia, e-mail: jesuzdiaz@usantotomas.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 53-63, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El propósito principal de esta investigación fue realizar un análisis descriptivo para valorar la influencia que, sobre distintas variables de carácter antropométrico y de condición física, tienen factores como la categoría de edad, el nivel competitivo y la posición ocupada en el terreno de juego, en jugadores jóvenes de Voleibol. Por otra parte, determinar las correlaciones existentes entre las variables antropométricas, como también entre las capacidades motrices de fuerza explosiva y de agilidad. La muestra, se conformó por 267 jugadores hombres, pertenecientes a la liga de Cundinamarca (n=131) y a colegios distritales de Bogotá (n=136). Se registraron un total de 11 medidas antropométricas (masa corporal, talla, masa grasa, envergadura y siete pliegues) y tres pruebas de campo. En general, se observó una influencia notable de la edad cronológica en la evolución de las variables evaluadas; dicha influencia se consideró superior a la ejercida por el nivel competitivo, siendo evidente en el caso de los jugadores de menor nivel, posiblemente, por factores del nivel socio-económico de los jugadores, aunque estadísticamente no existan diferencias significativas. Respecto al porcentaje de masa grasa, ni el nivel competitivo ni la edad manifiestan tener influencia en la evolución de esta variable. Además, se observa un perfil antropométrico específico en los centrales, perfil vinculado a las exigencias específicas de esta posición. En relación a las pruebas de condición física, los colocadores obtuvieron los mejores resultados, teniendo relación con las exigencias tácticas de este deporte.

Palabras clave: Voleibol, antropometría, composición corporal, fuerza explosiva y agilidad.

### SUMMARY

The main purpose of this research was to carry out a descriptive analysis to assess the influence on anthropometric characters variables and physical condition that factors such as age, competitive level and position performed on the court, have in young volleyball players. Also to determine the correlation between both, anthropometric variables and motor skills agility and explosive power. The sample consisted of 267 male players belonging to the Cundinamarca League (n = 131) and Bogotá district schools (n = 136). A total of 11 anthropometric measures were performed (body mass, height, fat mass, size and seven-fold) and three field tests. Mostly, there is a large influence of chronological age in the evolution of the variables. This influence show to be superior to that exerted by the competitive level, being evident in the case of lower level players, due to player's socio-economic level factors, even though there is not statistically significant differences. Regarding the percentage of fat mass, neither, the competitive level not the age, seemed to influence the evolution of this variable. Moreover, it was detected a specific anthropometric profile in central player, profile linked to the specific requirements of this position. Relative to physical fitness tests, setters performed best, this may be due to sport tactics requirements.

Key words: Volleyball, anthropometry, body composition, explosive strength and agility.

## INTRODUCCIÓN

El rendimiento en el voleibol está basado en una compleja e intrincada diversidad de variables, que incluye factores psicológicos, fisiológicos, físicos y morfológicos (Gaurav *et al.* 2011) y la literatura ha resaltado la importancia de los factores que son considerados relevantes en el rendimiento en el voleibol (Peña *et al.* 2013). En este deporte, considerado intermitente o intervalado, se requiere que los jugadores completen ejercicios de alta intensidad, en acciones cortas frecuentes, seguidos por acciones de baja intensidad (Torres *et al.* 1993; Gabbett, 2008). Las acciones en las que el ejercicio es de alta intensidad, relacionadas con la duración total del juego, aproximadamente 90 minutos, requiere que los jugadores tengan bien desarrollados los sistemas de obtención de energía, tanto aeróbico como anaeróbico. En consecuencia, los jugadores de voleibol requieren velocidad, agilidad, potencia en tren superior e inferior y  $VO_{2max}$  bien desarrollados (Gabbett, 2008). Varios estudios han documentado las características fisiológicas, de condición física y antropométrica de los jugadores de voleibol. Smith *et al.* (1992) hallaron una diferencia significativa en la altura de los saltos de bloqueo y remate, en la velocidad en 20 metros, en el  $VO_{2max}$  a favor de los jugadores de categoría nacional, sugiriendo que las capacidades fisiológicas juegan un papel importante en la preparación y en la selección de competidores de élite. Por otro lado, un estudio reciente de Cabral *et al.* (2013), específicamente sobre la variable antropométrica talla, la cual, se considera de gran importancia en el rendimiento de este deporte, indica que los jugadores jóvenes brasileños presentan una media similar a la de los de categoría adulta.

Análisis sobre características antropométricas y de condición física son indispensables, inicialmente, para orientar el proceso de selección de nuevos jugadores (Toledo *et al.* 2000); posteriormente, esta información será utilizada para especializar por posiciones de juego y en el control del entrenamiento deportivo (Durkovic *et al.* 2012). Haciendo una revisión en las principales bases de datos (Sportdiscus, Proquest, Scielo), no se encontraron estudios sobre esta temática realizados en Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestra:** La muestra, se conformó por 267 sujetos, distribuidos en dos niveles de competencia y en tres categorías según la edad:

Grupo de voleibolistas 1 (GV1) (N=131): Varones voleibolistas con licencia federativa en vigor departamental, inscri-

tos a la Liga de Cundinamarca (Colombia), en la temporada 2010-2011, pertenecientes a tres categorías: Infantil (13 y 14 años), Pre-Juvenil (15 y 16 años) y Juvenil (17 y 18 años). Dichos jugadores entrenaban una media de seis horas a la semana y participaban en tres concentraciones anuales en fines de semana y cuatro torneos abiertos de categoría única. En este grupo, se evaluaron 57 Rematadores (R4), 36 Centrales o R3 y 38 Colocadores (C2).

Grupo de jugadores de voleibol 2 (GV2) (N=136): Varones con licencia federativa en vigor inter-colegiada distrital (Bogotá-Colombia), en la temporada 2010-2011, pertenecientes a tres categorías: Infantil (13 y 14 años), Pre-Juvenil (15 y 16 años) y Juvenil (17 y 18 años). Dichos jugadores de voleibol entrenaban una media de cuatro horas a la semana, con uno o dos partidos por semana. En este grupo, se evaluaron 66 Rematadores (R4), 39 Centrales o R3 y 31 Colocadores (C2).

**Material:** Plicómetro especial tipo Harpenden modelo HSK-BI<sup>®</sup>, que ejerce una presión normalizada sobre los pliegues de  $10g/mm^2$ , con precisión 0,20 mm. Intervalo de medición de 0 a 80mm. Calibre de campo marca L&W tools<sup>®</sup>, con una precisión de 1mm. Intervalo de medición de 0,5 a 110cm. Báscula TANITA BF-666<sup>®</sup>, con una precisión de 0,1kg. Intervalo de medición de 0 a 150kg. Tallímetro Holtain<sup>®</sup>, con una precisión de 0,1cm. Intervalo de medición de 60 a 209cm. Una escala métrica fijada en la pared de 2m de altura por 2,5m de ancho, con marcas de un centímetro horizontales y verticales. Sistema de fotocélulas de luz infrarroja tipo reflejo, para la medición de tiempos con precisión de 100 Hz, modelo WL34-R240. Marca Sick<sup>®</sup> Potencia de encendido: Relevo, SPDT. Aislado. Max. Frecuencia de encendido: 10/s. Tiempo de demora: tabla, ajustable 0,5 a 10s. Optojump Microgate<sup>®</sup> conectado a un ordenador portátil Toshiba Satellite, con el sistema operativo Windows 7 y el software Optojump<sup>®</sup>, diseñado específicamente para el registro de los datos procedentes del Optojump. Precisión de 1/1000 segundos.

Para el registro y tratamiento de datos, se utilizó Ordenador Toshiba Satellite, con el sistema operativo Windows 7. Una hoja de cálculo Excel para Windows 7 y el programa estadístico SPSS. Versión 19.

**Procedimiento:** Todas las mediciones, se realizaron durante la temporada competitiva de todos los clubes y colegios, en el primer trimestre del 2011. Después de entregar la información a los entrenadores de los diferentes clubes y colegios de voleibol, se tramitaron los permisos con los padres de familia, ya que los participantes eran menores de edad. Se citaron a todos los deportistas en la Facultad de Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional a una reunión, donde se les explicó directamente, los objetivos, la metodología y riesgos de la investigación. Además, se les informó

del procedimiento específico de la parte experimental y se les dio la oportunidad de realizar preguntas.

La totalidad de las pruebas antropométricas, de campo y de laboratorio, se desarrollaron en una sola sesión de evaluación en ese orden, a la misma hora por la mañana y bajo los mismos parámetros. Un evaluador experimentado realizó las mediciones antropométricas necesarias para la determinación de la composición corporal, con la ayuda de una asistente. Siguiendo los protocolos de medidas antropométricas establecidos por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Mazza (2010), tras efectuar la adecuada calibración de los instrumentos, se tomaron las siguientes medidas: Talla, masa corporal, altura trocánterea y siete pliegues —tríceps, subescapular, bíceps, suprailíaco, abdominal, muslo anterior, medial de la pierna-. El porcentaje de grasa, se calculó a través de la ecuación propuesta por Faulkner (1968). En cuanto a las pruebas de campo y de laboratorio, todos los grupos realizaron un calentamiento estandarizado de 20 minutos. Las pruebas de campo fueron la prueba de fuerza explosiva del tren superior —Test Lanzamiento balón medicinal- y de agilidad -T-Test-, en ese orden y, finalmente, las pruebas de fuerza explosiva en el laboratorio, salto con contra movimiento —CMJ- y salto Abalakov —ABK-.

**Prueba T-Test (Pauole *et al.* 2000):** Esta prueba, se realizó ubicando cuatro conos separados 5m entre sí, formando la letra "T". El jugador de voleibol decidía cuando iniciar su movimiento; partía del cono de la "base de la T" en línea recta a tocar con la mano el primer cono; luego, seguía a tocar el cono de la izquierda regresaba al cono central, seguía al cono de la derecha y, finalmente, terminaba en el cono del inicio. Se realizaron dos intentos variando la dirección de izquierda o derecha del primer cono, de forma aleatoria con el sistema de dos subgrupos. Se tomó el mejor registro como válido para el análisis estadístico. El intervalo de recuperación entre intentos fue de tres minutos. Todos los tiempos fueron cronometrados con el sistema de fotocélulas de sistema infrarrojo, ubicadas en el primer cono ("base de la T").

**Variante: Lanzamiento de balón medicinal con apoyo de dos rodillas en el suelo (LBM) (Martínez, 2012):** Esta prueba, se efectuó ubicando una colchoneta en el piso, para que los jugadores de voleibol se arrodillaran en el borde de la misma. Estos jugadores debían tomar un balón medicinal de 3kg por encima de la cabeza, sujetándolo con las dos manos y lanzándolo lo más lejos posible, usando únicamente la fuerza de los brazos. Para la realización del movimiento, se permitía flexionar los codos. Cada deportista contó con dos intentos, con un intervalo de recuperación entre ellos, de tres minutos. Un evaluador experimentado tomaba como referencia para la medición, el lugar de bote del balón. El mejor registro fue utilizado para el análisis estadístico.

**Salto con contramovimiento (CMJ) (Bosco, 1994):** Para la realización de esta prueba, el deportista se ubicó entre las dos barras del Optojump, partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación, con las manos sujetas en las caderas, donde habían de permanecer desde la posición inicial hasta la final. Posteriormente, realizaba un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas, previo al salto vertical máximo. Se realizaron dos intentos, con un intervalo de tres minutos entre los dos saltos, seleccionando el mejor registro para el análisis estadístico.

**Salto Abalakov (ABK) (Bosco, 1994):** Al igual que en CMJ, para iniciar la prueba el deportista, se ubicó entre las dos barras del Optojump, partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación, pero con las manos libres a los lados del cuerpo. Debía realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas, utilizando el movimiento de los brazos de abajo hacia arriba, como impulso, para ejecutar un salto vertical máximo. Se realizaron dos intentos separados por tres minutos de recuperación, seleccionando el mejor registro para el análisis estadístico. Entre el CMJ y el ABK el intervalo de recuperación fue de tres minutos, en los que se realizaban estiramientos activos.

**Análisis Estadístico:** Para determinar la normalidad de la muestra, se utilizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov, para una muestra. Se calcularon los estadísticos descriptivos de las diferentes variables analizadas para cada grupo en función del nivel, la categoría y la posición habitual de juego. A la hora de comparar las diferentes variables en función de los distintos factores, se empleó un análisis de varianza de un sólo factor —ANOVA-, con pruebas post-hoc de Bonferroni. Para ANOVA, el nivel, la categoría y la posición habitual de juego, se utilizaron como variables independientes, mientras que la masa corporal, la talla, la altura trocánterea, el porcentaje de masa grasa, los tiempos en las pruebas de velocidad y agilidad y la altura en CMJ y ABK, se emplearon como variables dependientes. Para determinar las correlaciones existentes entre variables, se calcularon las correlaciones bivariadas, a través del coeficiente de correlación de Pearson. Para todos los análisis las diferencias son significativas cuando  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Resultados obtenidos en función de las categorías:** En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en el análisis comparativo de variables entre las categorías infantil, pre-juvenil y juvenil. En este sentido, ANOVA reflejó la existencia de diferencias significativas entre categorías, para las variables de masa corporal, talla, envergadura, LBM, CMJ y ABK. Dentro de las variables antropométricas, el análisis post-hoc de Bonferroni localizó dichas diferencias entre infantiles y juveniles, para la masa corporal y entre infantiles y pre-juveniles

e infantiles y juveniles, para la talla y la envergadura. Por otro lado, en CMJ y ABK existían diferencias significativas entre todas las categorías al igual que LBM, siendo en ambos casos, los juveniles los que obtenían los resultados más elevados y los infantiles los que obtenían los más bajos.

**Resultados obtenidos en función de las categorías dentro de cada nivel de competencia:** Dentro de GV1, ANOVA reflejó la existencia de diferencias significativas en las variables de masa corporal, talla, envergadura, T-Test, LBM, CMJ y ABK. Dentro de las variables antropométricas, las pruebas

Tabla 1. Resultados y análisis comparativo de todas las variables en función de las categorías.

VARIABLE	CATEGORÍA	N	MEDIA $\pm$ SD	F - RATIO
Masa corporal (kg)	Infantil	108	53,74 $\pm$ 33,48 <sub>a</sub>	5,94*
	Pre-juvenil	111	60,94 $\pm$ 9,73 <sub>ab</sub>	
	Juvenil	48	66,52 $\pm$ 10,90 <sub>b</sub>	
Talla (cm)	Infantil	108	160,49 $\pm$ 9,79 <sub>a</sub>	68,96*
	Pre-juvenil	111	171,33 $\pm$ 6,89 <sub>b</sub>	
	Juvenil	48	174,19 $\pm$ 6,37 <sub>b</sub>	
Envergadura (cm)	Infantil	108	161,89 $\pm$ 11,25 <sub>a</sub>	60,32*
	Pre-juvenil	111	173,53 $\pm$ 7,83 <sub>b</sub>	
	Juvenil	48	176,58 $\pm$ 7,40 <sub>b</sub>	
Masa Grasa (%)	Infantil	108	14,08 $\pm$ 8,15	0,03
	Pre-juvenil	111	13,87 $\pm$ 6,90	
	Juvenil	48	14,18 $\pm$ 71,94	
T-Test (s)	Infantil	108	8,53 $\pm$ 2,37	2,05
	Pre-juvenil	111	8,62 $\pm$ 1,16	
	Juvenil	48	7,98 $\pm$ 1,99	
LBM (m)	Infantil	108	3,80 $\pm$ 0,81 <sub>a</sub>	82,72*
	Pre-juvenil	111	4,79 $\pm$ 0,84 <sub>b</sub>	
	Juvenil	48	5,49 $\pm$ 0,71 <sub>c</sub>	
CMJ (cm)	Infantil	108	28,57 $\pm$ 6,72 <sub>a</sub>	38,10*
	Pre-juvenil	111	34,10 $\pm$ 5,80 <sub>b</sub>	
	Juvenil	48	36,89 $\pm$ 5,45 <sub>c</sub>	
ABK (cm)	Infantil	108	32,67 $\pm$ 7,40 <sub>a</sub>	48,82*
	Pre-juvenil	111	39,75 $\pm$ 6,60 <sub>b</sub>	
	Juvenil	48	42,97 $\pm$ 5,73 <sub>c</sub>	

\*Diferencias significativas:  $p < 0.05$ . Las medias que en la misma columna, para la misma variable tienen el mismo subíndice no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

post-hoc localizaron las diferencias entre todas las categorías en el caso de la masa corporal, siendo los juveniles los que presentaban una masa mayor y los infantiles, menor y entre los infantiles y los pre-juveniles y juveniles, tanto para la talla como para la envergadura. En el caso de las pruebas de campo, las diferencias se localizan entre los infantiles y

los pre- juveniles y juveniles, tanto para el T-Test como para LBM, CMJ y ABK. En los tres casos son los infantiles los que obtienen más bajos resultados. Dentro de GV2, ANOVA mostró la existencia de diferencias significativas en las variables de talla, envergadura, LBM, CMJ y ABK. Por un lado, las diferencias se localizaron entre los infantiles y los pre-

juveniles y juveniles, tanto en talla como en envergadura. Por el otro, en el caso del LBM Y CMJ aparecían diferencias entre todos los grupos, siendo los juveniles los que obtenían los valores más elevados; sin embargo, en ABK, las diferencias aparecían entre los infantiles y los juveniles y entre éstos y los pre-juveniles, siendo los juveniles los que de nuevo obtenían los valores más elevados.

**Resultados obtenidos en función del nivel competitivo:** ANOVA no mostró la existencia de diferencias significativas; no obstante, los resultados del GV2 fueron más elevados en

las variables de masa corporal, talla, envergadura, T-Test, LBM, CMJ y ABK. Por su parte, GV1 obtuvo peores registros en la variable de masa grasa (%).

**Resultados obtenidos en función del nivel competitivo dentro de cada categoría:** En la tabla 2, ANOVA solamente mostró la existencia de diferencias significativas en la variable ABK, para la categoría de Infantiles, siendo más elevados los resultados de GV2. Cabe anotar que en las otras categorías, pre-juvenil y juvenil, ANOVA no evidenció diferencias significativas, en ninguna de las variables analizadas.

Tabla 2. Resultados y análisis comparativo de todas las variables en función del nivel competitivo dentro de la categoría de Infantiles.

INFANTILES				
VARIABLE	NIVEL	N	MEDIA $\pm$ SD	F-RATIO
Masa corporal (kg)	GV1	64	49,40 $\pm$ 9,76	2,681
	GV2	44	60,05 $\pm$ 50,80	
Talla (cm)	GV1	64	159,83 $\pm$ 9,89	0,715
	GV2	44	161,45 $\pm$ 9,67	
Envergadura (cm)	GV1	64	161,35 $\pm$ 11,56	0,345
	GV2	44	162,65 $\pm$ 10,89	
Masa grasa (%)	GV1	64	14,54 $\pm$ 7,87	0,494
	GV2	44	13,41 $\pm$ 8,59	
T-Test (s)	GV1	64	8,33 $\pm$ 2,64	1,131
	GV2	44	8,83 $\pm$ 1,89	
LBM (m)	GV1	64	3,78 $\pm$ 0,83	2,145
	GV2	44	3,82 $\pm$ 0,80	
CMJ (cm)	GV1	64	26,82 $\pm$ 5,75	11,748*
	GV2	44	31,12 $\pm$ 7,24	
ABK (cm)	GV1	64	31,62 $\pm$ 8,55	3,236
	GV2	44	34,20 $\pm$ 8,32	

\*Diferencias significativas:  $p < 0.05$ .

**Resultados obtenidos en función de la posición habitual de juego:** En la tabla 3, se reflejan los resultados del análisis comparativo de las variables en función de las posiciones habituales de juego. ANOVA revela la existencia de diferencias significativas en las variables antropométricas. En el caso de la masa corporal, las diferencias se localizan entre la posición R4 y la R3 y entre R3 y C2. Por su parte, en la talla y en la envergadura, las diferencias significativas aparecen entre R4 y R3.

**Resultados obtenidos en función del nivel de competencia dentro de cada posición de juego:** Dentro de la posición R4, se observan diferencias significativas únicamente en las variables CMJ, siendo mejor el resultado en GV2. Con respecto a las otras posiciones de juego, R3 y C2 no se observaron diferencias significativas, entre niveles de competencia.

Tabla 3. Resultados y análisis comparativo de todas las variables en función de las posiciones habituales de juego.

VARIABLE	POSICIÓN	N	MEDIA $\pm$ SD	F- RATIO
Masa corporal (kg)	R4	123	56,13 $\pm$ 10,41 <sub>a</sub>	5,10*
	R3	75	66,15 $\pm$ 39,47 <sub>b</sub>	
	C2	69	56,47 $\pm$ 11,02 <sub>a</sub>	
Talla (cm)	R4	123	165,74 $\pm$ 8,89 <sub>a</sub>	5,60*
	R3	75	170,53 $\pm$ 11,46 <sub>b</sub>	
	C2	69	167,19 $\pm$ 9,41 <sub>ab</sub>	
Envergadura (cm)	R4	123	167,30 $\pm$ 10,02 <sub>a</sub>	5,65*
	R3	75	172,73 $\pm$ 13,01 <sub>b</sub>	
	C2	69	169,39 $\pm$ 10,27 <sub>ab</sub>	
Masa Grasa (%)	R4	123	13,80 $\pm$ 7,65	0,25
	R3	75	14,53 $\pm$ 8,53	
	C2	69	13,81 $\pm$ 5,71	
T-Test (s)	R4	123	8,26 $\pm$ 2,29	1,67
	R3	75	8,77 $\pm$ 1,48	
	C2	69	8,52 $\pm$ 1,41	
LBM (m)	R4	123	4,44 $\pm$ 1,02	1,44
	R3	75	4,48 $\pm$ 1,08	
	C2	69	4,70 $\pm$ 0,99	
CMJ (cm)	R4	123	32,01 $\pm$ 6,93	0,58
	R3	75	32,24 $\pm$ 7,58	
	C2	69	33,13 $\pm$ 6,21	
ABK (cm)	R4	123	37,00 $\pm$ 8,07	2,64
	R3	75	36,54 $\pm$ 8,31	
	C2	69	39,32 $\pm$ 6,99	

\*Diferencias significativas:  $p < 0.05$ . Las medias que en la misma columna, para la misma variable tienen el mismo subíndice no son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Resultados obtenidos de las correlaciones de todas las variables en función del nivel de competencia:** En la tabla 4, en el grupo GV1, se observa la existencia de una correlación positiva y estadísticamente significativa entre la masa corporal, por un lado y la talla, la envergadura y el porcentaje de grasa, por el otro; sin embargo, esta variable se correlaciona de manera negativa con el T-Test, al igual que ocurre con la talla o la envergadura. Por otro lado, tanto talla como envergadura o masa corporal, correlacionan, de manera sig-

nificativa y positiva, con CMJ y ABK. Existe una correlación negativa y significativa entre la masa grasa y las pruebas T-Test, ABK y CMJ. En el grupo GV2 existen correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la masa corporal y la masa grasa, entre la talla y la envergadura, entre la talla y la envergadura y CMJ y ABK y entre el T-Test y el LBM. Por otro lado, se observan correlaciones negativas entre el % grasa y el T-Test, CMJ y ABK, aunque no llegan a alcanzar significación estadística.

Tabla 4. Resultados obtenidos en el análisis de correlaciones entre variables en jugadores de voleibol de GV1.

GV1								
VARIABLE	MASA CORPORAL	TALLA	ENVERGADURA	MASA GRASA (%)	T-TEST	LBM	CMJ	ABK
Masa Corporal	1 ,000 131	,719** ,000 131	,730** ,000 131	,270** ,002 131	-,254** ,003 131	,030 ,730 131	,367** ,000 131	,383** ,000 131
Talla	,719** ,000 131	1 131	,947** ,000 131	-,007 ,936 131	-,418** ,000 131	-,031 ,726 131	,575** ,000 131	,594** ,000 131
Envergadura	,730** ,000 131	,947** ,000 131	1 131	-,003 ,975 131	-,409** ,000 131	-,012 ,894 131	,548** ,000 131	,564** ,000 131
Masa grasa (%)	,270** ,002 131	-,007 ,936 131	-,003 ,975 131	1 131	-,274** ,002 131	,169 ,054 131	-,257** ,004 131	-,250** ,003 131
T-Test	-,254** ,003 131	-,418** ,000 131	-,409** ,000 131	,274** ,002 131	1 131	,005 ,952 131	-,604** ,000 131	-,589** ,000 131
LBM	,030 ,730 131	-,031 ,726 131	-,012 ,894 131	,169 ,054 131	,005 ,952 131	1 131	,013 ,884 131	,026 ,772 131
CMJ	,367** ,000 131	,575** ,000 131	,548** ,000 131	-,257** ,003 131	-,604** ,000 131	,013 ,884 131	,953** ,000 131	1 131
ABK	,383** ,000 131	,594** ,000 131	,564** ,000 131	-,250** ,004 131	-,589** ,000 131	,026 ,772 131	1 131	,953** ,000 131

(Correlación de Pearson, sig (bilateral), N)

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Al observar los resultados obtenidos en el análisis que compara las variables antropométricas y de condición física por categorías de edad, lo primero que se observa es un incremento progresivo en las variables antropométricas de masa corporal, talla y envergadura, a medida que se incrementa la edad. Esto resulta lógico si se tiene en cuenta que los sujetos

evaluados se encuentran inmersos en pleno proceso de crecimiento, lo que conlleva esa progresiva evolución. Algo diferente ocurre en el caso del porcentaje de masa grasa, donde no aparecen diferencias entre categorías de edad, algo que, según Williams (2002), se puede deber a que en estas etapas de crecimiento el principal desarrollo se produce en el tejido

muscular y óseo, más que en otro tipo de tejidos orgánicos, como la grasa, especialmente, en el caso de sujetos activos, como los de la presente muestra. Al comparar los resultados obtenidos en variables antropométricas con los resultados de otros autores, lo primero que se advierte es la escasez de estudios de este tipo en jugadores de categoría infantil y pre-juvenil, por lo que, realizar comparaciones en este sentido es complicado; esta problemática es compartida por otros autores (Silva *et al* 2003), más aún, cuando se aprecia, que hecha la revisión de la literatura sólo encontramos el estudio de Massa *et al.* (2003), quienes evaluaron cuatro categorías, de 14 a 18 años, arrojando un valor medio, considerablemente mayor en talla, en masa corporal y en envergadura, que los del presente estudio. En el caso exclusivo de los juveniles, existen autores, como Bellendier (2001), Drinkwater *et al.* (2007) y Gabbett *et al.* (2007), este último con una muestra de colegiales, quienes analizan estas mismas variables en jugadores argentinos y australianos, obteniendo registros superiores a los de la muestra de este estudio, tanto en masa corporal como en talla y en porcentaje de grasa. El contraste en la variable de talla, también se confirma en los estudios de Cabral *et al.* (2008; 2013), en donde se indica una media de 1,96 m, para jugadores jóvenes brasileños de elite, valor similar al de la categoría adulta; mientras la media nuestra fue de 1,75m, en los voleibolistas bogotanos. Sería interesante analizar el comportamiento de estas variables en la población general de estos tres países, para ver si existen diferencias con carácter general o si éstas se reducen única y exclusivamente al ámbito de los niños practicantes de voleibol. En lo que hace referencia a las pruebas de campo que evalúan la fuerza explosiva del tren inferior y del tren superior, también se observa un incremento de los registros a medida que se progresa en categoría, obteniéndose los mejores resultados, en las tres pruebas en la categoría juvenil. Al igual que ocurría en el caso de las variables antropométricas, se atribuiría la causa de esta evolución progresiva en los cambios al nivel morfológico que se producen con la edad y a los que se suman los cambios hormonales, factores que, como ya se señaló con anterioridad, influyen directamente en el desarrollo de la fuerza (López & Fernández, 2006), capacidad de la que dependen dichas pruebas de campo. El voleibol moderno, tanto femenino como masculino, se caracteriza por la gran altura del juego en la red y la velocidad del balón en el saque saltando y en el remate, por lo que la velocidad y la potencia para efectuar saltos es una tarea motora, dominante en este deporte (Dopsaj *et al.* 2012).

En la literatura revisada, se encuentra gran cantidad de estudios en voleibol femenino en jóvenes, lo que demuestra la mayor práctica de este deporte por parte de las mujeres, tendencia que es similar en Colombia. Debido, probablemente, a esta escasa práctica por parte de los varones, sólo se localizaron algunos estudios en muestras masculinas en adultos, en pruebas, como el salto vertical, pero no ocurre

lo mismo en el caso de los jóvenes, puesto que no se registran investigaciones con las que esta muestra se pueda comparar. En cuanto a las posiciones de juego, se encontraron diferencias significativas en las variables antropométricas de masa corporal, talla, envergadura y porcentaje de masa grasa, siendo los resultados más elevados los del jugador R3 o central. Este jugador, por sus funciones técnico-tácticas, es especializado y requiere de gran talla y envergadura, para poder cumplir con un importante número de bloqueos, en comparación con los de sus compañeros de equipo, al tener que realizar bloqueos, tanto individuales como colectivos, en todas las posiciones de ataque, durante el partido. Igualmente, el R3 o central es un jugador que cuando va al ataque requiere de una capacidad de remate en balones rápidos, lo que implica ciertas ventajas, si su talla y envergadura son elevadas. Nuestros resultados obtenidos en masa corporal y talla coinciden con los estudios de Ciccarone *et al.* (2005) y Fonseca *et al.* (2010) realizados con juveniles italianos y brasileños, respectivamente; sin embargo, en relación al jugador C2 (colocador), estos estudios lo identificaron como el de menor masa corporal y talla, diferenciándose este dato de lo obtenido en esta investigación, en donde dicho jugador ocupa el segundo lugar en masa corporal y talla, después del jugador R3.

Otro artículo con el cual coincide lo encontrado en este estudio, en cuanto al jugador de mayor talla y masa corporal es el realizado por Marques *et al.* (2009), con un grupo de jugadores adultos de élite de Portugal. Con respecto a la variable de porcentaje de grasa, el jugador que reporta el valor más alto es también el R3, en el presente estudio, estando en la misma línea que las investigaciones realizadas por Salem & Zary (2004) y Fonseca *et al.* (2010), en juveniles, en Brasil. En relación con las variables de talla y masa corporal por posiciones de juego, nuestros resultados difieren de los encontrados por Duncan *et al.* (2006), con juveniles ingleses, en donde los de mayor talla son los R4, les siguen los colocadores y, por último, los centrales. Con respecto a la masa corporal, los de mayor valor fueron los R4, seguidos por los centrales y los colocadores. Finalmente, Trajkovic *et al.* (2011) encontraron en un estudio con pre juveniles (15 años) serbios de élite, que los mayores valores en talla los presentan los jugadores opuestos, seguidos por los centrales o R3, los R4 y, finalmente, los colocadores. En el mismo estudio, se aprecia un orden similar en lo que corresponde a la masa corporal. A pesar de que no hubo diferencias significativas en los resultados de las pruebas de campo, cabe anotar que el jugador R4 fue el más rápido en la prueba t-test y que el jugador C2 (colocador), obtuvo los mejores resultados en LBM y saltos CMJ y ABK. Esto puede tener su explicación en el hecho de que en Colombia, en estos niveles de competencia, los C2 son los jugadores que corresponden a la posición de juego menos frecuente en un equipo de voleibol y, en general, su talla no es muy elevada, por esta razón deben

compensar esta carencia, con trabajo de salto. Por otro lado, teniendo como referencia cada posición habitual de juego y el nivel competitivo, únicamente se encontraron diferencias significativas en la posición R4 en el salto ABK, siendo mejor el resultado de GV2.

En lo que hace referencia a las correlaciones, sin diferenciar por niveles de competencia, se observa que en los jugadores de voleibol existen correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la masa corporal y el resto de variables antropométricas y entre la talla y la envergadura, algo que resulta lógico, especialmente, si tenemos en cuenta el periodo de crecimiento en el que están sumidos los componentes de la muestra. En este período, se producen cambios en las proporciones corporales, en la composición corporal y en la complejidad funcional para la consecución de una plenitud física. De hecho, una de las leyes que rigen este periodo del ciclo vital es lo que se conoce como la ley de progresión y amortiguación, según la cual, durante esta etapa, se presenta un aumento de la talla acompañado de un incremento proporcional de la masa corporal. A ese incremento en la talla, se le une un incremento directamente proporcional en la envergadura, debido al crecimiento simétrico de las extremidades (Ruiz, 2004). En cuanto a las pruebas de campo, en primer lugar, se observa una correlación negativa y significativa entre la prueba de agilidad y el porcentaje de masa grasa, lo que significa que, aquellos sujetos con un mayor acumulo de grasa, obtienen peores resultados en pruebas relacionadas con la agilidad. En el voleibol existen pocas investigaciones que hayan estudiado la correlación entre ambas variables. En este sentido, Sheppard & Young (2006) señalan que, teóricamente, factores como la grasa corporal pueden influir en el desempeño de la agilidad. Basado en los resultados obtenidos, se puede concluir que, en relación al perfil antropométrico de los jugadores jóvenes de voleibol colombianos, se observa una influencia notable de la edad cronológica en la evolución de las variables evaluadas. Dicha influencia, se puede considerar superior a la ejercida por el nivel competitivo al que pertenecen los deportistas, lo que induce a pensar que, o bien el perfil antropométrico no tiene influencia en el proceso de selección de jugadores o las diferencias de esfuerzo entre niveles aún no son suficientes para generar diferencias significativas en dichas variables. Respecto al porcentaje de masa grasa, ni el nivel competitivo ni la edad cronológica parecen tener influencia en la evolución de esta variable en jugadores de voleibol, probablemente, porque las modificaciones relacionadas con el desarrollo evolutivo están vinculadas, fundamentalmente, con otros tejidos orgánicos, como el muscular o el óseo. En lo que hace referencia al perfil de condición física de los jugadores jóvenes de voleibol, de nuevo se observa una mayor influencia de la edad cronológica en la evolución de las capacidades físicas evaluadas que del nivel competitivo. Esta influencia es especialmente evidente en el caso de los juga-

dores de menor nivel competitivo, donde quizás, el entorno socio-económico tenga una influencia notable en el hecho de que los mejores resultados en algunas de las variables evaluadas se obtengan por este grupo de deportistas. Teniendo en cuenta las posiciones habituales de juego únicamente se observa un perfil antropométrico específico en el caso de los centrales, algo que puede estar directamente relacionado con las exigencias técnico-tácticas del juego, tanto las de carácter ofensivo como las de carácter defensivo. Se observa un perfil específico de condición física, en el caso de los colocadores, posiblemente, también asociado a sus funciones técnico-tácticas, siendo este el jugador que debe siempre intervenir en todas las jugadas. Existe una influencia de las variables antropométricas en el desempeño físico de los individuos que es, en especial, notable en el caso del porcentaje de masa grasa, esta influye de manera negativa en el rendimiento en las capacidades físicas analizadas.

Conflictos de intereses: 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. Financiación: Este estudio fue financiado por recursos propios y con la colaboración del Laboratorio de Fisiología de la Universidad Pedagógica Nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BELLENDIER, J. 2001. El biotipo en el voleibol masculino. Rev. Digital Educación Física y Deportes, (Buenos Aires, Argentina) 7:40. Disponible desde Internet en: [en:www.efdeportes.com/efd40/biotipo.htm](http://www.efdeportes.com/efd40/biotipo.htm) (con acceso 05/09/2011).
2. BOSCO, C. 1994. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Deporte y entrenamiento. Ed. Paidotribo. (España). p.39-41.
3. CABRAL, B.G.; CABRAL, S.; BATISTA, G.R.; FERNANDES, J.; KNACKFUSS, M.I. 2008. Somatotipia e antropometria na seleção brasileira de voleibol. Rev. Desporte o Saúde (Brasil). 4(1):67-72.
4. CABRAL, B.G.; CABRAL, S.; VITAL, R.; COSTA DE LIMA, K.; ALCANTARA, T.; MACHADO, V.; MOREIRO, P. 2013. Prediction equation of bone age in sports initiation through anthropometric variables. Rev. Bras. Med. Esporte (Brasil). 19(2):99-103.
5. CICCARONE, G.; FONTANI, G.; ALBERT, A.; ZHANG, L.; CLOES, M. 2005. Analisi delle caratteristiche antropometriche e delle capacità di salto di giovani pallavolisti di alto livello. Medicina Dello Sport. (Italia). 58(1):1-15.

6. DOPSAJ, M.; ČOPIĆ, N.; NEŠIĆ, G.; SIKIMIĆ, M. 2012. Jumping performance in elite female volleyball players relative to playing positions: a practical multidimensional assessment model. *Serbian J. Sports Sci.* 6(2):61-69
7. DRINKWATER, E.J.; LAWTON, T.W.; MCKENNA, M.J.; LINDSELL, R.P.; HUNT, P.H.; PYNE, D.B. 2007. Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *J. Strength Cond. Res. (USA)*. 21(3):841-847.
8. DUNCAN, M.; WOODFIELD, L.; AL-NAKEEB, Y. 2006. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *Br J. Sports Med. (Inglaterra)*. 40:649-651.
9. ĐURKOVIC, T.; MARELIC, N.; REŠETAR, T. 2012. Morphological differences of premier league volleyball players according to their playing roles. *Hrvat. Športskomed. Vjesn. (Croacia)*. 27:72-78.
10. FAULKNER, J.A. 1968. Physiology of swimming and diving. En: Falls H. Ed. Baltimore Academic Press (Baltimore), p. 415-446.
11. FONSECA, T.; ROQUETTI, P.; FERNÁNDEZ, J. 2010. Análisis del perfil antropométrico de jugadores de la selección brasileña de voleibol infanto juvenil. *Int. J. Morphol. (Brasil)* 28(4):1035-1041.
12. GABBETT, T.; GEORGIEFF, B.; DOMROW, N. 2007. The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *J. Sports Sci. (Australia)* 25(12):1337-1344.
13. GABBETT, T. 2008. Do skill-based conditioning games offer a specific training stimulus for junior elite volleyball players? *J. Strength Cond. Res. (USA)*. 22(2):509-517.
14. GAURAV, V.; SINGH, M.; SINGH, S. 2011. A comparative study of somatic traits and body composition between volleyball players and controls. *Indian J. Sci. Techn.* 4(2):116-118.
15. LÓPEZ, J.; FERNÁNDEZ, A. 2006. Fisiología de ejercicio. 3a Edición. Ed. Médica Panamericana. (España). 1005p.
16. MARQUES, M.C.; VAN DEN TILLAR, R.; GABBETT, T.J.; REIS, V.M.; GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. 2009. Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. *J. Strength Cond. Res.* 23(4):1106-1111.
17. MARTÍNEZ, E.J. 2012. Pruebas de aptitud física. 2ª Ed. Ed. Paidotribo. (España). p.143.
18. MASSA, M.; SILVEIRA, M.T.; RIGOLIN, L.R.; UEZU, R. 2003. Análise de referenciais cineantropométricas de atletas de voleibol masculino envolvidos em processos de promoção de talentos. *Rev. Mackenzie Edu. Fís. Esporte. (Brasil)*. 2(2):101-113.
19. MAZZA, J.C. 2010. Antropométrica. Biosystems Books Servicio Educativo. (Argentina). 273p.
20. PAIOLE, K.; MADOLE, K.; GARHAMMER, J.; LACOURSE, M.; ROZENEK, R. 2000. Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *J. Strength Cond. Res.* 14(4):443-450.
21. PEÑA, J.; RODRÍGUEZ, J.; BUSCÁ, B.; SERRA, N. 2013. Which skills and factors better predict winning and losing in high-level men's volleyball? *J. Strength Cond. Res.* 27(9):2487-2493.
22. RUIZ, L.M. 2004. Desarrollo motor y actividades físicas. Ed. Gymnos (España). p.77-114.
23. SALEM, M.; ZARY, J.C.F. 2004. Evolução do perfil somatotípico da seleção brasileira de voleibol masculino juvenil de 2000/2003. *Rev. Educ. Fís. (Brasil)*. 128(1):41-51.
24. SHEPPARD, J.; YOUNG, 2006. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sport Sci. (Australia)*. 24(9):919-932.
25. SILVA, L.R.R.; BOHME, L.T.; UEZU, R.; MASSA, M. 2003. A utilização de variáveis cineantropométricas no processo de detecção, seleção e promoção de talentos no voleibol. *Rev. Bras. Ciênc. Mov.* 11(1):69-76.
26. SMITH, D.J.; ROBERTS, D.; WATSON, B. 1992. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *J. Sports Sci.* 10:131-138.
27. TOLEDO, F.C, CLAUDIO, L; SILVA, D.P; ROQUETTI, F.P; FERNANDES, F.J. 2000. Perfil dermatoglífico, somatotípico y de la fuerza explosiva de atletas de la selección brasileña de voleibol. *Fitness Perform. J. (Brasil)*. 7(1):35-40.

28. TORRES, J.; UREÑA, A.; GONZÁLEZ, M.; MORENTE, C.J. 1993. Manual del preparador de voleibol. Nivel II. Federación Andaluza de Voleibol. (España). 774p.
29. TRAJKOVIC, N.; MILANOVIC, Z; SPORIŠ, G; RADISAVLJEVIC, M. 2011. Positional differences in body composition and jumping performance among youth elite volleyball players. Acta Kinesiol. (Serbia). 5(1):62-66
30. WILLIAMS, M. 2002. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. Edit. Paidotribo (España). p.323.

Recibido: Noviembre 5 de 2013

Aceptado: Febrero 13 de 2014

#### Como Citar:

González, Y.; Sedano, S.; Fernández, J.; Díaz, H. 2014. Estudio comparativo de factores antropométricos y de condición física en jugadores jóvenes de voleibol colombiano. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 53-63.



# VARIABLES PREDICTORAS DE LOS NIVELES DE SEDENTARISMO EN POBLACIÓN DE 18 A 60 AÑOS, MEDELLÍN 2012

## PREDICTOR VARIABLES SEDENTARISM LEVELS IN POPULATION 18 TO 60 YEARS, MEDELLIN 2012

José Armando Vidarte<sup>1</sup>, Consuelo Vélez<sup>2</sup>, Lisette Ethel Iglesias<sup>3</sup>, Yazmín Galvis<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. en Actividad Física y Deporte, Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del ferrocarril, Manizales, Caldas, Colombia, e-mail: jovida@autonoma.edu.co; <sup>2</sup> Ph.D. en Salud Pública, Universidad Autónoma de Manizales, Antigua estación del Ferrocarril, Manizales, e-mail: cva@autonoma.edu.co; <sup>3</sup> Educadora Física, Fisioterapeuta, Candidata a Magíster en Intervención Integral en el deportista, e-mail: lisetteiglesias@hotmail.com; <sup>4</sup> Fisioterapeuta, Candidata a Magíster en Intervención Integral en el deportista, e-mail: yazgalvis@hotmail.com. Dirección para Correspondencia: Universidad Autónoma de Manizales, Antigua estación del Ferrocarril, Manizales, e-mail: jovida@autonoma.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 65-72, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El sedentarismo es un factor asociado con la morbilidad y la mortalidad de enfermedades crónicas y degenerativas, como la diabetes y los problemas cardiovasculares, entre otros. El objetivo de esta investigación fue determinar las variables que predicen los niveles de sedentarismo en la población entre 18 y 60 años, de la ciudad de Medellín, en el 2012. Se realizó un estudio descriptivo transversal, correlacional, con la participación de 529 personas. Para la recolección de la información, se utilizó un instrumento con preguntas estructuradas y semiestructuradas, con el cual, se buscó dar cuenta de las variables sociodemográficas y para la definición del nivel de sedentarismo, se aplicó un test de medición, mediante una prueba física. Los resultados muestran cómo la prevalencia de sedentarismo fue de 76,2% IC95% (72,6%; 78,8%), las variables que predicen el sedentarismo en la población estudiada son el género, el índice de masa corporal (IMC) y el consumo de café, el modelo pronostica el 76,2% de los casos.

Palabras clave: Obesidad, prevalencia, actividad física, estilo de vida sedentario.

### SUMMARY

Physical inactivity is a factor associated with morbidity and mortality of chronic and degenerative diseases like diabetes and cardiovascular problems, among others. The objective of this research was to determine the variables that predict levels of sedentary population between 18 and 60 years of the city of Medellín in 2012. A transversal descriptive, corre-

lational study was conducted, with 529 people participating. For the collection of information an instrument with semi-structured questions was used, which sought to give account of the socio-demographic variables and for the definition of physical inactivity level a measurement test was applied using a physical trial. The results show that the prevalence of physical inactivity was 76.2% IC95% (72.6%, 78.8%). The variables that predict of physical inactivity in the population studied are gender, body mass index (BMI) and coffee consumption; the model predicts 76.2% of cases

Key words: Obesity, prevalence, motor activity, sedentary lifestyle.

### INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) define el sedentarismo como “la poca agitación o movimiento” y establece que las personas sedentarias en sus actividades cotidianas son aquellas que no aumentan más del 10% la energía que gastan en el reposo, metabolismo basal o, como lo afirma Pate *et al.* (2008), se ha recurrido simplemente a considerar físicamente inactivos a quienes no alcanzan los niveles recomendados de actividad física moderada o intensa, es decir, se ha criticado la conducta sedentaria sin medirla directamente.

El panorama mundial muestra una permanente preocupación por este tema, teniendo claras las consecuencias que se generan por el sedentarismo en la población, situación que amerita una mirada más profunda y de preocupación por

parte de los entes gubernamentales y estatales, ya que las cifras de inactividad física en la población cada día son mayores y los procesos que se desarrollan para su prevención, pareciera no alcanzan los resultados esperados.

Existe una relación causal entre el sedentarismo y las enfermedades graves, como la hipertensión arterial, el infarto agudo al miocardio, la diabetes, los eventos cerebro vasculares, la osteoporosis, el cáncer, enfermedades mentales, el sobrepeso, entre otras (Ramírez *et al.* 2004; Boucard *et al.* 1994; Seron *et al.* 2010; Elizondo-Armendariz *et al.* 2005; McGinnis & Foege, 1993; OMS, 2009).

En España, se han realizado estudios que han indagado sobre la prevalencia de actividad física en diferentes poblaciones, analizando la participación en ésta, pero con un nivel necesario para mejorar la salud. Blasco *et al.* (1996) y Capdevila *et al.* (2006) concluyen que la inactividad física de la población es un grave problema de salud entre los estudiantes universitarios y que son necesarias intervenciones encaminadas a la realización de mayor cantidad de actividad física.

La Organización Panamericana de la Salud, OPS (2005) afirma que se registraron aproximadamente 170.000 muertes en América Latina, a causa del sedentarismo. Lo anterior, se complementa con lo expuesto por el estudio argentino sobre sedentarismo, que pone de manifiesto cómo la tasa de mortalidad de las personas, que tienen niveles de actividad física altos y moderados, es menor que la de las personas que no realizan ninguna actividad física (Secretaría de Turismo, 2000).

En Chile, el problema con el sedentarismo muestra un porcentaje de personas que sí realizan actividad física muy bajo y el total de la población sedentaria es del 89,4% (Serón *et al.* 2010). En Costa Rica, la principal causa de muerte son las enfermedades cardiovasculares y cada vez la situación es peor, porque se presenta en personas sedentarias, lo que pone en manifiesto la falta de medidas de prevención, ya que los niveles de obesidad están en gran parte de la población (Alemán & Salazar, 2004).

En Colombia, diversos estudios muestran cómo el nivel de aptitud física de las personas presentan un indicador del 29% con obesidad y del 48%, por encima del porcentaje de normalidad, en cuanto a grasa se refiere. Las personas cada vez son menos activas y no utilizan la cantidad de energía que obtienen de los alimentos que consumen diariamente, lo que lleva al aumento del peso corporal (García & Correa, 2007; Martínez *et al.* 2008; Varela *et al.* 2011).

En Manizales, se estableció que la prevalencia de sedentarismo fue de 72,2%, siendo mayor en las mujeres, con un 84% y variables, como la edad, el género, la frecuencia semanal

de práctica, el perímetro cadera y la frecuencia cardiaca inicial explicaron el comportamiento de los niveles de sedentarismo, de manera significativa (Vidarte *et al.* 2012).

El objetivo fue determinar las variables que predicen los niveles de sedentarismo en población entre 18 y 60 años, de la ciudad de Medellín, para, de esta manera, a partir de sus resultados, contar con evidencia científica, que posibiliten a las autoridades municipales la creación y el fortalecimiento de políticas públicas, con miras a aportar elementos que, a futuro, puedan impactar sobre los perfiles epidemiológicos, con especial énfasis en las enfermedades crónicas y degenerativas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal, con una fase correlacional.

La población evaluada fueron personas con edades entre 18 y 60 años de la ciudad de Medellín. Para el cálculo de la muestra, se realizó el siguiente procedimiento: utilizando la prevalencia del sedentarismo establecido en la ciudad de Manizales, del 72,7% (Vidarte *et al.* 2012), se aplicó la siguiente fórmula (Montgomery & Runger, 1996):

$$n = \frac{(\sum w_h \sqrt{P_h (1 - P_h)})^2}{\frac{EM^2}{Z^2}}$$

$n$  = Tamaño de la muestra;  $w_h$ : es el peso de cada estrato o la proporción de individuos de cada uno de los estratos ( $n_h/N$ );  $P_h$ : es la prevalencia o proporción de individuos que se estima presentan la característica a estudiar que hay en cada estrato;  $EM$ : es el margen de error (normalmente máximo el 5%) y  $Z$ : es el nivel de confianza o confiabilidad, normalmente, la confiabilidad es del 95% y su valor de  $Z$  equivale a 1,96.

A partir de la fórmula anterior y con el objetivo de determinar el mayor nivel de precisión (5%), con una confiabilidad del 95%, se estableció el tamaño muestral para la ciudad, que fue de 451 personas; se asumió un 10% de porcentaje de pérdida, el total de la muestra fue de 529 individuos.

Posteriormente, se procedió a determinar el peso por cada grupo de edad, de manera proporcional a cada uno. Para la selección de la muestra, se empleó un diseño no probabilístico, con muestreo por cuotas (Montgomery & Runger, 1996), donde el investigador seleccionó sujetos sobre la base de las características de la población. Fueron criterios de inclusión: que el participante se encontrara residiendo en la ciudad por un tiempo mayor a seis meses; que sea físicamente apto para la prueba; no haber consumido licor y trasnochado el

día antes de la prueba y no haber realizado ninguna actividad vigorosa antes de la prueba

Se contó con la aceptación voluntaria para participar en el estudio y el cumplimiento de los criterios de inclusión y el diligenciamiento del consentimiento informado, aprobado por el comité de bioética de la universidad Autónoma de Manizales, según acta No. 18 de 2010. Se utilizó un instrumento con preguntas estructuradas y semiestructuradas, para obtener la información correspondiente a las variables sociodemográficas (edad, género, estrato socioeconómico, peso y talla) y de percepción sobre la actividad física (práctica de actividad física, frecuencia de práctica, tiempo de práctica) y los datos obtenidos a partir de la aplicación del test, para la clasificación del sedentarismo (Pérez *et al.* 2002). Este instrumento fue validado por expertos en la temática; se realizó una prueba piloto, que permitió la calibración de los evaluadores y determinó los roles a sumir, durante el proceso de recolección de información.

La sistematización de la información, se realizó el programa SPSS versión 19, licenciada por la Universidad Autónoma. Se hizo para las variables sociodemográficas un análisis univariado, a partir del cálculo de medidas de tendencia central y de dispersión, para variables cuantitativas y tablas de distribución de frecuencias, para variables cualitativas. Para establecer las correlaciones, se utilizó un análisis bivariado, con el cual, se determinó la significancia de las variables ( $p < 0,05$ ) y para definir los niveles de asociación y dependencia, se aplicaron pruebas no paramétricas (Chi cuadrado y phi), establecidas a partir de las características propias de las variables (cualitativas). A partir del análisis bivariado, se realizó una regresión logística binaria (Gutiérrez & De la Vara, 2003), para establecer el modelo predictivo final

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a las variables sociodemográficas, la muestra de estudio fue de 529 participantes, 268 hombres (50,7%) y 261 mujeres, la media de la edad fue de  $36,22 \pm 13,48$  años; el 54,6% fueron solteros al momento de la investiga-

ción. Estos resultados muestran diferencia con otros estudios similares realizados en las ciudades de Manizales y de Pereira (Vidarte *et al.* 2012; Vélez *et al.* 2011).

Con relación a la descripción de las variables antropométricas, como el peso, la talla y el índice de masa corporal (IMC), se encontró que el promedio de IMC fue de  $24,01 \text{ kg/m}^2 \pm 4,0 \text{ kg/m}^2$ ; el promedio del perímetro de cintura fue de  $83,32 \text{ cm} \pm 12,921$  y el promedio del perímetro de cadera fue de  $99,37 \text{ cm} \pm 12,106$ .

La prevalencia del sedentarismo, para la ciudad de Medellín, calculado a partir de los resultados del presente estudio, fue de 76,2% IC95% (72,6%; 78,8%). Este dato es el resultado de cálculo de intervalos de confianza para prevalencias (Tabla 1). Este resultado es superior a lo encontrado en Manizales (Vidarte *et al.* 2012), donde la prevalencia de sedentarismo fue del 72,7%, siendo en las mujeres el porcentaje de sedentarismo del 84%; asimismo, el resultado parecido a lo encontrado en Pamplona (Elizondo-Armendariz *et al.* 2005), donde un 76,6% de las mujeres tienen un estilo de vida sedentario, mientras que en los hombres fue del 56,7%. Al respecto (Elizondo-Armendariz *et al.* 2005) afirman en su estudio cómo el sedentarismo aumenta con la edad y evidencian cómo en el grupo de mayor edad los porcentajes de sedentarismo están por encima del 80,3%; de igual manera, al comparar los resultados del presente estudio con el estudio realizado en Pereira (Vélez *et al.* 2011). Con relación a la edad, diversos estudios (Gómez *et al.* 2005; Irwin, 2004; Damasceno *et al.* 2006) muestran cómo en las edades juveniles se establece el sedentarismo y perdura a lo largo de la vida, siendo un elemento muy relevante, que sus estilos de vida están condicionados por situaciones sociales (Moscoso *et al.* 2013; Blasco *et al.* 1996).

Al comparar el género con el nivel de sedentarismo, se halló cómo en mayor porcentaje las mujeres son más sedentarias que los hombres. Al realizar las pruebas estadísticas, se evidenció que existe asociación estadísticamente significativa entre estas variables, siendo la fuerza de dependencia muy débil (Tabla 2).

Tabla 1. Distribución de la muestra niveles de sedentarismo.

Sedentarismo	Frecuencia	Porcentaje
SI Sedentario	403	76,2%
Sedentario severo	145	27,4%
Sedentario moderado	258	48,8%
NO Sedentario	126	23,8%
Total	529	100,0%

Tabla 2. Comparativo entre género y sedentarismo de la muestra participante.

Sedentarismo	Masculino	Femenino	Total	Chi <sup>2</sup>	p	Phi	p
No sedentarios	89	37	126	26,397	0,000*	0,223	0,000
	33,2%	14,2%	23,8%				
Sedentarios	179	224	403				
	66,8%	85,8%	76,2%				

\*p>0,05; Chi2= asociación; Coe Phi= fuerza de asociación.

La tabla 3 muestra cómo en mayor porcentaje los que no realizan actividad física fueron sedentarios y el 68,4% de los que sí la realizan tienen esta misma condición. Existe asociación estadísticamente significativa y una relación inversa y débil.

La tabla 4 expone cómo las personas que tienen una frecuencia de práctica de 1 y 2 veces a la semana presentan en mayor porcentaje sedentarismo. Las pruebas estadísticas aplicadas evidenciaron asociación estadísticamente significativa y una dependencia débil entre éstas variables

Tabla 3. Comparativo entre realización de actividad física y de sedentarismo de la muestra participante.

Sedentarismo	No realiza	Si realiza	Total	Chi <sup>2</sup>	p.	Phi	p
No sedentarios	32	94	126	22,889	0,000*	0,208	0,000
	13,8%	31,6%	23,8%				
Sedentarios	200	203	403				
	86,2%	68,4%	76,2%				

\*p>0,05; Chi2= asociación; Coe Phi= fuerza de asociación.

Tabla 4. Comparativo entre frecuencia semanal y niveles de sedentarismo de la muestra participante.

Nivel de Sedentarismo	Frecuencia Semanal de práctica					Total	Chi <sup>2</sup>	p	Phi	p
	1 vez	2veces	3veces	4veces	5veces					
No Sedentario	5	13	37	20	19	126	57,923	0,000*	0,33	0,000
	11,9	18,3	37,0	62,5	36,5	23,8				
Sedentarios	37	58	63	12	33	403				
	88,1	81,7	63,0	37,5	63,5	76,2				

\*p>0,05; Chi2= asociación; Coe Phi= fuerza de asociación.

Las variables que presentaron asociación estadísticamente significativa con el sedentarismo y que hacen parte del análisis logístico final son: género, IMC, consumo de café, tipo de práctica, frecuencia semanal y tiempo de práctica. Se excluyen del modelo las variables tiempo, frecuencia y tipo de práctica, por considerarse variables endógenas (es decir, son

inherentes a la práctica deportiva); el resto de variables no fueron estadísticamente significativas (Tabla 5).

En este estudio, se estableció asociación entre el sedentarismo y el IMC, donde el 72,2% de los que presentaron un índice de masa corporal (IMC) normal son sedentarios y el

83,7% de los de IMC sobrepeso son sedentarios, datos muy similares a los encontrados en otros estudios sobre obesidad (Elizondo-Armendariz *et al.* 2005; Montenegro & Rubiano, 2006; Vélez *et al.* 2011; Cabral *et al.* 2003; Blasco *et al.* 1996).

Se seleccionaron diferentes combinaciones entre las variables analizadas o posibles predictoras, con el fin de obtener el logaritmo matemático que prediga el sedentarismo en la población objeto de estudio. El modelo explorado tuvo en consideración la significancia individual de los Beta y las pruebas

Tabla 5. Resumen de asociaciones bivariadas con los niveles de sedentarismo.

	Chi-cuadrado de Person	p	Phi	p
Edad	2,288	0,130	0,066	0,130
<b>Género</b>	<b>26,397</b>	<b>0,000</b>	<b>0,223</b>	<b>0,000</b>
<b>IMC</b>	<b>8,779</b>	<b>0,003</b>	<b>0,129</b>	<b>0,003</b>
Estado civil	0,002	0,965	0,002	0,965
<b>Tipo de práctica</b>	<b>22,889</b>	<b>0,000</b>	<b>-0,208</b>	<b>0,000</b>
<b>Frecuencia semanal</b>	<b>57,923</b>	<b>0,000</b>	<b>0,331</b>	<b>0,000</b>
<b>Tiempo de práctica</b>	<b>34,396</b>	<b>0,000</b>	<b>0,255</b>	<b>0,000</b>
Consumo de tabaco	0,028	0,868	-0,007	0,868
Consumo de alcohol	0,013	0,908	0,005	0,908
<b>Consumo de cafeína</b>	<b>5,410</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,101</b>	<b>0,020</b>

\* $p > 0,05$ ; Chi2= asociación; Coe Phi= fuerza de asociación

de bondad de ajuste del modelo (Anderson *et al.* 2000). La ecuación o función logística del modelo estimado fue:

$$p(\text{Sedentaris mo} = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(-0,772 + 1,207 * \text{género} + 0,755 * \text{IMC} - 0,524 * \text{Consumo cafe})}}$$

Donde  $p_i$  es la probabilidad de una persona ser sedentaria.

En la tabla 6, se establece el nivel de significancia de las variables descritas género, índice de masa corporal y consumo de cafeína; siendo estas estadísticamente significativas y representativas para el modelo de regresión global, empleado para la ciudad de Medellín. Dicho modelo al validarse, a través del test de Wald, muestra un coeficiente significativo.

Al comparar los resultados del estudio de Medellín con otros modelos de regresión logística multivariados, destacan la importancia de la obesidad en todas las patologías estudiadas, con riesgos casi tres veces mayor para diabetes, ajustando por otras variables de confusión (Gómez-Cabello *et al.* 2012; Ruiz *et al.* 2012; Martínez *et al.* 2008). En Chile, Serón *et al.* (2010) y Ratner *et al.* (2008) encontraron que la frecuencia entre los niveles de actividad física fue significativamente diferente entre los hombres y las mujeres; los resultados de estos estudios muestran valores de niveles de actividad física bajos o moderados, especialmente, en las mujeres. Dato

contrario en otros estudios, donde el sobrepeso es menor en las mujeres (Damasceno *et al.* 2006; Rodríguez *et al.* 2013).

En relación a la percepción de práctica de actividad física, frecuencia y tiempo de práctica (Martínez *et al.* 2008; Weiss *et al.* 2007), hicieron un análisis con la evaluación de los conocimientos, actitudes y prácticas de actividad física y sus factores asociados en personas de ambos sexos y diferentes grupos de edad y encontraron cómo el 21,2% realiza suficiente actividad física, para cuidar su salud.

Chuliá *et al.* (2005) analizaron la frecuencia de actividad física con la clase social, preocupándose por los cambios en los estilos de vida y hábitos, como fumar, consumir alcohol y la experiencia con drogas, como la marihuana. En la ciudad de Medellín, se encontró que el nivel de sedentarismo y los hábitos de vida, como fumar, beber y consumir sustancias psicoactivas, no se asocian (Elizondo-Armendariz *et al.* 2005; Ruiz-Risueño, 2010). Al analizar la misma relación, estos autores encontraron que no existe asociación entre el consumo de tabaco y tener un estilo de vida sedentario, aunque el porcentaje de hombres sedentarios sea algo superior entre los fumadores.

El consumo de café fue estadísticamente significativo y se convirtió en la variable predictora del sedentarismo en Me-

Tabla 6. Variables de la ecuación del modelo predictivo.

Variables en la ecuación							
Variables	B	E.T.	Wald	gl	p	Exp(B)	
Género(1)	1,207	,225	28,678	1	0,000*	3,345	
IMC2(1)	,755	,242	9,704	1	0,002*	2,127	
Cafeína(1)	-,524	,233	5,047	1	0,025*	,592	
Constante	,772	,221	12,176	1	0,000*	2,163	

Variable(s) introducida(s) en el paso 1: Género, IMC2, Cafeína. B= Beta; Wald= coeficientes;

\*p>0,05; Ex (B)= o razón de probabilidad

dellín, a partir del modelamiento realizado. El consumir café, se asocia con los factores de riesgo relacionados con estilos de vida poco saludables, sus elementos logran efectos neurofisiológicos que estimulan el sistema nervioso y mejoran el estado de alerta de la persona y se produce un aumento de la termogénesis y del gasto energético, lo cual, es un factor beneficioso a largo plazo, en el caso de personas con obesidad (Gotteland, 2007).

Otro estudio, concluye que existe una relación entre la dosis y la respuesta entre consumo de café y niveles de colesterol y triglicéridos (Socarrás & Bollet, 2010). Con relación a los hábitos de vida relacionados con el sedentarismo, en España (Martínez-Ros *et al.* 2003) concluyeron que los únicos factores que tienen asociación en varones son el consumo de tabaco, donde los fumadores realizan menos actividad física, que los que no fuman.

Al comparar las variables de mayor peso estadístico en el modelamiento del presente estudio, es decir, predictoras del sedentarismo (el género, el consumo de cafeína y el índice de masa corporal), se encontró concordancia en las variables género y de IMC, de los estudios desarrollados por Reig *et al.* (2003); Salazar *et al.* (2013); Bernstein *et al.* (1999); Godard *et al.* (2008).

Se hace necesario insistir en estrategias que mejoren la práctica de actividad física en la población; lo anterior debe ser complementado con la generación de procesos y de estrategias educativas y de monitoreo frente al comportamiento sedentario, donde se estimule, permanentemente, la práctica constante de la actividad física, como política de la promoción de la salud. Por tanto, las políticas gubernamentales deben orientar los recursos hacia la promoción de hábitos saludables.

**Conflictos de interés:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declara-

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

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALEMÁN, C.; SALAZAR, W. 2004. Nivel de actividad física, sedentarismo y variables antropométricas en funcionarios públicos. Universidad de Costa Rica. Rev. Cienc. Ejerc. Salud. 4(1):1-12.
2. ANDERSON, R.; TATHAM, R.L. (AUTHOR), HAIR Jr., J.F. 2000. Análisis Multivariante de Datos. 5ª Ed. Prentice Hall. 832p.
3. BERNSTEIN, S.M.; MORABIA, A.; SLOUTSKIS, D. 1999. Definition and prevalence of sedentarism on an urban population. Am. J. Public Health. 89:862-27.
4. BLASCO, T.; CAPDEVILA, L.; PINTANEL, M.; VALIENTE, M.; CRUZ, J. 1996. Evolución de los patrones de actividad física en estudiantes universitarios. Rev. Psicol. Deporte. 9-10:51-63.
5. BOUCHARD, C.; SHEPARD, R.J.; STEPHENS, T. 1994. Physical activity, Fitness and Health. Int. Proc. Consensus Statement. Champaign: Human Kinetics. Publishers Inc. p.569-915.
6. CABRAL, P.C.; MELO, C.A.; AMADO, C.F. 2003. Evaluación antropométrica y dietética de hipertensos atendidos en ambulatorio de un hospital universitario. Rev. Nutr. Campinas. 16(1):61-71.
7. CAPDEVILA, L.; PINTANEL, M.; VALERO, M.; OCAÑA, M.; PARRADO, E. 2006. Estrategias de intervención para promocionar la actividad deportiva en la población universitaria femenina. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Serie ICd nº 46 ed. p.84-95.

8. CHULIÁ, M.; FERRER, E.; LIZAMA, N.; MARTIN, S.; MONRABAL, C. 2005. El sedentarismo en los jóvenes universitarios. *Educare 21. Rev. Electr. Formación Enfermera*. Disponible desde Internet en: [http://www.enfermeria21.com/educare/Generalitats/componentes/articulos/enlace\\_articulo.php?Mg=&&Mjc=&MTMwNQ=](http://www.enfermeria21.com/educare/Generalitats/componentes/articulos/enlace_articulo.php?Mg=&&Mjc=&MTMwNQ=) (con acceso 03/02/2014).
9. DAMASCENO, M.; SILVA, L.; ALMEIDA, V.; ATAÍDE, M.; SILVA, A. MACEDO, S. 2006. Obesidad y exceso de peso: identificación de casos entre los trabajadores del área de salud. *Enf. Integral*. 3:15-21.
10. ELIZONDO-ARMENDARIZ, J.J.; GRIMA, F.; AGUINAGA, I. 2005. Prevalencia de la actividad Física y su relación con variables sociodemográficas y estilo de vida en la población de 18 a 65 años de Pamplona. *Rev. Esp. Salud Pública*. 79:559-567.
11. GARCÍA, L.V.; CORREA, J.E. 2007. Muévase contra el sedentarismo. Universidad ciencia y desarrollo. Programa de divulgación científica. Tomo II, fascículo 7. Universidad del Rosario. Disponible en: [www.urosario.edu.co/investigación/tomo2/fasciculo7/index.html](http://www.urosario.edu.co/investigación/tomo2/fasciculo7/index.html) (con acceso 25/02/2014).
12. GODARD, M.C.; RODRÍGUEZ, M.P.; DÍAZ, N.; LERA, L.; SALAZAR, R.G.; BÜRROWS, A.R. 2008. Valor de un test clínico para evaluar actividad física en niños. *Rev. Méd. Chile*. 136:1155-1162.
13. GÓMEZ-CABELLO, A.; VICENTE-RODRÍGUEZ, G.; PINDADO, M.; VILA, S.; CASAJÚS, J.A.; PRADAS DE LA FUENTE, F.; ARA, I. 2012. Mayor riesgo de obesidad y obesidad central en mujeres post-menopáusicas sedentarias. *Nutr. Hosp*. 27(3):865-870.
14. GÓMEZ, L.F.; DUPERLY, J.; LUCUMI, D.I. 2005. Physical activity levels in adults living in Bogotá (Colombia): prevalence and associated factors. *Gac. Sanit*. 19(3):206-213.
15. GOTTELAND, M.; DE PABLO, S. 2007. Algunas verdades sobre el café. *Rev Chil Nutr* 34(2):105-115.
16. GUTIÉRREZ, H.; DE LA VARA R. 2003 *Análisis y Diseño de Experimentos*, McGraw-Hill. p.234.
17. IRWIN, J.D. 2004. Prevalence of university students' sufficient physical activity: A systematic review. *Perceptual and Motor Skills*. 98(3):927-943.
18. MARTÍNEZ, E.; SALDARRIAGA, J.F.; SEPÚLVEDA, F.E. 2008. Actividad física en Medellín: desafío para la promoción de la salud. *Rev. Fac. Nac. Salud Públ*. 26(2):117-123.
19. MARTÍNEZ-ROS, M.T.; TORMO, M.J.; PÉREZ-FLORES, D.; NAVARRO, C. 2003. Actividad física deportiva en una muestra representativa de la población de la Región de Murcia. *Gac. Sanit*. 17:11-99.
20. McGINNIS, J.M.; FOEGE, W.H. 1993. Actual causes of death in the United States. *JAMA*. 270(18):2207-2212.
21. MONTENEGRO, Y.M.; RUBIANO, O.F. 2006. Sedentarismo en Bogotá, Características de una sociedad en riesgo. *Umbral Cient*. 9:33-45.
22. MONTGOMERY, C.D.; RÜNGER, C.G. 1996. *Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería*. Editorial McGraw- Hill. 198p.
23. MOSCOSO, D.; MARTÍN, D.; PEDRAJAS, N.; SÁNCHEZ, R. 2013. Sedentarismo activo, ocio, actividad física y estilos de vida de la población española. *Rev Fed. Esp. Med. Deporte Conf. Iberoam. Med. Deporte*. 158:341-347.
24. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2002. Informe sobre la salud en el mundo: Reducir los riesgos y promover una vida sana. 65p.
25. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-. 2009. Global health risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: World Health Organization. 70p.
26. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD –OPS-. 2005. Salud en las Américas. Disponible desde Internet en <http://www.per.opsoms.org/sea-07/SEA-2007-3.pdf> (con acceso 20/01/14).
27. PATE, R.R.; O'NEIL, J.R.; LOBELO, F. 2008. The evolving definition of "sedentary". *Exerc. Sport Sci. Rev*. 36:73-78.
28. PÉREZ, A.; SUÁREZ, R.; GARCÍA, G.; ESPINOSA, A.; LINARES, D. 2002. Propuesta de variante del test de sedentarismo y su validación estadística. La Habana, Cuba: Facultad de Cultura Física, Universidad de Cienfuegos. Disponible desde Internet en: [www.fac.org.ar/1/.../Sedentarismo%20Cuba.htm](http://www.fac.org.ar/1/.../Sedentarismo%20Cuba.htm) (con acceso 06/02/14).

29. RAMÍREZ, W.; VICACCIA, S.; SUÁREZ, G.R. 2004. El impacto de la actividad física y el deporte sobre la salud, la cognición, la socialización y el rendimiento académico: una revisión teórica. *Rev. Estud. Soc.* 18:67-75.
30. RATNER, R.; SABAL, J.; HERNÁNDEZ, P.; ROMERO, D.; ATALAH, D. 2008. Estilos de vida y estado nutricional de trabajadores en empresas públicas y privadas de dos regiones de Chile. *Rev. Méd. Chile.* 136:1406-1414.
31. REIG, A.; CABRERO, J.; FERRER, R.; RICHART, M. 2003. La calidad de vida y el estado de salud de los estudiantes universitarios. Alicante. Biblioteca Virtual Universal. Universidad de Alicante. 66p.
32. RODRÍGUEZ, F.; PALMA, X.; ROMO, A.; ESCOBAR, D.; ARAGÚ, B.; ESPINOZA, L.; McMILLAN, M.; GALVEZ, J. 2013. Hábitos alimentarios, actividad física y nivel socioeconómico en estudiantes universitarios de Chile. *Nutr. Hosp.* 28(2):447-455
33. RUIZ, G.; DE VICENTE, E.; VEGARA, J. 2012. Comportamiento sedentario y niveles de actividad física en una muestra de estudiantes y trabajadores universitarios. *J. Sport Health Res.* 4(1):83-92.
34. RUIZ-RISUEÑO, J. 2010. Hábitos deportivos y estilos de vida de los escolares de ESO en los municipios de la provincia de Almería. *Retos. Nuevas Tendencias Ed. Fís., Dep. Recr.* 17:49-53.
35. SALAZAR, C.; FEU, S.; VIZUETE, M.; DE LA CRUZ-SÁNCHEZ, E. 2013. IMC y actividad física de los estudiantes de la universidad de Colima. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Dep.* 13(51):569-610.
36. SECRETARÍA DE TURISMO Argentina en movimiento. 2000. Hábitos deportivos de la población argentina, con soporte calificado del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). p.1-143.
37. SERÓN, P.; MUÑOZ, S.; LANAS, F. 2010. Nivel de actividad física medida a través del cuestionario internacional de actividad física en población chilena. *Rev. Med. Chile.* 138:1232-1239.
38. SOCARRÁS, M.M.; BOLET ASTOVIZA, M. 2010 Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. *Rev. Cub. Invest. Bioméd.* 29(3):353-363.
39. VARELA, M.T.; DUARTE, C.; SALAZAR, I.C.; LEMA, L.F.; TAMAYO, J.A. 2011. Actividad física y sedentarismo en jóvenes universitarios de Colombia: prácticas, motivos y recursos para realizarlas. *Col. Med.* 42:269-277.
40. VÉLEZ, C.; VIDARTE, J.A.; RÍOS, D.M.; MUÑOZ, A.P. 2011. Prevalencia de actividad física y factores relacionados en la población de 18-60 años - Pereira 2011. *Rev. Méd. Risaralda.* 17(2):85-90.
41. VIDARTE, J.A.; VÉLEZ, C.; PARRA, J. 2012. Niveles de sedentarismo en población de 18 a 60 años. Manizales, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Públ.* 14(3):415-426.
42. WEISS, D.R.; O'LOUGHLIN, J.L.; PLATT, R.W.; PARADIS, G. 2007. Five-year Predictors of physical activity decline among adults in low-income communities: a prospective study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 4:2.

Recibido: Enero 27 de 2014

Aceptado: Abril 22 de 2014

#### Como citar:

Vidarte, J.A.; Vélez, C.; Iglesias, L.E.; Galvis, Y. 2014. Variables predictoras de los niveles de sedentarismo en población de 18 a 60 años, Medellín 2012. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 65-72.

# PERCEPCIÓN LATINOAMERICANA DE CAMBIO CLIMÁTICO: METODOLOGÍAS, HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN EN COMUNIDADES LOCALES. UNA REVISIÓN

## LATIN AMERICAN PERCEPTIONS OF CLIMATE CHANGE: METHODOLOGIES, TOOLS AND ADAPTATION STRATEGIES IN LOCAL COMMUNITIES. A REVIEW

Emma Lucía Forero<sup>1</sup>, Yolanda Teresa Hernández<sup>2</sup>, Carlos Alfonso Zafra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Magíster en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Av. Circunvalar Venado de Oro, Bogotá, Colombia, e-mail: emmaluforero@hotmail.com;

<sup>2</sup> Doctora en Geografía, Docente investigadora, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Av. Circunvalar Venado de Oro, Bogotá, Colombia, e-mail: ythernandezp@udistrital.edu.co; <sup>3</sup> Doctor en Ingeniería Ambiental, Profesor Asociado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Av. Circunvalar Venado de Oro, Bogotá, Colombia e-mail: czafra@udistrital.edu.co.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 73-85, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El estudio del conocimiento, creencias y prácticas que tienen las comunidades con respecto al cambio climático contribuye a llenar vacíos de información científica y prepara el camino para el diseño de medidas de adaptación. En este artículo, se presenta una revisión bibliográfica acerca de las investigaciones de percepción del cambio climático que se han realizado en Latinoamérica, durante los últimos quince años (1997-2012), en comunidades locales campesinas e indígenas. Al respecto, se identificaron y se analizaron las metodologías, las herramientas y las estrategias de adaptación, reportadas en los estudios de percepción. Los resultados muestran la existencia de tres enfoques metodológicos para abordar los estudios de percepción: (i) cuantitativo, (ii) cualitativo y (iii) mixto. Además, la investigación bibliográfica evidencia que las tres herramientas principales utilizadas en los estudios de percepción son: (i) entrevista semi-estructurada (76,9%); (ii) encuesta (42,3%) y, (iii) observación en campo (30,8%). Las herramientas identificadas son utilizadas, principalmente, en estudios de percepción en comunidades campesinas (65,4%), antes que en comunidades indígenas (34,6%). Por otro lado, se identificaron las siguientes percepciones relevantes: (i) variabilidad climática (94,1%), (ii) incremento de temperatura (91,2%), (iii) cambio en la precipitación (85,3%) y, (iv) cambio en los hábitos culturales (55,9%). Los resultados sugieren que la percepción dominante es que existe un

cambio asociado, principalmente, con el factor climático; lo anterior, representado por un 90,2%, de los documentos detectados. Finalmente, las estrategias de adaptación al cambio climático en comunidades locales latinoamericanas, se pueden agrupar en tres categorías: (i) agropecuaria (57,6%), (ii) comunitaria (48,1%), e (iii) hídrica (40,4%).

Palabras clave: Percepción climática, cambio climático, estrategias de adaptación, herramientas metodológicas.

### SUMMARY

The study of the knowledge, beliefs and practices that the local communities have respect to climate change contributes to filling voids in the scientific information and prepares the way for designing adaptation actions. This article presents a literature review about the investigations of climate change perception that have been made in Latin America in the last fifteen years (1997-2012) in rural and indigenous communities. In this sense, it was identified and analyzed the methodologies, tools and adaptation strategies reported in perception studies. The results showed that there are three methodological approaches in the perception studies of climate change: (i) quantitative, (ii) qualitative, and (iii) mixed. In addition, the bibliographical research shows that the three main tools used in perception studies are: (i) semi-structured interview (76.9%), (ii) poll (42.3%), and (iii) field observation

(30.8%). In this regard, the tools identified are mainly used in the perception studies in farming communities (65.4%) before than in indigenous communities (34.6%). Furthermore, it was identified the following important perceptions: (i) climate variability (94.1%), (ii) temperature increase (91.2%), (iii) changes in precipitation (85.3%), and (iv) change in cultural habits (55.9%). Results suggest that the dominant perception is that there is a change was mainly due to the climatic factor; above, represented by 90.2% of the documents identified. Finally, the strategies for adaptation to climate change in Latin American local communities can be grouped into three categories: (i) agriculture (57.6%), (ii) community (48.1%), and (iii) water (40.4%).

Key words: Climatic perception, climate change, adaptation strategies, methodological tools.

## INTRODUCCIÓN

Cada cultura tiene sus propias concepciones y percepciones sobre la naturaleza y sus territorios, al igual que sus propias interpretaciones sobre la historia de los cambios ambientales y climáticos, que han ocurrido (Heyd, 2010). Las investigaciones sobre los diversos niveles de conocimiento y percepciones del cambio climático han venido en aumento en los últimos diez años, alrededor del mundo y, particularmente, en Latinoamérica (Nordgren, 2011; Pérez *et al.* 2010; Puenayán, 2009); el reconocimiento de los saberes, las creencias y las prácticas que tienen las comunidades con respecto a estos factores, contribuyen a llenar vacíos en la información científica y preparan el camino para el diseño de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático (Pinilla *et al.* 2012; Correa *et al.* 2012; Ulloa, 2011).

Para Urbina & Martínez (2006), la percepción es el primer proceso cognoscitivo del ser humano, es la visión personal del mundo mezclada con la fantasía que cada sujeto posee y el carácter egocéntrico de la experiencia y de la visión personal, así como la influencia de la estructura social, el contexto cultural y el lenguaje en la formación de determinadas pautas básicas colectivas. Capel (1973) plantea que la percepción humana tiene un papel decisivo en la formación de una imagen del medio real, la cual, influye directamente sobre su comportamiento y, por lo tanto, en su relación con la naturaleza.

Uno de los aspectos más importantes para entender las manifestaciones del cambio climático en una comunidad es adentrarse en el conocimiento de las opiniones que tienen sus habitantes sobre el problema y así, comprender sus intereses, demandas y necesidades. Lo anterior, facilitará el establecimiento de las bases de construcción de los procesos de participación social (Soares & Gutiérrez, 2011; Nordgren, 2011; Echeverri, 2009). Al respecto, la psicología ambiental

ha realizado aportes significativos al tema de la percepción humana sobre el medio natural y el cambio climático, al comportamiento ambiental relacionado con las variables socio-demográficas, como nivel de ingreso y la edad y acerca de la reacción social al cambio climático (Gifford *et al.* 2011; Uzzell, 2008; Stern, 2000). De esta manera, en las comunidades campesinas e indígenas, los efectos del cambio climático, probablemente, son más evidentes, a partir de la percepción, debido a su interrelación cotidiana con la naturaleza y sus recursos (Ramos *et al.* 2011).

La atención mundial sobre el cambio climático ha estado orientada a aspectos relacionados con las causas naturales o antrópicas, enfocándose en quiénes tienen las responsabilidades políticas y económicas, a nivel de país y sectores privados (Echeverri, 2009; Conde & Saldaña, 2007; Foster, 2001). Por ejemplo, O'Connor *et al.* (1999), investigaron para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, la relación entre la percepción de riesgo y la voluntad comunitaria y política de abordar las problemáticas asociadas con el cambio climático. En contraste, los aspectos sociales, a nivel local, han tenido menos relevancia (Soares & Gutiérrez, 2011). Para Nordgren (2011) y Ulloa (2011) es importante conocer la percepción de las comunidades locales del cambio climático y tener en cuenta el diseño de estrategias con los actores clave, pues a partir del conocimiento local es posible darles viabilidad a sus estrategias de adaptación.

Conde & Lonsdale (2005) señalan que uno de los retos más conocidos para la investigación del cambio climático es el de bajar la escala espacial, con el fin de tener escenarios de evaluación regionales y locales. El reconocimiento de los saberes, las creencias y las prácticas que tienen las comunidades con respecto a estos factores, contribuyen no solamente a llenar vacíos en la información científica, sino que preparan el camino para el diseño de medidas de adaptación. Así que, se hace necesaria una revisión de las investigaciones sobre las percepciones del cambio climático, a nivel latinoamericano.

Desde la perspectiva de las ciencias sociales, el clima es el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor. Según Mariño (2011), el concepto de clima es una construcción cultural que se elabora a partir de procesos materiales y simbólicos y que denota aspectos culturales, espaciales e históricos.

Los enfoques metodológicos utilizados en los estudios de percepción de cambio climático son el cuantitativo y el cualitativo, en donde los dos métodos se complementan (Retamal *et al.* 2011). Los principales instrumentos utilizados para recolectar información son las encuestas, las entrevistas semiestructuradas y la observación directa, los cuales, se

contrastan y analizan con fuentes de información secundarias (De los Ríos & Almeida, 2011; Nordgren, 2011; Soares & Gutiérrez, 2011; Echeverri, 2009). Para Hurtado (2000) y Hernández (1997), esta combinación de métodos cualitativos, cuantitativos, técnicas y propósitos es valiosa, porque más allá de la discusión epistemológica, la construcción del conocimiento está siendo abordada de manera integral, holística y sistémica entre ciencias duras y blandas.

En general, la percepción de las diferentes comunidades locales es que existe un incremento de la temperatura y una disminución de la precipitación en las diferentes zonas de estudio (Sierra, 2011; Ulloa, 2011; Echeverri, 2009; Puenayán, 2009). Al respecto, numerosos estudios de percepción de cambio climático se han realizado en comunidades indígenas de diversos países: Nordgren (2011), en Bolivia; Echeverri (2009), en el Amazonas Colombiano y Puenayán (2009), en Nariño. Igualmente, se destacan las investigaciones financiadas por organismos internacionales, como El Banco Mundial. Así, se ha reportado un incremento en las tormentas intensas y huracanes en Meso-américa y el Caribe, cambios en la precipitación y la estacionalidad en el Amazonas colombiano y una escasez de agua para usos agropecuarios, erosión de ecosistemas y cambios en la biodiversidad en la región de Los Andes (Kronik & Verner, 2010a).

Adicionalmente, se han realizado estudios de las estrategias desplegadas por los pueblos indígenas y las comunidades afro-descendientes, para afrontar el cambio climático (Tocancipá, 2013; Ulloa, 2011; Dounias, 2011). Al respecto, Kronik & Verner (2010b) reportaron que las comunidades indígenas latinoamericanas, frecuentemente, no lograban encontrar una respuesta a sus necesidades a partir de su conocimiento y estrategias de adaptación cultural; una problemática que se intensificó por la falta de apoyo institucional del Estado. Por lo tanto, las percepciones como las formas de adaptación están determinadas por factores ligados a la cultura de cada sociedad e, igualmente, por factores de tipo ambiental e institucional (Dounias, 2011; Ulloa *et al.* 2008). De esta manera, la elección de las estrategias está condicionada por el contexto en que viven los individuos, es parte de un tejido cultural y se relaciona con otras estrategias locales de subsistencia (De los Ríos y Almeida, 2011; Martín, 2010; Bonatti, 2007).

El objetivo principal de la investigación fue realizar una revisión de los estudios de percepción de cambio climático que se han desarrollado en Latinoamérica, durante los últimos quince años (1997-2012), en comunidades locales campesinas e indígenas. Adicionalmente, se pretende indagar acerca de qué metodologías y herramientas de trabajo han sido utilizadas para evaluar la percepción de las comunidades locales con respecto al cambio climático, para finalmente, conocer cuáles han sido sus estrategias de adaptación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sistema de búsqueda bibliográfica:** Se utilizó una metodología de búsqueda sistemática de los estudios realizados en Latinoamérica, durante los últimos quince años, acerca de la percepción del cambio climático en comunidades locales campesinas e indígenas. Las bases de datos utilizadas para detectar los documentos, tales como artículos y libros, fueron Google Académico, la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc) y el Catálogo de Búsqueda de la Biblioteca Pública Luis Ángel Arango (BLAA) (Bogotá D.C., Colombia). Adicionalmente, se utilizaron las siguientes combinaciones de palabras clave en español: “percepción”, “variabilidad climática” y “comunidades locales”; «percepción», «cambio del clima» y «comunidades locales» y “estrategias de adaptación”, “cambio climático” y “comunidades locales”. Los documentos detectados se limitaron, espacialmente y temporalmente, a Latinoamérica, entre 1997-2012.

Posteriormente, se seleccionaron los documentos que hubiesen definido explícitamente la percepción de las comunidades locales con respecto al cambio climático en Latinoamérica. En este sentido, se establecieron durante el análisis bibliográfico los siguientes criterios de exclusión, para los documentos detectados: (i) los que sustentaron el cambio climático desde un punto de vista técnico; (ii) los relacionados con el análisis estadístico de la variabilidad climática; (iii) los de evaluación del impacto de los eventos extremos asociados al cambio climático; (iv) los de políticas sobre el cambio climático y, (v) los que documentaron el cambio climático como un fenómeno global.

**Análisis bibliográfico:** Se cuantificaron por base de datos los 1.489 documentos hallados. En este sentido, la base de datos que detectó el mayor número de documentos fue Redalyc (60,7%), seguida de Google Académico (37,2%) y BLAA (2,01%). Por otro lado, la combinación de palabras clave con un mayor número de coincidencias fue «percepción», «cambio del clima» y «comunidades locales» (46,5%); seguida de “percepción”, “variabilidad climática” y “comunidades locales” (32,5%) y de la combinación de palabras clave “estrategias de adaptación”, “cambio climático” y “comunidades locales” (21%). Lo anterior, en promedio para todas las bases de datos utilizadas.

Posteriormente, se realizó una revisión de los resúmenes o índices de todos los documentos detectados, para evaluar su pertinencia en la presente investigación bibliográfica; lo anterior, a partir de los criterios de exclusión establecidos en el apartado anterior. De esta manera, se descartó un 94,7%, 94,2% y 86,1% de los documentos detectados por las bases de datos Redalyc, Google Académico y BLAA, respectivamente. Por lo tanto, en la construcción del presente artículo

de revisión bibliográfica, se seleccionó un total de 62 documentos, entre artículos y libros; representando un 4,2% de los documentos detectados inicialmente por las bases de datos utilizadas.

Finalmente, se desarrolló una última fase de análisis con la bibliografía detectada. Se estudiaron y clasificaron las temáticas asociadas y reportadas por los resúmenes e índices de los documentos, con el objeto de establecer categorías y sub-categorías de análisis. Por lo tanto, se identificaron tres categorías principales de estudio: (i) metodologías y herramientas de trabajo (49,1%); (ii) percepciones de cambio climático (64,2%) y, (iii) estrategias de adaptación (98,1%). Por último, el análisis bibliográfico permitió detectar 13 sub-categorías de estudio (Tabla 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Metodologías y herramientas de trabajo:** La investigación bibliográfica evidenció la existencia de tres enfoques metodológicos en los estudios de percepción del cambio climático en comunidades locales: (i) cuantitativo, (ii) cualitativo y, (iii) mixto. El enfoque cuantitativo aportó datos matemáticamente medibles. Por su parte, el enfoque cualitativo se aproximó al problema desde una perspectiva de los valores ambientales, sociales, económicos y culturales de cada comunidad local campesina e indígena.

En relación con lo anterior, Gay (2006) planteó que el reconocimiento individual sobre el cambio del clima fue básicamente cualitativo, por lo que los cambios de comportamiento de

Tabla 1. Categorías de análisis para la información bibliográfica seleccionada.

Categoría	Documentos (%) (n = 53)		Sub-categoría
Metodologías y herramientas de trabajo	49,1 (n=26)	92,3	(i) Metodologías cualitativas
		7,7	(ii) Metodologías cuantitativas
		100	(iii) Herramientas de recolección de información
Percepción de cambio climático	64,2 (n=34)	85,3	(i) Precipitación (Largo plazo)
		91,2	(ii) Temperatura (Largo plazo)
		94,1	(iii) Variabilidad climática (Corto plazo)
		44,1	(iv) Recurso hídrico
		8,8	(v) Paisaje
		55,9	(vi) Hábitos culturales (p.ej., alimentación, vestimenta y actividades económicas, sociales y culturales)
		20,6	(vii) Otras percepciones (p.ej., descenso de glaciares, pérdida de humedad en el suelo, aparición de nuevas plagas y enfermedades)
Estrategias de adaptación	98,1 (n=52)	57,7	(i) Agropecuaria
		40,4	(ii) Recurso hídrico
		48,1	(iii) Comunitarias (p.ej., capacitación, cooperación, asociaciones campesinas y conocimiento ancestral)

los actores locales solamente se pudieron visualizar mediante la valoración subjetiva que ellos tienen con respecto al tema, como por ejemplo, el estilo de vida, las concepciones del bienestar y las consecuencias de los efectos del cambio climático. Por esto, la revisión mostró que la información obtenida para evaluar la percepción que tienen las comunidades locales acerca del cambio climático se ha adquirido mediante la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos (Pinilla *et al.* 2012; Dounias, 2011; Nordgren, 2011;

Sierra, 2011; Tupaz & Guzmán, 2011; Echeverri, 2009); sin embargo, al tratarse de estudios de percepción del cambio climático, las investigaciones tuvieron preferencia por el enfoque cualitativo.

En este sentido, Hernández (1997) reportó que el enfoque cualitativo reconoció la naturaleza holística de la construcción del conocimiento, porque a través de la integración de las concepciones e interpretaciones de los actores se pu-

dieron formular las estrategias de adaptación. Por lo tanto, esta gama de técnicas cualitativas son particularmente útiles cuando el fenómeno a estudiar es difícil de medir, como ocurre con la percepción del cambio climático en comunidades locales, tales como las campesinas e indígenas.

Adicionalmente, se reportó que la investigación cualitativa de la percepción hizo referencia a las personas como eje central de la dinámica eco-social del territorio (Nordgren, 2011; Echeverri, 2009; Bonatti, 2007). A partir de lo anterior, se sugirió que las técnicas de investigación cualitativas resultaron de gran utilidad para investigar cómo el cambio del clima fue comprendido, experimentado, interpretado por las personas y cómo sus conductas, interacciones, perspectivas y prácticas repercutieron en la formulación o utilización de estrategias de adaptación (Pinilla *et al.* 2012; Soares & Gutiérrez, 2011; Oltra *et al.* 2009; Magaña, 2004).

La investigación bibliográfica mostró que el 92,3% de los documentos seleccionados utilizaron, principalmente, la estrategia metodológica cualitativa; no obstante, también se observó en estos documentos, pequeños aportes de la estrategia cuantitativa. En este sentido, Hurtado (2000) y Hernández (1997) reportaron que esta combinación de métodos era útil, pues la construcción del conocimiento fue abordada de manera integral, holística y sistémica, entre las ciencias duras y blandas y, por otro lado, este nuevo enfoque tuvo sus raíces en la investigación cualitativa, en la cual, se reconoció la subjetividad del sujeto investigado, la propia subjetividad del investigador y en donde la construcción del conocimiento fue compartida por ellos.

Por otro lado, la revisión bibliográfica permitió evidenciar que una de las herramientas de trabajo más utilizadas para la recolección de los datos cualitativos fue la entrevista semi-estructurada (Tabla 2). En este sentido, el 76,9% de los documentos seleccionados utilizó esta herramienta de trabajo. El objetivo de su aplicación radicó en obtener información cualitativa, para profundizar en el análisis de la percepción del cambio climático y en su explicación, por parte de las comunidades locales (Sierra, 2011; Ramos *et al.* 2011; De los Ríos & Almeida, 2011; Echeverri, 2009; Lozano, 2004).

Adicionalmente, la investigación evidenció que la encuesta fue otra herramienta de trabajo utilizada en los estudios de percepción de cambio climático en comunidades locales; en este sentido, el 42,3% de los documentos seleccionados utilizó esta herramienta. Los estudios que utilizaron exclusivamente encuestas, mostraron que su aplicación fue importante para realizar un barrido general de las percepciones de las comunidades locales con respecto al clima y sus variaciones (Pinilla *et al.* 2012; Soares & Gutiérrez, 2011; Vignola, 2010); sin embargo, para otros investigadores, esta herramienta presentó limitaciones, ya que se pudo incurrir en un

sesgo por su aplicación estática, es decir, limitó las respuestas que pudieron dar las personas encuestadas (Nordgren, 2011; Tocancipá *et al.* 2011; Echeverri, 2009).

Las siguientes metodologías participativas fueron otras herramientas detectadas en la investigación bibliográfica: talleres comunitarios, grupos focales, mingas, narraciones y testimonios (Correa *et al.* 2012; Martín, 2010; Pérez *et al.* 2010; Yana, 2008; García *et al.* 2008; Gay *et al.* 2007). Éstas, consistieron en visitas a las comunidades locales de estudio para aplicar las herramientas mencionadas y aplicar una nueva herramienta, la observación en campo; lo anterior, con el objeto de extraer la información cualitativa asociada a la temática de investigación (Sierra, 2011; De los Ríos & Almeida, 2011; Puenayán, 2009). A partir de lo anterior, la investigación bibliográfica mostró que 30,1% y 30,8% de los documentos seleccionados, utilizaron como herramientas de trabajo, las metodologías participativas y la observación en campo, respectivamente.

Asimismo, se detectó que el conocimiento local o propio del investigador y el enfoque de género fueron herramientas complementarias en la recolección de los datos cualitativos sobre la percepción del cambio climático en comunidades locales (Nordgren, 2011; García *et al.* 2011; Echeverri, 2009; Puenayán, 2009); lo anterior, con el objeto de evidenciar los aspectos de la vida cotidiana y poder compararlos con la información obtenida por la utilización de las herramientas mencionadas inicialmente, es decir, la entrevista semi-estructurada y la encuesta.

La investigación mostró, en orden de importancia, que el 76,9%, 42,3%, 30,8%, 30,1%, 23,1% y 15,4% de los documentos seleccionados, utilizó como herramientas de trabajo la entrevista semi-estructurada, la encuesta, la observación en campo, las metodologías participativas, el conocimiento local y el enfoque de género, respectivamente (Tabla 2). Conde & Lonsdale (2005) reportaron que la investigación social complementada con las anteriores herramientas permitió el reconocimiento de diferentes realidades y prácticas sociales asociadas a la percepción del cambio climático, en comunidades locales. Además, los resultados mostraron que los estudios latinoamericanos de percepción del cambio climático, con el uso de las herramientas en mención, fueron realizados, principalmente, en comunidades locales campesinas (65,4%), antes que en comunidades indígenas (34,6%) (Tabla 2).

Finalmente, Gay *et al.* (2006) plantearon que siendo estudios que se desarrollaron a partir de una muestra de percepciones es importante interpretar los resultados con precaución y de manera crítica y es, por este motivo, que se necesita contrastar y analizar las percepciones y los testimonios obtenidos con otras fuentes de información secundaria.

Tabla 2. Herramientas utilizadas en los estudios de percepción de cambio climático en comunidades locales.

Investigaciones (n = 26)	Localización	Comunidad <sup>a</sup>		Herramienta <sup>b</sup>					
		C	I	Es	Oc	Cl	E	Mp	Eg
Bonatti (2007)	Anchieta y Santa Catarina (Brasil)	x		x	x				
Correa <i>et al.</i> (2012)	Sapzurro y Acandí. Urabá chocono (Colombia)	x		x					
De los Ríos & Almeida (2011)	Páramo de Sonsón. Antioquia (Colombia)	x		x	x				
Echeverri (2009)	Amazonas, Caquetá y Putumayo (Colombia)		x	x		x			
García <i>et al.</i> (2011)	Toribío. Cauca (Colombia)		x	x		x			x
Gay <i>et al.</i> (2007)	Hermosillo. Sonora (México)	x		x			x	x	
Gay (2006)	Jalisco, Colima y Michoacán (México)	x		x			x	x	
Gay <i>et al.</i> (2006)	Veracruz (México)	x		x	x			x	
Martín (2010)	Puracé. Cauca (Colombia)		x			x		x	
Nordgren (2011)	La Paz, Santa Cruz, Chuquisaca, Beni, Pando y Cochabamba (Bolivia)	x	x	x	x	x		x	
Novión & Estrada (2011)	Punta Arenas. Magallania (Chile)	x					x		
Pérez (2007)	Guatemala (Guatemala)		x	x		x			x
Pérez <i>et al.</i> (2010)	Andes de Bolivia, Ecuador y Perú	x					x		
Pinilla <i>et al.</i> (2012)	Betulia, San Vicente, Zapatoca, Girón y Lebrija. Santander (Colombia)	x					x		
Puenayán (2009)	Resguardo Panán. Nariño (Colombia)		x	x	x			x	
Ramos <i>et al.</i> (2011)	Comunidad Nasa. Cauca. (Colombia)		x	x				x	
Sierra (2011)	Sierras Nevadas de Santa Marta y del Cocuy, y Cauca. (Colombia)		x	x	x				
Soares & Gutiérrez (2011)	San Felipe. Yucatán (México)	x		x	x		x		
Tocancipá <i>et al.</i> (2011)	Guapi. Cauca (Colombia)	x		x					
Treulen (2008)	Región de la Araucanía (Chile)		x	x		x			x
Tupaz & Guzmán (2011)	Nudo de los Pastos. Nariño (Colombia)		x		x		x		
Ulloa & Prieto (2012)	Bosa y Usaquén. Bogotá D.C. (Colombia)	x		x			x		
Van Der Mollen (2011)	Cotacachi. (Ecuador)	x		x			x		
Vignola (2010)	Área Metropolitana. San José de Costa Rica (Costa Rica)	x					x		
Viella (1997)	Distritos: Álvarez, La Montaña, Morelos y Zaragoza, México (México)	x		x			x		
Yana (2008)	Umala y Ancoraimes. La Paz (Bolivia)	x		x				x	x
<b>Proporción (%)</b>		<b>65,4</b>	<b>34,6</b>	<b>76,9</b>	<b>30,8</b>	<b>23,1</b>	<b>42,3</b>	<b>30,1</b>	<b>15,4</b>

Nota. <sup>a</sup>C: campesina; I: indígena. <sup>b</sup>Es: entrevista semi-estructurada; Oc: observación en campo; Cl: conocimiento local; E: encuesta; Mp: metodologías participativas (Grupos focales, talleres, mingas, testimonios y narraciones locales); Eg: enfoque de género.

Lo anterior, con el fin de analizar con mayores elementos su representatividad regional y posibilitar una mejor base de discusión para el establecimiento de conclusiones, como lo hicieron Pinilla *et al.* (2012), Sierra (2011), Nordgren (2011), De los Ríos & Almeida (2011), y Echeverri (2009).

**Percepciones Latinoamericanas de cambio climático:** Durante las últimas décadas en América Latina, se han reportado cambios en la precipitación y en la temperatura (López & Cadena, 2010; Costa, 2007; Gay *et al.* 2006; Conde & Lonsdale, 2005; Pabón, 2003). La investigación bibliográfica mostró que la percepción habitual en las comunidades locales latinoamericanas fue que existió un incremento de la temperatura (Soares & Gutiérrez, 2011; García *et al.* 2011; Dounias, 2011; Pérez, 2007; Viella, 1997); sin embargo, en Bolivia, algunas comunidades locales percibieron un descenso de la temperatura (Nordgren, 2011). A partir de lo anterior, Nordgren (2011) reportó que esta diferencia en la percepción del clima sugirió la existencia de fenómenos regionales de variabilidad climática en los valles de Cochabamba (Bolivia).

Adicionalmente, Yana (2008) reportó que la percepción de cambio climático en las mujeres indígenas bolivianas estuvo principalmente asociada a una reducción de la humedad del suelo. Asimismo, Pérez (2007) reportó que las comunidades indígenas de Guatemala manifestaron que el impacto del cambio climático se evidenció en una reducción de la humedad de los suelos y, por lo tanto, en una reducción del agua disponible para los cultivos, el ganado y la vegetación nativa de las comunidades locales en estudio. En este sentido, Pérez *et al.* (2010) describieron cómo el cambio climático afectó el sector agropecuario de algunas comunidades locales de Bolivia, Ecuador y Perú; lo anterior, a través del retroceso de los glaciares, de cambios en los patrones hidrológicos y por la aparición de nuevas plagas y enfermedades en los cultivos y el ganado. Por lo tanto, algunas de las comunidades locales latinoamericanas han percibido una alteración de los ciclos climáticos en su intensidad y distribución temporal y espacial (Correa *et al.* 2012; García *et al.* 2011; De los Ríos & Almeida, 2011; Echeverri, 2009; Treulen, 2008).

Las anteriores percepciones y evidencias en las comunidades locales fueron en contra de su forma de vida tradicional, por lo que se generó un desequilibrio en la organización familiar y social, en especial, en las comunidades indígenas de la Amazonia y el Macizo Colombiano, así como en las comunidades campesinas andinas (Sierra, 2011; Pérez *et al.* 2010; Puenayán, 2009; Echeverri, 2009; Pérez, 2007).

Los desequilibrios a nivel familiar ocurrieron por los elevados niveles de pobreza, lo que obligó a las comunidades locales a emigrar hacia la ciudad, en busca de mejores condiciones

económicas (De los Ríos & Almeida, 2011; Treulen, 2008). De esta manera, a nivel social, cambió el rol de cada persona en la comunidad local, principalmente, en las actividades asociadas con la agricultura, pesca y caza (García *et al.* 2011; Pérez *et al.* 2010; Echeverri, 2009). Por último, Echeverri (2009) y Donato (2007) reportaron que las percepciones e impactos negativos asociados al cambio climático que se combinaron con la explotación de los recursos naturales y el conflicto armado, generaron mayor vulnerabilidad en las comunidades locales.

La tabla 1 presenta las percepciones identificadas en las comunidades locales con respecto al cambio climático, a partir de los documentos detectados y de las sub-categorías de análisis, establecidas en la investigación bibliográfica. Como se puede observar, la percepción de variabilidad climática fue la que asoció el mayor número de documentos (94,1%); seguida en orden de magnitud por: incremento de la temperatura (91,2%), cambio en la precipitación (85,3%), cambio en los hábitos culturales (55,9%), escasez del recurso hídrico (44,1%) y otras percepciones: descenso de glaciares, pérdida de humedad en el suelo, aparición de nuevas plagas y enfermedades (20,6%) y cambios en el paisaje (8,8%). Por lo tanto, los resultados sugirieron que la percepción dominante en las comunidades locales campesinas e indígenas fue que existió un cambio asociado, principalmente, con el factor climático; en este sentido, el factor climático representó en promedio un 90,2% de los documentos detectados, durante la investigación bibliográfica (Tabla 1).

Por otro lado, Ulloa (2011) reportó que si bien la población rural identificó las alteraciones ocurridas en el comportamiento normal del clima en los últimos años, el cambio climático continuó siendo un tema desconocido en las comunidades campesinas e indígenas; sin embargo, Fernández & Mancinas (2012), y Urbina & Martínez (2006) evidenciaron la existencia de un acceso a la información, a través de emisoras locales, periódicos y la televisión, que influyeron, de manera significativa, en el conocimiento que se tuvo sobre el cambio climático en las comunidades locales.

Finalmente, debido a la complejidad del tema y a la escala temporal en la que ocurrió el fenómeno de cambio climático, la población campesina tuvo una imagen más estática de la situación; por el contrario, en las comunidades indígenas, se tuvo una visión más dinámica de la naturaleza (García *et al.* 2011; Echeverri, 2009; Pérez, 2007; Viella, 1997). Al respecto, Ulloa (2011) mencionó que el conocimiento de la dinámica natural pudo llevar a tendencias que generaron escenarios dramáticos o pesimistas, que desincentivaron las actitudes proactivas y preventivas con respecto a los procesos y las estrategias de adaptación al cambio climático.

**Estrategias de adaptación:** Las percepciones detectadas y las estrategias de adaptación al cambio climático estuvieron determinadas por factores ligados a la cultura de cada comunidad local, igualmente, a factores de tipo ambiental e institucional (Ulloa *et al.* 2008; Magrin *et al.* 2007). En este sentido, las estrategias de adaptación fueron actos conscientes y racionales de los individuos que estuvieron contenidas dentro del límite de cada estructura social (De los Ríos & Almeida, 2011; Martín, 2010; Bonatti, 2007). Por lo tanto, la elección de las estrategias adaptación estuvo condicionada por el contexto en el que vivían los individuos y fue parte de un tejido cultural que se relacionó con otras estrategias locales de subsistencia (De los Ríos & Almeida, 2011; Martín, 2010; Bonatti, 2007; PNUD, 2007).

Adicionalmente, se evidenció, en la presente investigación, que los datos recolectados con las herramientas de trabajo detectadas, tales como la entrevista, los talleres y los grupos focales, fueron contrastados y complementados con datos e información secundaria, obtenida de revisiones bibliográficas, por ejemplo, de variables climatológicas y estadísticas (De los Ríos & Almeida, 2011; Pérez *et al.* 2010; Gay *et al.* 2007; Puenayán, 2009; Yana, 2008). Lo anterior, para la formulación de estrategias de adaptación al cambio climático, por parte de las comunidades campesinas e indígenas.

Los resultados indican que las estrategias de adaptación al cambio climático en comunidades locales se agrupan en tres categorías principales: (i) agropecuaria, (ii) hídrica y (iii) comunitaria (Tabla 3). El 57,6% de los documentos detectados correspondieron a estrategias de adaptación asociadas con la categoría agropecuaria. En este sentido, los investigadores del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) reportaron que las estrategias de adaptación asociadas con el sector agropecuario fueron claves para consolidar la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Los Andes colombianos y latinoamericanos (PNUD, 2007).

Por otro lado, los resultados mostraron que, en segundo lugar, se ubicaron las estrategias de adaptación asociadas con la categoría comunitaria, representando un 48,1% de los documentos detectados (Tabla 3). Los reportes investigativos estuvieron principalmente asociados con resguardos o comunidades indígenas, donde existió un mayor conocimiento y aplicación de los saberes tradicionales (Sierra, 2011; Puenayán, 2009; Echeverri, 2009).

En tercer lugar, se ubicaron las estrategias de adaptación asociadas con la categoría hídrica, representando un 40,4%, de los documentos detectados. En este sentido, Magrin *et al.* (2007) y Conde & Lonsdale (2005) señalaron que Latinoamérica atraviesa por un conjunto de problemas asociados con el recurso hídrico, debido a su distribución temporal y espacial no uniforme, dificultando el manejo y uso por parte

de las comunidades campesinas e indígenas. Por lo tanto, la investigación bibliográfica evidenció que las estrategias de adaptación se enfocaron en la implementación de acciones de orden técnico, para optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico (Tabla 3).

Por último, Pérez *et al.* (2010) reportaron que no existió una concepción universal y única para el proceso de adaptación al cambio climático, ya que la situación individual de cada comunidad local demandó el desarrollo de estrategias particulares. En el desarrollo de las estrategias de adaptación jugaron un papel decisivo los efectos observados y esperados del cambio, así como los recursos naturales, el entorno institucional y la estructura económica y poblacional de las comunidades campesinas e indígenas.

**Conclusiones:** La investigación bibliográfica muestra la existencia de tres enfoques metodológicos en los estudios de percepción del cambio climático en comunidades locales latinoamericanas: (i) cuantitativo, (ii) cualitativo y (iii) mixto. En este sentido, el 92,3% de los documentos seleccionados utilizan, principalmente, la estrategia metodológica cualitativa, con pequeños aportes de la estrategia cuantitativa. Además, se evidencia en orden de magnitud que las principales herramientas utilizadas en las investigaciones de percepción del cambio climático en comunidades locales latinoamericanas son: (i) entrevista semi-estructurada (76,9%); (ii) encuesta (42,3%); (iii) observación en campo (30,8%); (iv) metodologías participativas (30,1%); (v) conocimiento local (23,1%) y (vi) enfoque de género (15,4%). Los resultados muestran que los estudios latinoamericanos de percepción del cambio climático con el uso de las herramientas en mención fueron realizados, principalmente, en comunidades locales campesinas (65,4%), antes que en comunidades indígenas (34,6%).

Por otro lado, las percepciones de cambio climático en comunidades locales identificadas durante la investigación bibliográfica, en orden de magnitud, son las siguientes: (i) variabilidad climática (94,1%); (ii) incremento de temperatura (91,2%); (iii) cambio en la precipitación (85,3%); (iv) cambio en los hábitos culturales (55,9%); (v) escasez del recurso hídrico (44,1%) y (vi) otras percepciones: descenso de glaciares, pérdida de humedad en el suelo, aparición de nuevas plagas y enfermedades (20,6%) y cambios en el paisaje (8,8%). De esta manera, los resultados sugirieron que la percepción dominante en las comunidades locales campesinas e indígenas latinoamericanas es que existe un cambio asociado, principalmente, con el factor climático; lo anterior, representado por un 90,2% de los documentos detectados durante la investigación bibliográfica.

Los resultados obtenidos muestran que las estrategias de adaptación al cambio climático en comunidades locales latinoamericanas se pueden agrupar en tres categorías: (i)

Tabla 3. Estrategias de adaptación al cambio climático en comunidades locales.

Categoría	Estrategias de adaptación	Investigaciones (n = 52)	Documentos detectados (%)
Agropecuaria	Recuperación del conocimiento ancestral en cultivos	Viella (1997), Bonatti (2007), Donato (2007), Magrin <i>et al.</i> (2007), Ulloa <i>et al.</i> (2008), Echeverri (2009), Puenayán (2009), Kronik & Verner (2010), Pérez <i>et al.</i> (2010), Ramos <i>et al.</i> (2011), Tocancipá <i>et al.</i> (2011), Nordgren (2011), Tupaz & Guzmán (2011), Van Der Molen (2011), Pinilla <i>et al.</i> (2012).	50,0
	Agricultura de la conservación y sistemas agroforestales	Conde & Lonsdale (2005), Bonatti (2007), Gay <i>et al.</i> (2007), Magrin <i>et al.</i> (2007), Torres <i>et al.</i> (2008), Echeverri (2009), Puenayán (2009), Heyd (2010), Kronik & Verner (2010), Kohler (2011), Ulloa (2011), Van Der Molen (2011).	40,0
	Plantar cultivos de maduración más rápida	PNCID (2007), Yana (2008), Nordgren (2011).	10,0
	Intercambio de semillas y alimentos de diferentes pisos altitudinales	Treulen (2008), Puenayán (2009), Martín (2010), García <i>et al.</i> (2011).	13,3
	Huertas flotantes para protegerlas de las inundaciones	Pérez <i>et al.</i> (2010).	3,3
	Uso de abonos verdes, rotación de cultivos, labranza mínima, siembra directa y no quema	Lozano (2004), Conde & Lonsdale (2005), Gay (2006), Pérez (2007), Torres <i>et al.</i> (2008), Borsy <i>et al.</i> (2011), Kohler (2011), Ramos <i>et al.</i> (2011).	26,7
	Plantación de manglares a lo largo de la costa para frenar las olas	Tocancipá <i>et al.</i> (2011).	3,3
	Selección y custodia de semillas de especies nativas	Donato (2007), Treulen (2008), Puenayán (2009), Ramos <i>et al.</i> (2011).	13,3
	Sistemas de riego	Gay <i>et al.</i> (2006), Magrin <i>et al.</i> (2007), Pérez (2007), Echeverri (2009), Kronik & Verner (2010), Nordgren (2011), De los Ríos & Almeida (2011), Retamal <i>et al.</i> (2011), Van Der Molen (2011).	42,9
	Reforestación de cuencas hidrográficas	Costa (2007), Treulen (2008), López & Cadena (2010), Borsy <i>et al.</i> (2011), Foster (2001), Kohler (2011), Retamal <i>et al.</i> (2011), Sierra (2011), Ulloa & Prieto (2012).	42,9
Planes maestros de riego	Cáceres (2001), Magrin <i>et al.</i> (2007), Goetter & Picht (2011).	14,3	
Atajado o lagunillas, y captación de aguas lluvias	Pérez <i>et al.</i> (2010), Goetter & Picht (2011), Correa <i>et al.</i> (2012), Ulloa & Prieto (2012).	19,1	
Recuperación de la medicina tradicional	Gay <i>et al.</i> (2007), Treulen (2008), Echeverri (2009), Puenayán (2009), Kronik & Verner (2010), De los Ríos & Almeida (2011), García <i>et al.</i> (2011), Nordgren (2011), Tupaz & Guzmán (2011), Sierra (2011), Correa <i>et al.</i> (2012).	44,0	
Trabajo y cooperación mutua	García <i>et al.</i> (2008), Echeverri (2009), Oltra <i>et al.</i> (2009), Puenayán (2009), Kronik & Verner (2010), Vignola (2010), De los Ríos & Almeida (2011), Novión & Estrada (2011), Pinilla <i>et al.</i> (2012).	36,0	
Capacidad pluriactiva	Echeverri (2009), Kronik & Verner (2010).	8,0	
Capacitación y trabajo con grupos interdisciplinarios	Cáceres (2001), Magaña (2004), Urbina & Martínez (2006), Conde & Saldaña (2007), Kronik & Verner (2010), Pérez <i>et al.</i> (2010), Soares & Gutierrez (2011), Mariño (2011), Fernández & Mancinas (2012), Tocancipá (2013).	40,0	

agropecuaria (57,6%), (ii) comunitaria (48,1%) e (iii) hídrica (40,4%); lo anterior, a partir de los documentos detectados durante la investigación bibliográfica. Finalmente, la presente investigación bibliográfica acerca de las metodologías, herramientas de trabajo, percepciones y estrategias de adaptación al cambio climático responde al objetivo de involucrar a las comunidades locales campesinas e indígenas en la toma de decisiones, a nivel regional y nacional. De esta manera, se pretende ampliar el conocimiento y evitar deficiencias con respecto al desarrollo de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, por parte de los organismos públicos y privados interesados en atender este fenómeno.

**Conflictos de intereses:** 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. **Financiación:** Este estudio fue financiado por los Grupos de Investigación para el Desarrollo Sostenible (INDESOS) e Ingeniería Ambiental (GIAUID) de la Universidad Distrital F.J.C. (Colombia).

## BIBLIOGRAFÍA

- BONATTI, M. 2007. Cambios climáticos, percepciones humanas y desarrollo rural. Ed. Universidad de Buenos Aires. (Argentina). 114p.
- BORSY, P.; GADEA, R.; VERA, E. 2011. Manejo forestal y agricultura de conservación. Experiencias de pequeños productores en la región oriental de Paraguay. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. (Paraguay). 232p.
- CÁCERES, L. 2001. Vulnerabilidad, adaptación y mitigación al cambio climático en el Ecuador. Compendio de medidas, estrategias y perfiles de proyectos de los sectores energético, forestal, agrícola, marino costero y recursos hídricos. Ed. Min. Ambiente de Ecuador. 112p.
- CAPEL, H. 1973. Percepción del medio y comportamiento geográfico. Rev. Geogr. (España). 7(1):58-150.
- CONDE, C.; SALDAÑA, S. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Amb. Desarrollo. (Chile). 23(2):23-30.
- CONDE, C.; LONSDALE, K. 2005. Engaging stake-holders in the adaptation process. En: Lim, B.; Spanger, E. (eds). Adaptation policy frameworks for climate change: Developing strategies, policies and measures. Ed. Cambridge University Press. (New York). p.47-66.
- CORREA, S.L., TURBAY, S., VÉLEZ, M. 2012. Conocimiento ecológico local sobre ecosistemas marinos en dos comunidades costeras: El Valle y Sapzurro. Gest. Amb. (Colombia). 15(2):17-32.
- COSTA, C. 2007. La adaptación al cambio climático en Colombia. Rev. Ing. (Colombia). 26(2):74-80.
- DE LOS RÍOS, J.C.; ALMEIDA, J. 2011. Percepciones y formas de adaptación a riesgos socioambientales: análisis en contextos locales en la región del páramo de Sonsón, Antioquia, Colombia. Cuadernos Des. Rural. (Colombia). 7(65):107-124.
- DONATO, L. 2007. Aportes de mujeres a los procesos de construcción de nuevas territorialidades indígenas. En: Donato, L.; Escobar, E.; Escobar, P.; Pazmiño, A.; Ulloa, A. (eds). Mujeres Indígenas, territorialidad y biodiversidad en el contexto latinoamericano. Ed. UNAL-Fundación Natura-UNODC. (Colombia). 303p.
- DOUNIANS, E. 2011. Escuchando a los insectos: acercamiento entomológico al cambio climático entre pueblos indígenas africanos en bosques húmedos tropicales. En: Ulloa, A. (ed). Perspectivas culturales del clima. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.223-246.
- ECHEVERRI, J.A. 2009. Pueblos indígenas y cambio climático: el caso de la Amazonía colombiana. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines. (Perú). 38(1):13-28.
- FERNÁNDEZ, R.; MANCINAS, R. 2012. Medios de comunicación y cambio climático. Ed. Fénix Editora. (España). 280p.
- FOSTER, P., 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. Earth-Sci. Rev. (Netherlands). 55(1-2):73-106.
- GARCÍA, C.; TENORIO, A.; MUÑOZ, F. 2011. Ciclos naturales, ciclos culturales: Percepción y conocimientos tradicionales de los Nasas frente al cambio climático en Toribio, Cauca, Colombia. En: Ulloa, A. (ed). Perspectivas culturales del clima. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.247-274.
- GARCÍA, L.; GARCÍA, M.; ANDRADE, F. 2008. La percepción social del cambio climático en la sierra de Huelva. Ed. U. de Huelva. (España). 1(20):227-236.

17. GAY, C.; CONDE, C.; VINOCÚR, M.; SEILER, R. 2007. Climatic treath spaces as a tool to assess current and future climate risks: Case studies in Mexico and Argentina. In: Leary, N.; Adejuwon, J.; Barros, V.; Burton, J. (eds). *Climate change and vulnerability*. Ed. Earthscan. (London). 432p.
18. GAY, C. 2006. Vulnerability and adaptation to climate variability and change: The case of farmers in Mexico and Argentina. Ed. The International START Secretariat (USA). 152p.
19. GAY, C.; ESTRADA, F.; CONDE, C.; EAKIN, H.; VILLERS, L. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*. (USA). 79(3-4):259-288.
20. GIFFORD, R.; STEG, L.; RESER, J. 2011. Environmental psychology. In: Martin, P.R.; Cheung, F.M.; Knowles, M.C.; Kyrios, K.; Littlefield, I.; Overmier, J.B.; Prieto, J.M. (eds). *The handbook of applied psychology*. Ed. Blackwell Publishing Ltd. (United Kingdom). 382p.
21. GOETTER, J.; PICHT, H.J. 2011. Adaptación al cambio climático: Cosecha de agua de lluvia con "Atajados" en Bolivia. Ed. Agencia de Cooperación Alemana-GTZ. (Bolivia). 5p.
22. HERNÁNDEZ, R. 1997. Metodología de la investigación. Ed. Mc Graw Hill. (México). 656p.
23. HEYD, T. 2010. Climate change, individual responsibilities and cultural frameworks. *Hum. Ecol. Rev.* (United States). 17(2):86-95.
24. HURTADO, J. 2000. Metodología de la investigación holística. Ed. SYPAL. (Venezuela). 666p.
25. KOHLER, A. 2011. Lecciones del "no-daño" en la tormenta tropical IDA. Impactos del proyecto RyGRAC en gestión del riesgo y en evaluación de "no-daño" en El Salvador. Ed. Kamar. (Salvador). 150p.
26. KRONIK, J.; VERNER, D. 2010a. Indigenous peoples and climate change in Latin America and the Caribbean. Ed. The World Bank (Washington DC). 208p.
27. KRONIK, J.; VERNER, D. 2010b. The role of indigenous knowledge in crafting adaptation and mitigation strategies for climate change in Latin America. In: Mearns, R.; Norton, A.(eds). *Social dimensions of climate change: equity and vulnerability in a warming world*. Ed. The World Bank (Washington DC). p.145-169.
28. LÓPEZ, C.; CADENA, J. 2010. Glaciares, nieves y hielos de América Latina. *Cambio climático y amenazas*. Ed. INGEOMINAS. (Colombia). 347p.
29. LOZANO, M. 2004. Evidencia de cambio climático: cambios en el paisaje. En: Martínez, J.; Fernández, A.; Osnaya, P. eds. *Cambio climático: una visión desde México*. Ed. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (México). p.65-76.
30. MAGAÑA, V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En: Martínez, J.; Fernández, A.; Osnaya, P. (eds). *Cambio climático: una visión desde México*. Ed. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (México). p.17-28.
31. MAGRIN, G.; GAY, C.; GARCÍA, D.; CRUZ, J.C.; JIMÉNEZ, A.R.; MORENO, G.J.; NAGY, C.; VILLAMIZAR, A. 2007. Latin America Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; Van Der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (eds). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ed. Cambridge University Press. (United Kingdom). p.581-615.
32. MARIÑO, N. 2011. Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.495-528.
33. MARTÍN, P. 2010. El trueque del cambio climático. Programa de Cambio Climático y Energía. Ed. PNUD. (Bogotá D.C.). 79p.
34. NORDGREN, M. 2011. Percepciones y síntomas de alteraciones en el clima de cuatro regiones de Bolivia y algunas oportunidades de resistencia al cambio climático. Ed. CIPCA. (Bolivia). 149p.
35. NOVIÓN, C.A.; ESTRADA, C. 2011. Percepción de los efectos vivenciales del cambio climático en una muestra de habitantes urbanos australes. *Magallania*. (Chile). 39(1):93-102.
36. O'CONNOR, R.; BORD, R.; FISHER, A. 1999. Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. *Risk Anal.* (USA). 19(3):461-471.

37. OLTRA, C.; SOLÀ, R.; SALA, R.; PRADES, A.; GAMERO, N. 2009. Cambio climático: percepciones y discursos públicos. *Rev. Cienc. Soc. (España)*. 2(1):1-23.
38. PABÓN, J.D. 2003. El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos Geog. (Colombia)*. 12(1-2):111-119.
39. PÉREZ, A.F. 2007. Mujeres indígenas de Guatemala y sus percepciones sobre el cambio climático. En: Ulloa, A.; Escobar, E. (eds). *Mujeres indígenas y cambio climático. Perspectivas latinoamericanas*. Ed. UNAL-Fundación Natura-UNODC. (Bogotá D.C.). p.61-66.
40. PÉREZ, C. NICKLIN, C. DANGLES, O. VANEK, S. HALLLOY, S. GARRETT, K. FORBES, G. 2010. Climate change in the high Andes: Implications and adaptation strategies for small-scale farmers. *Int. J. Environ. Cult. Econ. Soc. Sustain. (Australia)*. 6(5):71-88.
41. PINILLA, M.C.; RUEDA, A.; PINZÓN, C.; SÁNCHEZ, J. 2012. Percepciones sobre los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático entre campesinos del centro de Santander, Colombia. *Amb. Des. (Colombia)*. 16(31):25-37.
42. PNUD. 2007. Colombia rural, Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano. Ed. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (Colombia). 446p.
43. PUENAYÁN, Z. 2009. Percepción del cambio climático para los pastos del resguardo Panán, Nariño, Colombia. En: Pazmino, A.; Donato, L.M.; Escobar, E.; Escobar, P. (eds). *Mujeres indígenas, territorialidad y biodiversidad en el contexto latinoamericano*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.275-315.
44. RAMOS, C.; TENORIO, A.; MUÑOZ, F. 2011. Ciclos naturales, ciclos culturales: Percepción y conocimientos tradicionales de los Nasas frente al cambio climático en Toribio, Cauca, Colombia. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.247-274.
45. RETAMAL, R.; ROJAS, J.; PARRA, O. 2011. Percepción al cambio climático y a la gestión del agua: aportes de las estrategias metodológicas cualitativas para su comprensión. *Amb. Soc. (Brasil)*. 14(1):175-194.
46. SIERRA, E. 2011. Las lluvias, el arcoíris y el trueno: representaciones simbólicas del paisaje y el sentido de lugar de los pueblos Kággaba, u'wa y misak, Colombia. En: Rocha, M. (ed). *Antología de las literaturas indígenas de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta*. Ed. Ministerio de Cultura. (Colombia). 380p.
47. SOARES, D.; GUTIÉRREZ, I. 2011. Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. *Ciencia Ergo. Sum. (México)*. 18(3):249-263.
48. STERN, P. 2000. Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *J. Soc. Issues. (USA)*. 56(3):407-424.
49. TOCANCIPÁ, J.; ROSERO, J.; RESTREPO, F. 2011. Percepciones, representaciones religiosas y conocimiento local sobre el clima y sus cambios en el Pacífico Caucaño. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.395-426.
50. TOCANCIPÁ, J. 2013. Replanteando el desarrollo: modernidad indígena e imaginación moral de David D. Gow. *Antípoda. (Colombia)*. 16(1):239-248.
51. TORRES, J.; TENORIO, A.; GÓMEZ, A. 2008. Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático. Ed. Soluciones Prácticas-ITDG. (Perú). 126p.
52. TRELLEN, K. 2008. Análisis sobre el impacto de los cambios climáticos en la vida de las mujeres mapuche de la región de la Araucanía, Pueblo Mapuche. Chile. En: Ulloa, A.; Escobar, E.; Donato, L.; Escobar, P. (eds). *Mujeres indígenas y cambio climático. Perspectivas latinoamericanas*. Ed. UNAL-Fundación Natura-UNODC. 234p
53. TUPAZ, D.; GUZMÁN, N. 2011. Tiempo y clima en la visión andina del pueblo de los pastos, Colombia y Ecuador. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.315-328.
54. ULLOA, A. 2011. Construcciones culturales sobre clima. En: ULLOA, A. eds. *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). p.33-54.
55. ULLOA, A.; ESCOBAR, E.; DONATO, L.; ESCOBAR, P. 2008. Mujeres indígenas y cambio climático. *Perspectivas latinoamericanas*. Ed. UNAL-Fundación Natura-UNODC. (Bogotá D.C.). 234p.
56. ULLOA, A; PRIETO, A. 2012. Pobladores urbanos y el clima. *Flora Capital. (Colombia)*. 12(1):10-12.

57. URBINA, J.; MARTÍNEZ, J. 2006. Más allá del cambio climático. Dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. (México). 287p.
58. UZZELL, D. 2008. Challenging assumptions in the psychology of climate change. *Psych. Bull. Australian Psycholog. Soc.* 30(4):10-13.
59. VAN DER MOLEN, K. 2011. Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi, Ecuador. *Ecuador Debate.* (Ecuador). 82(1):145-158.
60. VIGNOLA, R. 2010. Estudio de la percepción y actitudes de la población costarricense sobre cambio climático. Ed. CATIE. (Costa Rica). 64p.
61. VIELLA, S. 1997. Vientos, lluvias, arcoíris: Simbolización de los elementos naturales en el ritual agrícola de la montaña Guerrero, México. En: Goloubinoff, M.; Katz, E.; Lammel, A. (eds). *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano.* Ed. Abya-Yala. (Ecuador). p.225-236.
62. YANA, O. 2008. Diferencias de género en las percepciones sobre indicadores climáticos y el impacto de riesgos climáticos en el altiplano boliviano: estudio de caso en los municipios de Umala y Ancoraimes, departamento de La Paz. En: Ulloa, A.; Escobar, E.; Donato, L.; Escobar, P. (eds). *Mujeres indígenas y cambio climático.* Ed. U.N.I de Colombia. (Bogotá D.C.). p.43-55.

Recibido: Agosto 15 de 2013  
Aceptado: Marzo 10 de 2014

#### Como citar:

Forero, E.L.; Hernández, Y.T.; Zafra, C.A. 2014. Percepción latinoamericana de cambio climático: metodologías, herramientas y estrategias de adaptación en comunidades locales. Una revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 73-85.



# PIGMENT CONTENT IN STRAWBERRY LEAVES (*Fragaria* sp.) EXPOSED TO DIFFERENT LIGHT QUALITY

## CONTENIDO DE PIGMENTOS EN HOJAS DE FRESA (*Fragaria* sp) EXPUESTAS A DIFERENTE CALIDAD DE LUZ

Fánor Casierra-Posada<sup>1</sup>, Jaime E. Peña-Olmos<sup>2</sup>, Esteban Zapata-Casierra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agronomist, Ph.D. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Faculty of Agricultural Sciences. Plant Ecophysiology Research Group. Avenida Central del Norte, Tunja, Colombia. Corresponding author: fanor.casierra@uptc.edu.co; <sup>2</sup>Agronomist M.Sc. Secretaría de Educación de Bogotá. Plant Ecophysiology Research Group. E-mail: jaime.pena@uptc.edu.co; <sup>3</sup>Student of Industrial Engineering. Universidad Tecnológica de Pereira - Risaralda, Colombia. E-mail: casierra1730@hotmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 87-94, Enero-Junio, 2014

### SUMMARY

Light is a very important environmental factor which affects plant growth and development in various important ways. Not only quantity, but also quality is very essential in determining the plant growth. The influence of light quality on chlorophyll and carotenoid content of strawberry leaves was examined. Plants were grown in a greenhouse under differing light qualities provided by polypropylene filter film (control without colored cover, yellow, green, blue, transparent, and red). The treatments were laid out in a randomized design, each treatment was replicated ten times. The filter films were set 1m above the crop canopy at the moment of transplanting and left until the end of the experiment. Eight months after transplanting both chlorophyll and carotenoid content in leaves were determined in alcoholic dilution using a spectrophotometer. The effect of different light qualities influenced chlorophyll content in leaves. The chlorophyll *a* content was highest in leaves under green and red light followed by blue, transparent and yellow light; the lowest chlorophyll *a* content was found in control plants. There were no differences in chlorophyll *b* content. The carotene / chlorophyll ratio was highest in leaves developed without cover, and lowest in leaves under green and red light. Results indicate that the use of colored covers for provision of selective light quality may be a used for increasing strawberry production.

Key words: chlorophyll, carotene, light quality, color.

### RESUMEN

La luz es un factor medioambiental trascendental que afecta el crecimiento y el desarrollo vegetal en varios aspectos importantes. No sólo la cantidad de luz, sino la calidad de la

luz. Se examinó la influencia de la calidad de la luz sobre el contenido de clorofilas y de carotenos en hojas de fresa. Las plantas se cultivaron en invernadero bajo distintas calidades de luz proporcionadas por películas de polipropileno (control sin cobertura de color, amarillo, verde, azul transparente y rojo). Los tratamientos se dispusieron en un diseño aleatorizado con diez repeticiones. Las películas del filtro se colocaron 1m por encima del cultivo, desde el momento del trasplante hasta el final del experimento. Ocho meses después del trasplante, el contenido de clorofila y de carotenos en las hojas se determinó por espectrofotometría en dilución alcohólica. Las diferentes calidades de luz influyeron sobre el contenido de clorofila. La concentración de clorofila *a* fue mayor en hojas desarrolladas bajo luz de color verde y rojo, seguida por la luz azul, transparente y amarilla. El más bajo contenido de clorofila *a* se encontró en las plantas control. No hubo diferencias en el contenido de clorofila *b*. La relación carotenos / clorofila fue mayor en hojas desarrolladas sin cobertura, y más baja en hojas bajo la luz verde y rojo. El uso de coberturas de colores para proporcionar una calidad de luz selectiva, podría ser una herramienta útil para aumentar la producción en fresa.

Palabras clave: clorofila, carotenos, calidad de la luz, color.

### INTRODUCTION

Strawberry is an important crop in the cool highland regions of Colombia, being Cundinamarca, Antioquia and Norte de Santander the major producing departments. Both planted area and total production have increased greatly in Colombia in the past 20 years, reaching nationwide levels of 1135ha and 45023t by 2011 (Agronet, 2012).

Precision agriculture is a system-wide approach that seeks to optimize productive processes by using resources efficiently across agroecosystem variations in space and time. This optimization is agronomic, with the adjustment of cropping practices to plant needs; environmental, with the reduction of impacts related to agricultural activity; and economic, with the maximization of competitiveness through more efficient practices (Zhang *et al.* 2002; Leiva, 2008).

Along these lines, input use must be optimized in strawberry production systems in order to increase profit margins and assure higher competitiveness. Light quality is one of the production system factors than can be adjusted to better take advantage of inputs such as water or fertilizer.

Solar radiation is the energy source for photosynthesis by which plants produce the raw material for their growth and development. Part of this plant matter is harvested, either as fruit, leaves, stems or roots (Hernández *et al.* 2001). The quality of solar radiation, meaning the color of light received by plants may be an important element in the quest to increase production without increasing input use. As a point of reference, in the central Colombian high plains, small farmers growing strawberry with a 20-month cropping cycle spend 6.3% of total production costs on fertilizers and other soil amendments, while in Antioquia, this agricultural inputs reach 7.7% (Agronet, 2009).

Since, if photosynthetic efficiency was improved by exposing plants to light wavelengths that better plant behavior and favor fruit production, it would be possible to obtain higher yields with the same amount of inputs (Hernández *et al.* 2001; Patil *et al.* 2001; Casierra-Posada & Rojas, 2009), or it might even be possible to decrease levels of inputs applied during the productive cycle.

Light quality has a determining effect on plant morphogenesis and pigments, and its effects have been used to commercial ends in horticultural plantations (Rajapakse & Shahak, 2007). In the same way in radish, soybean, and wheat, light quantity and quality interact to determine plant morphology (Cope & Bugbee, 2013), which is related to the growth and development of the plant, and these in turn with its production. In other studies with *Fragaria* sp., exposure to red light inhibited chlorophyll degradation in adult leaves (Nishiziwa *et al.* 1997). In plants of *Triticum aestivum*, formation of green pigments in plants was inhibited by red light, but this was reversed when plants were exposed to blue light or a mixture of blue and red light. Thus exposure to blue and red light caused plants to accumulate normal levels of carotenoids and chlorophyll pigments, as compared with plants exposed only to red or far-red light (Gupta & Tripathy, 2010). In onion plants exposure to red light increased chlorophyll content in

comparison with plants exposed to blue light and controls without colored light filters (Alam *et al.* 2007).

To determine whether light color affects the structure of photosynthetic antennae, Gussakovsky *et al.* (2007) exposed *Pisum sativum* plants to blue, red, or white light. Light color affected LHCII (Light Harvesting Complex II), and the authors have posited the existence of a long-term "memory" which affects LHCII sensitivity to current light color. Light quality strikes plant photosynthesis, since it alters photosynthetic apparatus activity and affects the Calvin-Benson cycle enzymes (Wang *et al.* 2009).

The existence of a sensitive color memory was also verified in a trial with *Brassica oleracea* var. Italica seeds that germinated under yellow, blue, orange, and transparent covers and were compared to plants grown in the open. During the nursery stage, seedlings grown under the red cover showed higher dry matter production as compared with other filter colors and the control treatment. Plants grown under blue cover revealed the lowest dry matter accumulation. The same trend was maintained even after plants were transplanted into open field conditions without colored covers (Casierra-Posada & Rojas, 2009).

Farmers must be presented with cropping alternatives that improve yield. The use of colored covers for provision of selective light quality may be a useful tool in increasing strawberry production. Therefore the objective of the present study was the evaluation of the effect of different color covers on the content of photosynthetic pigments in greenhouse-grown strawberry plants.

## MATERIALS AND METHODS

The research was carried out in a glass greenhouse in Tunja, Colombia, located at 5° 33' 10.86" N latitude and 73° 21' 24.21" W longitude at an elevation of 2702masl. Ten plants per treatment were exposed to solar radiation filtered through 15 $\mu$ m polypropylene films (suspended 1m above plants) of different colors: red, yellow, blue, green, and transparent. Control plants grew in the greenhouse with no plastic film. Photosynthetic active radiation was determined with a lux meter 0500 (Testoterm Messtechnik, Lenzkirch, Germany); light reduction (opacity) under the plastic covers is displayed in table 1.

Strawberry plantlets (*Fragaria* sp. cv. Chandler) were used as planting material. These were kept at a temperature of 4°C  $\pm$  1°C for three weeks in order to break dormancy and thus achieve uniform sprouting, after which they were placed in 2L capacity jars containing a nutrient solution with the following composition in mg L<sup>-1</sup>: nitrate nitrogen 40.3; ammonium nitrogen 4.0; phosphorus 20.4; potassium 50.6; calcium

Table 1. Photosynthetically active radiation and opaqueness registered under different covers of polypropylene film

Film color	Photosynthetically active radiation (PAR)	Opaqueness (light reduction)
	( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	(%)
Yellow	152.34	49.25
Blue	99.41	66.89
Red	87.03	71.01
Green	78.95	73.70
Transparent	210.67	29.83
Control*	300.24	0.00

\* without colored film

28.8; magnesium 11.4; sulfur 1.0; iron 1.12; manganese 0.112; copper 0.012; zinc 0.02264; boron 0.106; molybdenum 0.0012; cobalt 0.00036.

Eight months after planting, entire plants were removed from the solution and the content of carotenoids and chlorophyll in leaves was determined by grinding leaves and extracting the pigments in a 70% ethanol solution. After filtering the solution, absorbance of the samples was analyzed in a Milton Roy Spectronic 401 spectrophotometer (Warminster, PA, USA), with wavelengths of 663, 646, and 470nm, according to the protocol reported by Steibung & Fangmeier (1992).

The trial was organized in a completely randomized design, with the filter color as treatment variable. Each treatment consisted in ten plants, with each plant taken as an experi-

mental unit. Results were subjected to a classical ANOVA test ( $p < 0.05$ ) and Tukey's range test using the PASW program (Predictive Analytics Software), version 18.0.0 (30-07-2009; IBM Corporation, Somers, USA).

## RESULTS AND DISCUSSION

Levels of chlorophyll *a* showed highly significant differences in relation to film color. Maximum values for this pigment were obtained with green and red plastic film, giving values of 86.45 and 72.91% more chlorophyll *a*, respectively, than controls grown without colored film. On the other hand, the lowest values were found in plants grown under yellow, blue, and transparent films, though chlorophyll *a* in these plants was higher (by 14.91, 38.71, and 37.81%, respectively) than that in controls (Figure 1).

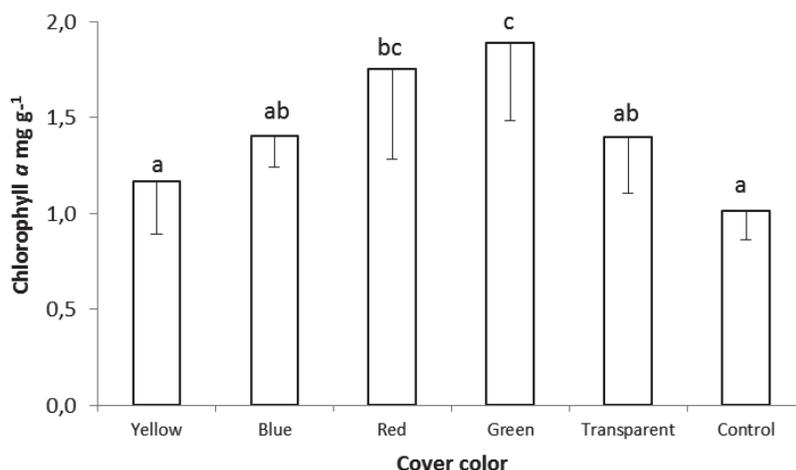


Figure 1. Chlorophyll *a* content in leaf tissue of strawberry plants grown under different plastic color film.

In contrast to the present study, Alam *et al.* (2007) found that light quality had no significant effect on chlorophyll *a* content in onion plants (*Allium cepa*), but did affect chlorophyll *b*. For their part, Islam *et al.* (2000) reported results similar to the present study in *Cattleya* orchids. The authors detected that both red and blue light increased chlorophyll *a* content as compared to plants grown without colored film.

It is important to mention that the light wavelengths that affect photosynthesis are those that activate chlorophyll, while other wavelengths stimulate auxiliary pigments. Yellow-colored cryptochrome pigments help plants to track biological rhythms and respond to different wavelengths (Glime, 2007). Thus light quality can induce morphogenetic responses by exciting specific pigments. In addition to the well-documented effect of light quality in plants (Alam *et al.* 2007; Islam *et al.* 2000), in the conditions of the present study, the nature

of the colored plastic films not only changed light quality but also gave different levels of shading, as shown in table 1. Hence shading apparently also played a role in plant responses to the different-colored films.

No significant differences between treatments were found in chlorophyll *b* content. The significant differences found in total chlorophyll content obeyed the same proportions as chlorophyll *a* content, with red and green films presenting the highest values. Other colors and the control treatment showed lower values, following the same trend as for chlorophyll *a* (Figure 2). Plants exposed to red and green light contained 45.87 and 56.66% more chlorophyll than control plants grown with no plastic film, while plants grown under yellow, blue and transparent films were found to have 8.92, 21.54, and 31.44% more chlorophyll than the control.

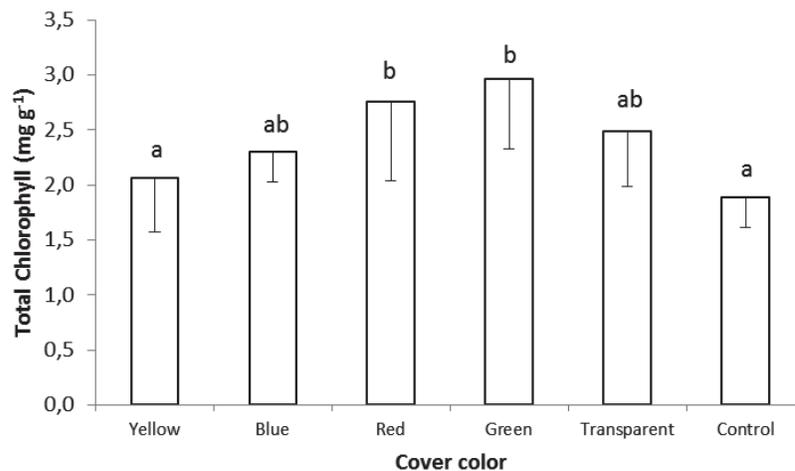


Figure 2. Total chlorophyll content in leaf tissue of strawberry plants grown under different plastic color film.

Miranda & Williams (2007) found that in strawberry plants exposed to blue light, the total dry weight and total chlorophyll content increased, attributed to a high reaction rate of nonphotosynthetic photochemical processes under blue light. Wilson *et al.* (1998) discovered that in broccoli plants grown in vitro, red light increased dry weight and chlorophyll content of plantlets, while blue light reduced chlorophyll and led to elongated stems, but Jao *et al.* (2005) found higher chlorophyll content in *Zantedeschia* plantlets exposed to red + blue light, showing that blue light may be involved in chlorophyll development control.

The ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* was 51.19 and 52.40%, higher, respectively, in plants growing under red and green films than in control plants. Under yellow, blue, and transparent films, the value of this ratio was 12.95, 36.27,

and 10.90% higher, respectively, than in control plants grown with no colored plastic (Figure 3).

In shaded conditions, plants undergo modifications that help to overcome light limitation, such as higher chlorophyll content in reaction centers, and a high ratio of chlorophyll *b* to chlorophyll *a* (Glime, 2007; Mc Donald, 2003). In addition, McDonald (2003) and Schopfer & Brennicke (2006) mention that phytochrome may act as an indicator of the degree of shading in the leaves. With increased shading, both the red/far-red ratio is reduced, as well as the  $P_{fr} / P_{total}$  ratio. Given that light is enriched with far-red wavelengths in the shade, this tends to excite photosystem I (PSI) preferentially over PSII, and plants attend to invest resources in PSII (rich in chlorophyll *b*) as opposed to an equal increment in PSI and PSII. A higher total chlorophyll content was seen in the pres-

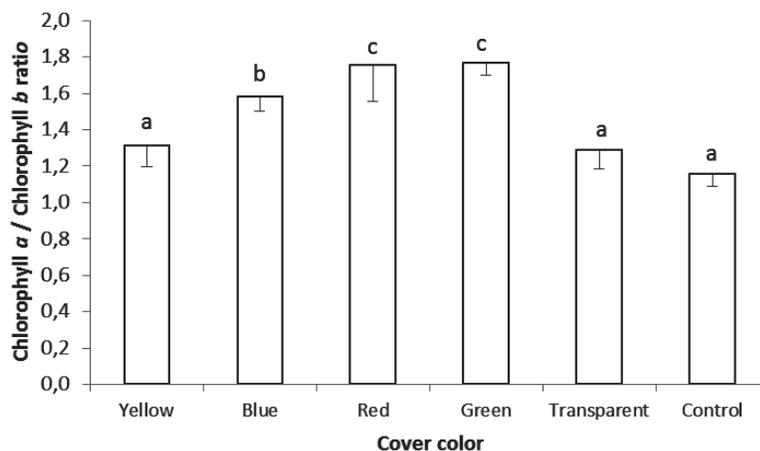


Figure 3. Ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* in leaf tissue of strawberry plants grown under different plastic color film.

ent study as a result of increases in chlorophyll *a*, but unlike results mentioned by Glime (2007) and McDonald (2003), the relationship between chlorophylls *a* and *b* and the content of chlorophyll *b* showed a tendency contrary to the normal effect caused by plant shading.

Casierra-Posada & Rojas (2009) used plastic films of different colors and with differing degrees of opacity to filter light for broccoli seedlings and detected morphogenetic differences among plantlets. This was attributed more to light quality than to opaqueness, since normally when shading increases so does leaf area, as reported by Francescangeli *et al.* (2007), but for Casierra-Posada & Rojas (2009), leaf area decreased with the increased shading induced by colored films. Thus, without totally discounting the possibility that shading had a collateral effect on pigment content, it can be assumed that, at least in the present study light quality is responsible for pigment levels in strawberry plants.

Many authors report that the ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* is higher in leaves of plants grown under full sun than in shade-grown plants (Johnson *et al.* 1982; Chartzoulakis *et al.* 1995; Lei & Lechowicz, 1998; Souza & Válio, 2003). This differs from the results obtained in the present study in that the treatments producing the highest values for this ratio were those which, suffered more opacity due to the polypropylene film. This suggests that in the present study, the response of strawberry plants in terms of the relationship between the two chlorophyll types was due to the morphogenetic adaptation brought about by light quality.

For the ratio carotenoids to total chlorophyll, highly significant differences were found among treatments, with the lowest values encountered in plants exposed to red and green lights, which gave ratios 41.00 and 44.84% below the value for control plants grown with no plastic cover. The ratios of carotenoids to total chlorophyll found in plants growing under yellow, blue, and transparent films were 12.77, 30.01, and 14.93% lower than in control plants (Figure 4).

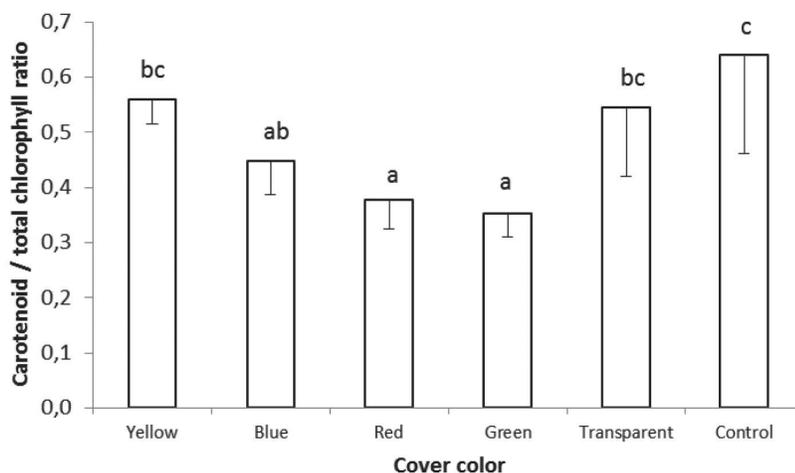


Figure 4. Ratio of carotenoids to total chlorophyll in leaf tissue of strawberry plants grown under different plastic color film.

In the blue-green alga *Spirulina platensis*, light intensity and quality have been found to affect carotenoid content. In this species the highest carotenoid concentration was found when algae were exposed to white light with a photosynthetic photon flux of  $432\mu\text{E m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ . Beta-carotene and echinone were the most abundant carotenoids under white light of high and low intensity; a algae exposure to red and blue light reduced myxoxanthophyll content (Olaizola & Duerr, 1990).

Sánchez Saavedra & Voltolina (2002) reported that relative growth efficiency of the diatoms *Chaetoceros* sp., *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira pseudonana* were significantly higher at  $210\mu\text{E m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ , under a mixture of blue and green light for *Chaetoceros* sp. and *S. costatum* and under white light for *T. pseudonana*. The chlorophyll content of the three species exposed only to blue-green light or blue-green light mixed with white light were significantly higher than with white light; in all cases, chlorophyll was lower under higher photon flux rates, while carotenoids showed the inverse tendency. In the present study, no statistically significant difference was found in carotenoid content in leaves, for which the difference presented in figure 4 corresponds to the variations in total chlorophyll content and not to a difference in carotenoid concentration.

Wallen & Geen (1971), Rikvin (1989) and Senger (1987) described faster growth and higher protein and chlorophyll content in marine algae exposed to blue light as compared to those grown under white light. Nevertheless, other authors suggest that light intensity is more important than spectral composition and that after acclimation, plant responses depend on light quantity and not on quality (Gostan *et al.* 1986; Morel *et al.* 1987; Humbeck *et al.* 1988).

The blue and far-red portions of white light are known for their important function in genetic expression of plants and in morphogenesis (Senger & Ruhl, 1980; Reymond *et al.* 1992; Kaufman, 1993; Short *et al.* 1994; Gupta & Tripathy, 2010). In their time Borthwick *et al.* (1952) mentioned the fact that far-red wavelengths offer plants important information about their environment, despite this color range's relative inefficiency for photosynthesis. Generally the pigments that sense far-red light and the ratio of red to far-red drive aspects of molecular, biochemical, and morphological processes (Quail, 2002; Devlin *et al.* 2003; Chen *et al.* 2004; Casal & Yanovsky, 2005). This is a demonstration of how light quality, despite often being unimportant for plant metabolism, can influence plant form, composition, and adaptive strategy to optimize light capture when light quality or quantity is unfavorable.

**Conflict of interests:** The manuscript was prepared and reviewed with the participation of the authors, who declare that

there exists no conflict of interest that puts in risk the validity of the results presented. **Funding:** This study was supported by the Directorate of Research of the Pedagogical and Technological University of Colombia (UPTC) and the Administrative Department of Science, Technology, and Innovation of Colciencias, through the Young Researcher program. It followed the working priorities of the Plant Ecophysiology research group, part of the Agricultural Engineering program of the Faculty of Crop and Animal Sciences.

## BIBLIOGRAPHY

1. AGRONET. 2009. Costos de producción por hectárea. SIPSA. Available in Internet: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/Costos2009trim1/Agricolas/Cundiboyacense/EC%20Fresa-mediano.pdf> and in: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/Costos2009trim1/Agricolas/Antioquia/EC%20Fresa-peque%C3%B1o.pdf> (accessed 01/12/2011).
2. AGRONET. 2012. Producción nacional por producto: Fresa. Report. Available in Internet: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticos/ReportesEstad%C3%ADsticos.aspx> (accessed 29/08/2011).
3. ALAM, M.N.; ISLAM, M.S.; ALI, M.K.; BARKOTULLA, M.A.B.; KHANDAKER, S.M.A.T. 2007. Effect of light qualities on dry matter production, crop growth performance and chlorophyll content in onion plant. *Res. J. Agr. Biol. Sci.* 3(6):871-875.
4. BORTHWICK, H.A., HENDRICKS, S.B.; PARKER, M.W.; TOOLE, E.H.; TOOLE, V.K. 1952. A reversible photoreaction controlling seed germination. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 38:662-666.
5. CASAL, J.J.; YANOVSKY, M.J. 2005. Regulation of gene expression by light. *Int. J. Developm. Biol.* 49:501-511.
6. CASIERRA-POSADA, F.; ROJAS, J.F. 2009. Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Agr. Col.* 27(1):49-55.
7. CHARTZOULAKIS, K.; THERIOS, I.; NOITSAKIS, B. 1995. Effects of shading on gas exchange specific leaf weight and chlorophyll content in four kiwifruit cultivars under field conditions. *J. Hort. Sci. Ashford Kent.* 68(4):605-611.

8. CHEN, M.; CHORY, J.; FANKHAUSER, C. 2004. Light signal transduction in higher plants. *Ann. Rev. Genetics*. 38:87-117.
9. COPE, K.R.; BUGBEE, B. 2013. Spectral effects of three types of white light-emitting diodes on plant growth and development: absolute versus relative amounts of blue light. *HortScience*. 48(4):504-509
10. DEVLIN, P.F.; YANOVSKY, M.J.; KAY, S.A. 2003. A genomic analysis of the shade avoidance response in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*. 133:1617-1629.
11. FRANCESCANGELI, N.; SANGIACOMO, M.A.; MARTÍ, H.R. 2007. Vegetative and reproductive plasticity of broccoli at three levels of incident photosynthetically active radiation. *Span. J. Agric. Res*. 5(3):389-401.
12. GLIME, J.M. 2007. Bryophyte Ecology. Physiological Ecology. Volume 1, Chapter 9: light. E-book sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Available in Internet: <http://www.bryoecol.mtu.edu/> (accessed 01/12/2010).
13. GUPTA, V.; TRIPATHY, B.C. 2010. Effect of light quality on chlorophyll accumulation and protein expression in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Int. J. Biotechn. Biochem*. 6(4):521-536.
14. GUSSAKOVSKY, E.E.; SHAHAK, Y.; SCHROEDER, D.F. 2007. Color of illumination during growth affects LHCII chiral macroaggregates in pea plant leaves. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology*. 86:121-130.
15. GOSTAN, J.; LECHUGA-DEVEZE, C.; LAZZARRA, L. 1986. Does blue light affect the growth of *Chaetoceros protuberans* (Bacillariophyceae)? *J. Phycol.* 22:63-71.
16. HERNÁNDEZ, J.; ESCOBAR, I.; CASTILLA, N. 2001. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. *Horticultura Global: Rev. Industria, Distribución y Socioeconomía Hortícola*. 157:18-27.
17. HUMBECK, K.; HOFFMAN, B.; SENGER, H. 1988. Influence of energy flux and quality of light on the molecular organization of the phytoplankton apparatus in *Scenedesmus*. *Planta (Berl.)*. 173:205-212.
18. ISLAM, M.O.; MATSUI, S.; ICHIHASHI, S. 2000. Effect of light quality on carotenoid contents of *in vitro* growing seedling of *Cattleya*. *J. Orchid Soc. India*. 14(1-2):7-17.
19. JAO, R-C.; LAI, C-C.; FANG, W.; CHANG S-F. 2005. Effects of red light on the growth of *Zantedeschia* plantlets *in vitro* and tuber formation using light-emitting diodes. *HortScience* 40(2): 436-438.
20. JOHNSON, C.R.; NELL, T.A.; ROSENBAUM, S.E. 1982. Influence of light intensity and drought stress on *Ficus benjamina* L. *J. Am. Soc. Hort. Sci. Mount Vernon*. 107(2):252-255.
21. KAUFMAN, L.S. 1993. Transduction of blue-light signals. *Plant Physiol*. 102:333-337.
22. LEI, T.T.; LECHOWICZ, M.J. 1998. Diverse responses of maple saplings to forest light regimes. *Ann. Bot.* 82(1):9-19.
23. LEIVA, F. 2008. Agricultura de precisión en cultivos transitorios. Universidad Nacional de Colombia. 108p.
24. McDONALD, M.S. 2003. Photobiology of higher plants. John Wiley and Sons Ltd. p.113-147.
25. MIRANDA, J.H.; WILLIAMS, R. 2007. Developmental influence of *in vitro* light quality and carbon dioxide on photochemical efficiency of PS II of strawberry leaves (*Fragaria x ananassa*). *J. Appl. Hort.* 9(1):13-16.
26. MOREL, A.; LAZZARRA, L.; GOSTAN, G. 1987. Growth rate and quantum yield time response for a diatom to changing irradiances (energy and color). *Limnol. Oceanogr.* 32:1066-1084.
27. NISHIZAWA, T.; SHISHIDO, Y.; KUMAKURA, H.; HAMAMOTO, H.; KUDO, M. 1997. Petiole length, chlorophyll and carbohydrate levels, and photosynthetic rates of june-bearing strawberry plants as influenced by red-light irradiation during storage under cool conditions. *Sci. Hort.* 72:25-33.
28. OLAIZOLA, M.; DUERR, E.O. 1990. Effects of light intensity and quality on the growth rate and photosynthetic pigment content of *Spirulina platensis*. *J. Appl. Phys.* 2(2):97-104.
29. PATIL, G.G.; OI, R.; GISSINGER, A.; MOE, R. 2001. Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature. *Gartenbauwissenschaft*. 66(2):53-60.
30. QUAIL, P.H. 2002. Phytochrome photosensory signalling networks. *Nature Rev. Mol. Cell Biol.* 3:85-93.

31. RAJAPAKSE, N.C.; SHAHAK, Y. 2007. Light-quality manipulation by horticulture industry. En: Whitelam, G.C.; Halliday, K.J. (eds). Light and plant development. Blackwell Publ. Oxford, UK. p.290-312.
32. REYMOND, P.; SHORT, T.W.; BRIGGS, W.R.; POFF, K.L. 1992. Light-induced phosphorylation of a membrane protein plays an early role in signal transduction for phototropism in *Arabidopsis thaliana*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 89:4718-4721.
33. RIKVIN, R.B. 1989. Influence of irradiance and spectral quality on the carbon metabolism of phytoplankton. I. Photosynthesis, chemical composition and growth. Mar. Ecol. Proc. Ser. 55:291-294.
34. SÁNCHEZ-SAAVEDRA, M.P.; VOLTOLINA, D. 2002. Effect of photon fluence rates of white and blue-green light on growth efficiency and pigment content of three diatom species in batch cultures. Cienc. Mar. 28(3):273-279.
35. SCHOPFER, P.; BRENNICKE, A. 2006. Das Blatt als photosynthetisches System. In: Schopfer, P.; Brennicke, A. (eds). Pflanzenphysiologie Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg. p. 255-278.
36. SENGER, H.; RÜHL, D. 1980. The influence of pentachlorophenol on the biosynthesis of 5-aminolevulinic acid and chlorophyll. Int J. Biochem. 12:1045-1048.
37. SENGER, H. 1987. Blue light responses: phenomena and occurrence in plants and microorganisms. CREC Press Inc. Boca Raton. Vol. I. p.160; Vol II. p.169.
38. SHORT, T.W.; PORST, M.; PALMER, J.; FERNBACH, E.; BRIGGS, W.R. 1994. Blue Light Induces Phosphorylation at Seryl Residues on a Pea (*Pisum sativum* L.) Plasma Membrane Protein. Plant Physiol. 104:1317-1324.
39. SOUZA, R.P.; VÁLIO, I.F.M. 2003. Leaf optical properties as affected by shade in saplings of six tropical tree species differing in successional status. Braz. J. Physiol. 15(1):49-54.
40. STEIBUNG, L.; FANGMEIER, A. 1992. Pflanzenökologisches Praktikum. UTB für Wissenschaft. Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart. p.180-182.
41. WALLEN, D.G.; GEEN, G.H. 1971. Light quality in relation to growth, photosynthetic rates and carbon metabolism in two species of marine plankton algae. Mar. Biol. 10:34-43.
42. WANG, H.; GU, M.; CUI, J.; SHI, K.; ZHOU, Y.; YU, J. 2009. Effects of light quality on CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*. J. Photochem. Photobiol. B. 96:30-37.
43. WILSON, S.B.; IWABUCHI, K.; RAJAPAKSE, N.; YOUNG, R.E. 1998. Responses of broccoli seedlings to light quality during low-temperature storage *in vitro*: I. Morphology and survival. Hort. Sci. 33(7):1253-1257.
44. ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. 2002. Precision agriculture: a worldwide overview. Comp. Electron. Agriculture. 36:113-132.

Received: 27 May 2013

Accepted: 14 January 2014

#### Como citar:

Casierra-Posada, F.; Peña-Olmos, J.E.; Zapata-Casierra, E. 2014. pigment content in strawberry leaves (*Fragaria* sp.) exposed to different light quality. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 87-94.

# RECONOCIMIENTO Y OBSERVACIONES BIONÓMICAS DE *Sipha flava* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) ATACANDO EL PASTO KIKUYO EN DOS ZONAS DE COLOMBIA

## SURVEY AND BIONOMIC OBSERVATIONS OF *Sipha flava* DAMAGING KIKUYO GRASS IN TWO COLOMBIAN SITES

Francisco J. Posada-Flórez<sup>1</sup>, Lorena Téllez-Farfán<sup>2</sup>, Ronald Simbaqueba<sup>3</sup>, Francisco Serna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ing. Agrónomo. Entomólogo PhD., Investigador Científico Independiente, e-mail: fjavierposada@hotmail.com; <sup>2</sup>Estudiante de pregrado de la Facultad de Ciencias Ambientales, Joven investigadora, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Calle 222 No.55-30, Bogotá, D.C. Colombia, e-mail: tlezllorena@gmail.com; <sup>3</sup>Estudiante de postgrado Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, carrera 30 # 45-03, Bogotá D.C., e-mail: rons18@gmail.com; <sup>4</sup>Ing. Agrónomo. M.Sc. Entomología, PhD. Profesor, Museo Entomológico UNAB, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, carrera 30 #45-03 Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: fjsernac@unal.edu.co.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 95-104, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El áfido *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae), se encontró en pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*, en el norte de la Sabana de Bogotá y en el área urbana de Manizales. Se evaluó el daño ocasionado por su alimentación y las características de las colonias. El amarillamiento de la hoja presentó un valor máximo de 31,3 %/m<sup>2</sup>. Las colonias de *S. flava* prefirieron el haz de la hoja y se ubicaron, mayormente, sobre la parte distal, donde se encontraron los síntomas. El máximo número de colonias por hoja fue de 17, las cuales, estaban constituidas por pocos individuos de adultos ápteros y ninfas. Los adultos alados no se observaron sobre el follaje, pero se encontraron en trampas amarillas, ubicadas en zonas cercanas a los sitios de muestreo. Las poblaciones de *S. flava*, se encontraron en sitios con plena radiación solar y en hábitats donde el pasto crecía espontáneamente: bordes de cercas, vías, prados de jardines o canchas deportivas. No se encontró *S. flava* ni síntomas del daño en otras plantas asociadas al kikuyo. La infestación por *S. flava* puede afectar la calidad forrajera, por lo que el manejo de este insecto debe enfocarse en las prácticas culturales, empleo de los enemigos naturales en programas de control biológico y en buscar fuentes de resistencia varietal.

Palabras clave: Áfido, enemigos naturales, pasto, plantas hospedantes, síntoma de daño, relación planta-insecto.

### SUMMARY

The aphid *Sipha flava* was found on kikuyu grass, *Pennisetum clandestinum*, in the Northern Sabana of Bogota and Manizales urban area. We evaluated the damage caused due to the aphid's feeding habits and colonies characteristics. Symptoms of yellow leaves reached the maximum value of 31.3%/m<sup>2</sup>. Colonies of *S. flava* preferred the upper leaf feeding and were located in greater numbers on the distal part, where the symptoms were found. The maximum number of colonies found per leaf was 17 and they were composed by few individuals of apterous adults and nymphs. Alate adults were not found in the field but were found in yellow pan traps, located nearby to the field sample area. *S. flava* populations were found on kikuyu grass grown under full sun exposure and in habitats where this grass grows spontaneously, such as prairies, edges of roads, orchards, gardens, and sport fields. Neither *S. flava* nor the symptoms of its damage were present on other plants associated with kikuyu grass. The infestation by *S. flava* can affect the quality of forage and the management of this insect should focus on cultural practices, the use of natural enemies in biological control programs, and by searching for varietal resistance sources.

Key words: Aphid, natural enemies, grass, host plants, damage symptom, cattle, insect-plant relationship.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, se han registrado 13 especies de áfidos atacando gramíneas o Poáceas (Tabla 1) (Posada, 1989). Dentro de las especies de común ocurrencia en estas plantas, cabe destacar algunas, como *Sipha flava* Forbes (Hemiptera: Aphididae) y *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae), que transmiten virus en gramíneas de granos, caña de azúcar y forrajes (Victoria *et al.* 1999; Comstock &

Gilbert, 2009; Akbar *et al.* 2010). Algunas de estas especies de áfidos presentan distribución mundial, como *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer, mientras que otras, como *S. flava*, vienen ampliando su rango de distribución y actuando como especies invasoras. Algunas presentan potencial de transmitir y de dispersar virus, lo que obliga a tomar medidas sanitarias y desarrollar programas de búsqueda de variedades resistentes, para reducir su impacto sobre la producción agrícola (Fukumoto & Mau, 1989).

Tabla 1. Lista de áfidos que atacan gramíneas en Colombia (Posada, 1989).

Nombre científico	Nombre común	Hospedante	Hábito
<i>Acyrtosiphon dirhodum</i> (Walker)	Pulgón de los cereales	Avena, Maíz, Trigo, Cebada	Chupador follaje, espigas
<i>Aphis gossypii</i> Glover	Pulgón del algodón	Maíz, Pasto kikuyo, pasto Brasileiro	Chupador follaje,
<i>Asiphoniella dactylonii</i> Theobald		Pasto	Chupador follaje
<i>Macrosiphum avenae</i> (F.)	Pulgón de la avena	Avena, Pasto, Trigo, Cebada pasto Brasileiro	Chupador follaje, espigas,
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)	Pulgón de la yuca	Pasto, Pasto brasileiro	Chupador follaje,
<i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner)	Pulgón de la caña	Caña de Azúcar	Chupador follaje
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Pulgón verde de la papa	Avena Trigo, Cebada	Chupador follaje, espigas
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch)	Pulgón del maíz	Caña de Azúcar, Maíz, Pasto, Sorgo, Trigo, Cebada	Chupador follaje, Chupador flores, Chupador follaje, Pasto rescate
<i>Rhopalosiphum padi</i> (L.)		Arroz, Maíz, Trigo, Cebada	Chupador follaje
<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i> (Sasaki)	Pulgón rojizo de la raíz del arroz	Arroz, Trigo, Cebada	Chupador raíces
<i>Sipha flava</i> (Forbes)	Pulgón amarillo de la caña	Arroz, Caña de Azúcar, Maíz, Pasto, Sorgo, Trigo, Cebada, kikuyo, pasto brasileiro	Chupador follaje,
<i>Tetraneura nigriabdominalis</i> Sasaki	Pulgón negro de la raíz de pasto	Pasto kikuyo	Chupador raiz,
<i>Toxoptera graminum</i> (Rondani)	Pulgón de las gramíneas	Caña de Azúcar, Sorgo	Chupador follaje

*S. flava*, se conoce con el nombre común de “áfido amarillo de la caña de azúcar”. Es originario de la región Paleártica, de donde se ha distribuido a la región Neotropical. Inicialmente, fue descrito sobre sorgo, en Illinois (USA) y su distribución abarca el continente americano, desde el norte de Estados Unidos hasta Argentina, incluyendo, el Caribe. En el Pacífico,

se encuentra hasta Hawái (Fukumoto & Mau, 1989; González *et al.* 1998; Butus *et al.* 2002; Hentz & Nuessly, 2004).

El áfido es vector del virus del mosaico amarillo de la caña de azúcar (VMACA). Este áfido, se presenta en diferentes plantas hospedantes, especialmente gramíneas. *S. flava* y el VMACA

se han encontrado en Luisiana y La Florida (USA) (Comstock & Gilbert, 2009). En Colombia, aún no se ha registrado este virus en caña de azúcar.

En Colombia, *S. flava* se ha registrado alimentándose de follaje de pastos con distribución tanto en zonas de clima cálido, donde ataca cultivos de *Andropogon gayanus* (Calderón & Varela, 1982), como en clima frío sobre pasto kikuyo (Posada, 1989). Adicionalmente, este áfido se ha registrado en gramíneas silvestres en Chile (González *et al.* 1998) y en *Cynodon dactylon*, empleado como césped en campos deportivos, en Argentina (Butus *et al.* 2002). También, se ha registrado en Hawái sobre pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*, donde el daño tiene alta severidad (Fukumoto & Mau, 1989).

El kikuyo es una especie introducida en Colombia (Patiño, 1969). Este pasto, se ha adaptado y desarrollado bien en suelos de clima medio y frío, donde ha llegado a ser la especie de gramínea predominante y se comporta como invasiva en los humedales, páramos, canales de riego y drenaje. Es una especie que se ha convertido en maleza, porque cubre prados y suelos agrícolas, donde su manejo exige gran esfuerzo, para evitar la competencia con las especies cultivadas (Labrada *et al.* 1996; Fernández-Alonso & Rivera-Díaz, 2006; Hernández & Rangel, 2009). Uno de los aspectos positivos de esta especie es su hábito de crecimiento, que contribuye al manejo y a la conservación de suelo, para evitar la erosión (Rivera-Posada, 1998). En ganadería es bien estimado como forraje, ya que tiene un alto vigor; es palatable para rumiantes y permite obtener una alta capacidad de carga de cabezas de ganado por hectárea, si se usan sistemas de manejo de pastoreo, de fertilización y de asociación con leguminosas (Ardila, 1980; Correa *et al.* 2008). Se estima que el 80% de las praderas bien establecidas del trópico alto colombiano, dedicadas a lechería, está conformado por este pasto (Mojica *et al.* 2009).

Respecto a los enemigos naturales de *S. flava*, se han realizado reconocimientos en cultivos de caña de azúcar, donde se registran, mayormente, especies de insectos depredadores, pertenecientes a las familias Coccinellidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera), Chrysopidae (Neuroptera) y Forficulidae (Dermaptera), que regulan naturalmente las poblaciones en campo (Gómez & Lastra, 1995; Mendoza *et al.* 2006; Nuessly, 2011; Bustillo, 2013). En Colombia, en cultivos de caña de azúcar, se recomienda la liberación de varias especies de *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae), para contribuir a regular las poblaciones de *S. flava*, cuando se detectan las infestaciones (Cenicaña, 2013).

Las plagas y las enfermedades afectan la calidad de los pastos y su manejo incluye la aplicación de plagicidas, lo que ha generado problemas de salud pública y contaminación

ambiental (Jeyaratnam, 1990; Edwards, 1993). Debido a lo anterior y con el propósito de contribuir a la solución de los problemas sanitarios de campo, los objetivos de este trabajo fueron determinar y describir la especie del áfido que causa el amarillamiento y el secamiento de la hoja del pasto kikuyo, registrar y caracterizar su presencia en las hojas de esta especie vegetal en una zona del norte de Bogotá y en Manizales y reconocer sus enemigos naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron observaciones sobre prados y potreros, con pasto kikuyo, como especie dominante, en el norte de la ciudad de Bogotá y en la zona urbana de Manizales, para determinar áreas afectadas, por la presencia del áfido *S. flava*. En los recorridos, se recolectó follaje del pasto, para evaluar el daño y tomar muestras de los áfidos, los cuales, se trasladaron al laboratorio de entomología de la U.D.C.A, para realizar su determinación, obtener los adultos y reconocer la presencia de enemigos naturales. Muestras adicionales de los áfidos se depositaron en la colección taxonómica central (CTC) del Museo entomológico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (UNAB).

Los reconocimientos para la evaluación de la infestación y daño, se realizaron en junio, julio y agosto del 2012, en predios de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, al norte de la ciudad de Bogotá, Colombia (4°47'57"N, 74°02'40"W), a 2570 msnm, con precipitación media de 1200 mm/año (Estupiñán & Cabrera, 2008). Los reconocimientos en Manizales, se hicieron en prados y orillas de vías, en julio del 2012, a alturas comprendidas entre los 1.900 y 2.200 msnm, para establecer el organismo que estaba asociado con el amarillamiento del pasto kikuyo.

Para estimar la población de áfidos y el daño en los lotes con infestación y con daño, se lanzó al azar un marco de un metro cuadrado, para establecer la parcela de muestreo (Chalmers & Parker, 1989). En cada lote, por muestreo, se tomaron cuatro sitios como réplicas. En cada parcela, se estimó el porcentaje de área cubierta con pasto kikuyo, con presencia de daño de los áfidos. De esta misma área, se tomaron al azar 10 hojas con síntomas de daño y, en cada hoja, se estableció el tipo de daño, discriminando entre sólo amarillamiento o amarillamiento con secamiento de la punta. Además, se determinó la parte de la hoja que presentaba los síntomas de daño y el número de la hoja en la planta que se encontraba amarilla, la cual, se contabilizó de forma alterna desde la parte terminal hacia la base (Figura 1 O). Adicionalmente, se contabilizó el número de colonias del áfido por el haz o envés y se tuvo en cuenta la localización de las colonias, si se encontraban en la parte de la hoja con o sin daño. Además, dentro del marco, se estableció la presencia

de otra vegetación y si estas plantas presentaban colonias de *S. flava* o síntomas del daño por alimentación.

Los datos de conteo de áfidos, se analizaron con estadísticas descriptivas y se realizó análisis de varianza del daño y del número de colonias. Los resultados, se analizaron estadísticamente, con un nivel de significancia del 95% (SAS Institute Inc., 2006). Se tomaron fotografías que documentan los estados del áfido, los síntomas de daño y los enemigos naturales, para facilitar el posterior reconocimiento en campo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Identificación.** El áfido, se determinó como *S. flava* (Forbes 1884), por las características morfológicas, siguiendo las claves para especímenes vivos y preparados en montajes (Simbaqueba *et al.* en prensa). Además, se tuvo en cuenta los hábitos de alimentación descritos ampliamente en la literatura para el reconocimiento del daño y los síntomas que causa en la planta hospedante (Stoetzel, 1987; Teetes & Pendleton, 2000).

**Descripción de especímenes vivos de *S. flava*.** Todos los estados alados y ápteros son de color amarillo o verde claro y tienen el cuerpo cubierto por setas. El aparato bucal alcanza las coxas medias. La cabeza y el pronoto son de color negro dividido dorsalmente por una línea de color claro, que se extiende hasta la parte posterior del abdomen. Éste es de color amarillo y en la parte dorsal presenta puntos negros, que conforman seis líneas longitudinales, dos mediales, dos pleurales y dos laterales. Los sífúnculos son cortos, escasamente se observan a simple vista y son de color marrón. La cauda es corta y semicircular. Las patas son de color oscuro con los tarsos negros (Stoetzel, 1987; Teetes & Pendleton, 2000) (Figura 1 A, B).

**Descripción de especímenes curados de *S. flava*. (No. de catálogo 592, Museo UNAB).** Cuerpo alargado de 1,3-1,9mm de largo. Antenas de cinco segmentos, casi de la mitad del largo del cuerpo, proceso terminal aproximadamente el doble de su respectivo segmento. Rostro hasta la coxa media, último segmento rostral casi de la mitad del largo del segmento II del tarso posterior. Dorso membranoso, casi liso. Setas dorsales gruesas. Sífúnculos en forma de conos cortos. Primeros segmentos tarsales con 5 setas. Alados con escleritos laterales en los segmentos II-IV y VI-VII, algunos más pequeños en el segmento V. Rinarios secundarios en número de 2-5 situados en el segmento III (Figura 1 C, D, E).

**Plantas hospedantes.** *S. flava*, se registró solamente atacando el pasto kikuyo, aunque otras gramíneas, como falsa poa (*Holcus lanatus* L.) y ryegrass (*Lolium perenne* L.), estaban creciendo asociadas en el mismo sitio. Tampoco se encontró atacando plantas de hoja ancha que crecían cercanas al pasto kikuyo. En Colombia, también se ha registrado

como plantas hospedantes el pasto brasilero (*Phalaris azudinacea* L.) y el pasto llanero (*Andropogon gayanus* Kunth) (Calderón & Varela, 1982; Posada 1989) (Tabla 1).

**Distribución.** *S. flava*, se registró en la Sabana de Bogotá, atacando pasto kikuyo en canchas de fútbol, parques, potreros, bordes de vías y cercas expuestas a la radiación solar directa. En el área urbana de Manizales, se observó en prados y en las orillas de las vías, donde el kikuyo se encontraba creciendo, como especie dominante. La distribución de *S. flava* en Colombia, abarca desde bajas elevaciones, zonas cálidas, donde se cultiva arroz y caña de azúcar, entre otras, hasta elevadas altitudes donde se cultiva cebada y trigo (Posada, 1989) (Tabla 1).

**Hábitos y comportamiento.** En pasto kikuyo, *S. flava* forma colonias distribuidas en grupos poco numerosos, que se localizan, generalmente, sobre el haz de las hojas y se distribuyen, tanto en la parte con síntomas de amarillamiento como en la parte de la hoja que aún está verde. El total de colonias, se estimó sumando el número de colonias presentes en el haz y en el envés (Tabla 2). En las evaluaciones, el mayor promedio de colonias, se encontró en agosto, tanto en el haz ( $3,5 \pm 0,5$ ) como en el envés ( $0,8 \pm 0,2$ ). En junio y julio, se hallaron sobre el haz  $1,9 \pm 0,3$  y  $2,4 \pm 0,3$  colonias respectivamente, mientras que en el envés se registró para ambos meses  $0,3 \pm 0,1$  colonias. Estos resultados son contrarios a lo registrado en caña de azúcar y en otras plantas hospedantes, donde se indica que la mayor cantidad de áfidos se presenta en el envés de la hoja (Gómez & Lastra, 1995; González *et al.* 1998; Butus *et al.* 2002). Igualmente, son contrarios a los registros que indican que se presenta en colonias numerosas que cubren la hoja y puede estar asociado con otras especies de áfidos, como *M. sacchari* (Nuessly, 2011).

Las ninfas y los adultos ápteros de *S. flava* son poco móviles, generalmente, permanecen quietos con las antenas orientadas hacia atrás, a pesar de que se disturben. Cuando se colectaron las muestras de hojas, las colonias no se disturbaban como sí lo hacen otras especies de áfidos. En las colonias no se observó presencia de adultos alados y éstos solamente se obtuvieron cuando se tomaron colonias de ápteros y se llevaron al laboratorio, donde se alimentaron con follaje de pasto kikuyo y en trampas amarillas que se ubicaron en los bordes de los lotes, cubiertos con este pasto, donde se realizó la evaluación. En estas trampas, se capturaron unos pocos adultos en comparación con la captura de hasta cien especímenes de otros áfidos en evaluaciones semanales. Los ataques sobre el pasto kikuyo, se observaron en áreas abiertas con exposición directa al sol. En los sitios con sombrío de árboles, no se encontró la presencia de los áfidos o follaje con síntomas de amarillamiento, que es el síntoma de daño característico, que causa la alimentación *S. flava*.

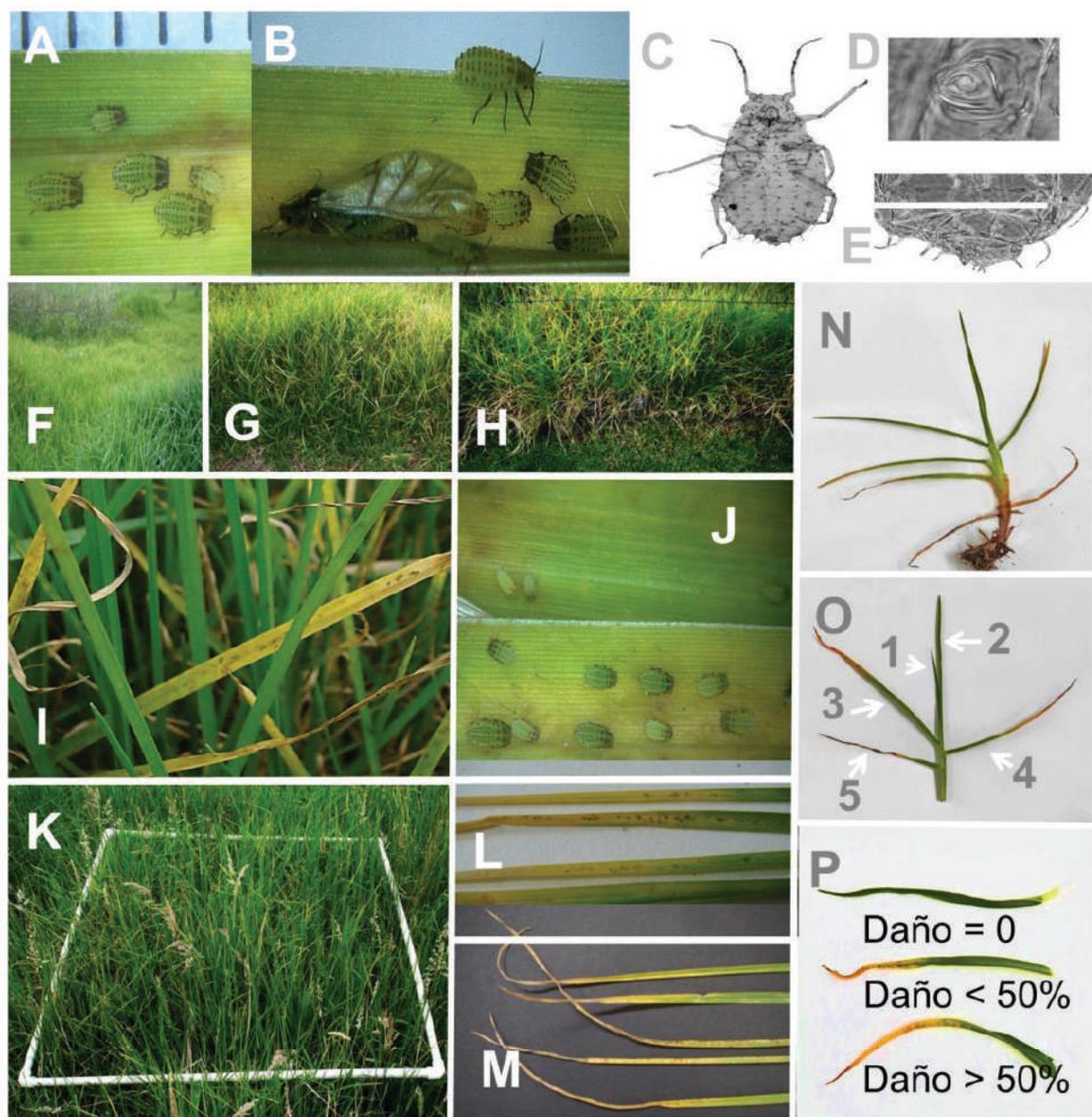


Figura 1. Características morfológicas de los adultos y ninfas de *Sipha flava*. A, B. Adultos y ninfas alimentándose sobre pasto kikuyo. C, D, E. Especimen montado en placas. C. Características del adulto. D. Sifúnculo. E. Cauda. F, G, H. Vista de una pradera con daño causado por *S. flava* sobre pasto Kikuyo con síntomas de amarillamiento de la hoja por el daño de alimentación de *S. flava*. I, J. Plantas mostrando los síntomas del daño característico de amarillamiento del follaje en el campo causado por la alimentación de *S. flava* y localización de la colonia sobre el haz de la hoja. K. Marco para evaluar por metro cuadrado la infestación y los síntomas del daño de las colonias de *S. flava*. L. Hojas con diferente intensidad de los síntomas del daño amarillamiento de la hoja. M. Hojas del pasto kikuyo con secamiento de la punta de la hoja por daño de *S. flava*. N, y O. Planta de kikuyo con el patrón de daño en las hojas. P. Escala de evaluación del daño en pasto kikuyo.

Tabla 2. Porcentaje promedio de colonias del áfido *S. flava* sobre el haz, envés y total de las hojas del pasto kikuyo, encontradas en una muestra de diez hojas tomadas al azar por metro cuadrado, en cuatro parcelas por cada mes evaluado.

Evaluación	N	Colonia haz			Colonia envés			Colonia total		
		Media $\pm$ E.E.	Míni-mo	Máxi-mo	Media $\pm$ E.E.	Míni-mo	Máxi-mo	Media $\pm$ E.E.	Míni-mo	Máximo
Junio	4	1,9 $\pm$ 0,3 B	0	8	0,3 $\pm$ 0,1 A	0	2	2,2 $\pm$ 0,4 B	0	10
Julio	4	2,4 $\pm$ 0,3 AB	0	8	0,3 $\pm$ 0,1 A	0	2	2,7 $\pm$ 0,4 B	0	10
Agosto	4	3,5 $\pm$ 0,5 A	0	13	0,8 $\pm$ 0,2 A	0	7	4,3 $\pm$ 0,6 A	0	17

\* N= repetición y cada repetición tuvo diez muestras. En total se evaluaron 40 hojas por muestreo en cuatro metros cuadrados.

\*\* Promedios seguidos por la misma letra no presentaron diferencias significativas.

Estadísticas de las colonias sobre el haz GL= 2,11, F=0.09, P=0.9120, de las colonias sobre el envés GL= 2,11, F=0.09, P=0.9120 y del total de colonias en las hojas GL= 2,11, F=9.33, P=0.0064.

De acuerdo con el manejo del pasto kikuyo, *S. flava* y los síntomas de amarillamiento del follaje, se presentaron en pastos utilizados para el pastoreo y en canchas deportivas, donde se emplea como césped. Adicionalmente, se encontró en los bordes de potreros y junto a las cercas, donde el kikuyo amontona en matorros (Figura 1 F - H). Los sitios sin manejo del pasto actuaron como focos de infestación para prados o praderas, que recibieron corte o pastoreo de animales, en los cuales, a medida que el pasto empezó a crecer se observaron los síntomas de hoja amarilla y colonias poco numerosas de los áfidos.

**Evaluación de daño y muestreo.** Los síntomas del daño de alimentación se encuentran en las hojas del kikuyo, donde se presentan los áfidos y, en los sitios de alimentación, se observaron áreas necróticas con clorosis (Figura 1 J). En las hojas donde empieza la colonización de los áfidos, se observó la presencia de puntos amarillos que se extendieron sobre toda la lámina foliar, avanzando desde la parte terminal hacia la base de la hoja. En las hojas del kikuyo, donde se establecen las colonias del áfido, el daño se hizo más severo, a medida que avanzó el amarillamiento, ya que se seca la punta de la hoja (Figura 1 I, L, M). Los síntomas del daño en otros cultivos, como sorgo y caña de azúcar, se manifiestan como color rojizo en las hojas (Gómez & Lastra, 1995), lo cual, se reconoce como una respuesta de resistencia de la planta al daño de alimentación de los áfidos; sin embargo, en kikuyo no se observaron coloraciones diferentes al amarillamiento (Costa-Arribulú *et al.* 2001).

En las plantas con colonias de *S. flava*, se encontró escasa producción de miel de rocío y no se observó desarrollo o acumulación de fumagina, ni presencia de hormigas en simbiosis con los áfidos. Igualmente, este fenómeno ha sido registrado en cultivos de caña de azúcar del Valle del Cauca (Gómez & Lastra, 1995).

*S. flava*, se encontró atacando en todos los estados de desarrollo del pasto kikuyo. La presencia del áfido se puede reconocer a distancia por el daño, ya que el pasto presenta, inicialmente, follaje con color amarillo y, en la medida que se intensifica el daño, las hojas se tornan de color pajizo, que da la apariencia de secamiento de las hojas de la planta déficit hídrico (Figura 1 F, G, H, I, L - P) (Fukumoto & Mau, 1989).

La mayor población de colonias de áfidos, se encontró en agosto, tanto en el haz como en el envés. En este mes, también se halló el máximo número de colonias por hoja: trece en el haz y siete en el envés, con un máximo de 17 colonias por hoja. Los resultados presentaron diferencias significativas para las colonias encontradas sobre el haz y para el total por hoja, pero no para las encontradas sobre el envés (Tabla 2).

Los síntomas de amarillamiento en la planta, se observan desde la parte basal a terminal, lo que demuestra que, a medida que la planta genera nuevas hojas, los áfidos las colonizan. El síntoma de punta seca ocurre después que los áfidos se alimentan y la hoja presenta el amarillamiento (Figura 1 L - P). La observación del síntoma de amarillamiento, generalmente, correspondió a la tercera hoja, a partir de la parte terminal (Figura 1 O), con valores en junio, de 77,5%; en julio, de 60% y, en agosto, de 47,5% (n=40 para cada mes). Los mismos síntomas en la segunda hoja alcanzaron valores de 12,5%, 37,5% y 45,0%, respectivamente, para los mismos meses. En la cuarta hoja, estos síntomas tuvieron valores de 10,5%, 2,5% y 7,5%, respectivamente, para los meses evaluados y las hojas a este nivel presentaron la mayor intensidad de punta seca (Figura 1 O).

En las evaluaciones por cuadrante en junio, julio y agosto, en la U.D.C.A, se encontró, respectivamente, un porcentaje promedio (media  $\pm$  error estándar), de 28,8  $\pm$  11,4, 20,0  $\pm$

12,2 y  $31,3 \pm 10,8$ , del área cubierta con síntomas de hoja amarilla. Los resultados indicaron que la intensidad de los síntomas de daño fue moderada; sin embargo, en algunas áreas, el pasto se observó completamente amarillo y finalmente seco (Figura 1 F - I).

Sobre las diez muestras de hoja con síntomas de amarillamiento, tomadas por cuadrante al azar, se encontró que los síntomas de amarillamiento varían de acuerdo con la evaluación por mes. El síntoma de amarillamiento, menor del 50% de la hoja, tuvo su mayor valor en julio, con el  $82,5 \pm 11,8\%$  del total de las muestras de este mes, mientras que en junio y agosto, los valores fueron  $77,5 \pm 4,8\%$  y  $77,5 \pm 2,5\%$ , respectivamente. El síntoma de amarillamiento, mayor del 50% de la longitud de la hoja, alcanzó valores inferiores al  $22,5 \pm 10,3\%$  para los tres meses (Tabla 3, Figura 1P).

En relación con los síntomas de amarillamiento de las hojas el mayor porcentaje alcanzó un valor promedio de  $87,5 \pm 2,5\%$  en el mes de junio (). Los resultados para los meses evaluados presentaron diferencias significativas (GL= 2, 11, F=9, 33, P=0,0064) (Tabla 2). El síntoma de daño de la punta de la hoja seca mostró que se inicia simultáneamente con el desarrollo del síntoma de hoja amarilla, los cuales, aparecen tan pronto como las colonias del áfido empiezan a alimentarse. Este síntoma en la hoja presentó una relación directa con la intensidad del amarillamiento de la hoja y la respuesta está asociada con el daño de alimentación; sin embargo, la intensidad puede estar influenciada por factores, como las condiciones ambientales o las prácticas de manejo de la pradera y el número o posición de la hoja evaluada en la planta.

Tabla 3. Porcentaje promedio de los síntomas amarillamiento y punta seca de la hoja del pasto kikuyo causado por la alimentación del áfido *S. flava*, sobre una muestra de diez hojas tomadas al azar por metro cuadrado, en cuatro parcelas por mes evaluado.

Evaluación	N*	Síntoma de la hoja amarilla		Punta de la hoja seca
		Menor 50% de la hoja	Mayor 50% de la hoja	
		Media $\pm$ E.E.	Media $\pm$ E.E.	
Junio	4	$77,5 \pm 10,3$ A	$22,5 \pm 10,3$ A	$87,5 \pm 2,5$ A
Julio	4	$82,5 \pm 11,8$ A	$17,5 \pm 11,8$ A	$72,5 \pm 2,5$ B
Agosto	4	$77,5 \pm 4,8$ A	$22,5 \pm 4,8$ A	$77,5 \pm 2,5$ B

\* N= repetición y cada repetición tuvo diez muestras. En total se evaluaron 40 hojas por muestreo en cuatro metros cuadrados.

\*\* Promedios seguidos por la misma letra no presentaron diferencias significativas.

Estadísticas de los síntomas de hoja amarilla en menos del 50% de la hoja GL= 2,11, F=0.09, P=0.9120, en más del 50% de la hoja GL= 2,11, F=0.09, P=0.9120 y de la punta seca de la hoja GL= 2,11, F=9.33, P=0.0064.

Los resultados de los síntomas del amarillamiento y punta seca sobre las hojas terminales permiten establecer la dinámica de la intensidad del daño, como respuesta a la presencia de las colonias de los áfidos y a la actividad de alimentación; así, si las hojas terminales presentan daño, seguramente el resto de las hojas basales ya han sido atacadas por las colonias del áfido. Además, estos síntomas se pueden utilizar para reconocer y detectar, oportunamente, el daño y la presencia de *S. flava*, atacando el pasto kikuyo en las praderas.

**Enemigos naturales.** En condiciones de campo, atacando las ninfas de *S. flava*, se reconoció la presencia de seis enemigos naturales: cinco depredadores y un hongo entomopatógeno. El grupo de los depredadores estuvo conformado por cuatro especies de la familia Coccinellidae (Coleoptera) y

una especie de mosca de la familia Syrphidae (Diptera). Estos depredadores, se encontraron en campo y se trasladaron al laboratorio, donde completaron su ciclo de vida siendo alimentados con ninfas de *S. flava*. Aparte de Coccinélidos y Sírfidos, Nuessly (2011) menciona algunos géneros de hormigas, de tijeretas, de avispas e, incluye a las arañas, como controladores importantes de las poblaciones de *S. flava*. El hongo entomopatógeno *Erynia* (Entomophthorales), se encontró atacando las ninfas. En relación con parasitoides, no se encontraron atacando *S. flava*, a pesar de que se presentan como el mayor grupo de enemigos naturales de los áfidos y que se hallaron en el área de estudio, atacando a otros áfidos en diferentes plantas, dentro del mismo hábitat del pasto kikuyo afectado por *S. flava*. Esto coincide con Hentz & Nuessly (2004), quienes indican que en *S. flava* no se ha registrado el ataque de parasitoides.

Se requiere hacer más investigación para determinar exactamente el potencial de los controladores poblacionales de *S. flava* y adelantar estudios para conocer los aspectos de la biología, ecología, capacidad de control de las especies encontradas y determinar las que se pueden criar en laboratorio. A partir de esto, se pueden desarrollar técnicas de producción masiva en el caso de que se puedan utilizar como controladores biológicos en campo.

**Manejo de *S. flava*.** Los ganaderos que utilizan el pasto kikuyo para la alimentación animal deben prestar atención al daño causado por *S. flava*. Se desconocen los factores que estimulan la explosión de las poblaciones de este áfido en pasto kikuyo. El daño que se observó puede ser considerable, debido al amarillamiento y el secamiento de las hojas, lo que puede hacer perder la palatabilidad, disminuir el valor nutricional del forraje y, por ende, afectar la producción animal.

Se debe tener en cuenta que los pastos son un cultivo y que se requiere cuidar de los aspectos sanitarios y diseñar programas de manejo integrado. En cuanto al daño que causa *S. flava*, se debe evaluar el efecto sobre la calidad del follaje, para establecer las estrategias de manejo. Se sugiere que se determine el efecto del pastoreo y del manejo de los enemigos naturales antes de iniciar la aplicación generalizada de plaguicidas, los cuales, como se ha demostrado en pastos de clima frío y medio, no han sido eficaces para manejar el daño de *Collaria* sp. (Hemiptera: Miridae), por el contrario, han estimulado la explosión de sus poblaciones (Bernal, 1994; Garza & Barreto, 2011). Adicionalmente, la aplicación frecuente de plaguicidas en el agroecosistema lechero ha permitido documentar el efecto de los insecticidas sobre la salud animal, humana y el impacto sobre el medio ambiente (Márquez *et al.* 2010; Morales *et al.* 2010), por lo que no se aconseja que el manejo de *S. flava* siga el mismo esquema de manejo de la chinche de los pastos.

**Conflicto de intereses:** 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARDILA V., J. 1980. Colombia. Programa de investigación en pastos tropicales. En: Análisis de la cooperación entre los centros nacionales y los centros internacionales de investigación agropecuaria. Versión Preliminar. IICA\_OEA. Proyecto cooperativo de investigación sobre tecnología agropecuaria en América Latina "PROTAAL". Disponible desde internet en: <http://books.google.com/books> (con acceso 03/25/2013).
- AKBAR, W.; SHOWLER, A.T.; REAGAN, T.E.; WHITE, W.H. 2010. Categorizing Sugarcane Cultivar Resistance to the Sugarcane Aphid and Yellow Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 103(4):1431-1437.
- BERNAL E., J. 1994. Control de plagas y enfermedades. Cap. 10. En: Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá D. C. Banco Ganadero. 3ra edición. 575p.
- BUSTILLO, A. 2013. Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia. Cenicaña. Cali. 164p.
- BUTUS, M.L.; SALISO, A.; FORMENTO, N. 2002. Nuevo hospedante para el "pulgón amarillo de la caña de azúcar" *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae) en Argentina. *Rev. Cient. Agropec.* 6:57-59.
- CALDERÓN, M.; VARELA, F.A. 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños. Guía de Estudio. Unidad Audio tutorial Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia. 52p.
- CENICAÑA. 2013. Pulgón amarillo de la caña. Sanidad vegetal. Plagas. Disponible desde Internet en: [http://www.cenicana.org/investigacion/variedades/sanidad\\_vegetal.php?opcion=2&opcion2=4](http://www.cenicana.org/investigacion/variedades/sanidad_vegetal.php?opcion=2&opcion2=4) (con acceso 11/03/2013).
- CHALMERS, N.; PARKER, P. 1989. The OUI Project Guide. Fieldwork and Statistic for Ecological Projects, 2nd edn. Open University and Field Studies Council, Dorset. 108p.
- COMSTOCK, J.C.; GILBERT, R.A. 2009. Sugarcane Mosaic Virus Disease. UF University of Florida .IFAS Extension. 3p.
- CORREA, C.; PABÓN R.; CARULLA, F. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development.* 20 (59) Disponible desde internet en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm> (con acceso 03/25/2013).
- COSTA-ARÚBULÚ, C.; GIANOLI, E.; GONZALES, W.L.; NIEMEYER, H.M. 2001. Feeding by the aphid *Sipha flava* produces a reddish spot on leaves of *Sorghum*

- halepense*: an induced defense? J. Chem. Ecol. 27:273-283.
12. EDWARDS, C.A. 1993. The impact of pesticides on the environment. En: Pimentel, D.; Lehman, H. (eds.). The pesticide Question, Environment, Economics, Ethics. Routledge Chapman & Hall, Inc. United States of America. 441p.
  13. ESTUPIÑÁN, L.H.; CABRERA, L.M. 2008. Los alrededores: todo un ambiente en la U.D.C.A. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 11(2):3-9.
  14. FERNÁNDEZ-ALONSO, J.L.; RIVERA-DÍAZ, O. 2006. Las Labiadas. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. p. 385-679.
  15. FUKUMOTO, G.; MAU, R. 1989. Yellow sugarcane aphid in Hawayan pastures, HITAHR BR EF 081-11/89. 2p.
  16. GARZA, P.; BARRETO, T. 2011. Fluctuación temporal de la chinche de los pastos *Collaria scenica* (Stal, 1859) (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en la Sabana de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Rev. Fac. Cienc. Bás. 7(2):166-179.
  17. GÓMEZ, L.; LASTRA, B. 1995. Los insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. En: Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CENICANA. p.237-263.
  18. GONZÁLEZ, W.; FUENTES-CONTRERAS, E.; NIEMEYER, H.M. 1998. Una nueva especie de áfido (Hemiptera: Aphididae) detectada en Chile: *Sipha flava* (Forbes). Rev. Chilena Entomol. 25:87-90.
  19. HENTZ, M.; NUSSLY, G. 2004. Development, longevity, and fecundity of *Sipha flava* (Homoptera: Aphididae) feeding on *Sorghum bicolor*. Environ. Entomol. 33(3):546-553.
  20. HERNÁNDEZ, R.; RANGEL, CH. 2009. La vegetación del humedal de Jaboque. (Bogotá, D.C.). Caldasia. 31(2):355-379.
  21. JEYARATNAM, J. 1990. Acute pesticide poisoning: a major global health problem. World Health Statistics Quarterly. 43(3):139-144.
  22. LABRADA, R.; CASELEY, J.C.; PARKER, C. 1996. Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120). Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s08.htm> (con acceso 25/03/2013).
  23. MÁRQUEZ, S.; MOSQUERA, R.; HERRERA, M.; MONEDERO, C. 2010. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov.) cultivadas hidropónicamente. Rev. Col. Cienc. Pec. 23:158-165.
  24. MENDOZA, J.; GUALLE, D., GÓMEZ, P.; JUNCO, J. 2006. Enemigos naturales del áfido amarillo, *Sipha flava* Forbes. En: Carta Informativa CINCAE. 8(1):8.
  25. MOJICA, J.; CASTRO, E.; LEÓN, J.; CÁRDENAS, E.A.; PABÓN, M.L.; CARULLA, J.E. 2009. Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. Livestock Res. Rur.l Developm. 21(01). Disponible desde internet en: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/oferta/articulooferta.pdf> (con acceso 25/2013).
  26. MORALES, V.; RODRÍGUEZ O., N.; RESTREPO B., L.F.; LÓPEZ C., C. 2010. Relación entre residuos de clorpirifos en leche y sangre de vacas Holstein y niveles séricos de estradiol y tiroxina. Rev. Electrón. Vet. 11 (1). Disponible desde Internet en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010110/011001.pdf> (con acceso 12/03/2013).
  27. NUSSLY, G. 2011. Yellow Sugarcane Aphid, *Sipha flava* (Forbes) (Insecta Hemiptera Aphididae). University of Florida IFAS Extension EENY 354. Disponible desde internet en: <http://edis.ifas.ufl.edu/in635> (con acceso 12/03/2013).
  28. PATIÑO, V. 1969. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Tomo IV: Plantas introducidas. Cali, Colombia, Imprenta Departamental. Disponible desde internet en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/puti/puti1.htm> (Con acceso 25/03/2013).
  29. POSADA O., L. 1989. Lista de insectos plagas registrados en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico No. 43. Bogotá, Colombia. 662p.
  30. RIVERA-POSADA, J.H. 1998. Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Cenicafé. Avances Técnicos. 256:8.

31. SAS INSTITUTE. 2006. SAS user's guide: statistics, version. 9.1.3. SAS Institute, Cary, NC.
32. SIMBAQUEBA, R.; SERNA, F.; POSADA-FLOREZ, F.P. 2014. Curaduría, morfología e identificación de áfidos (Hemiptera: Aphididae) del Museo Entomológico UNAB. Primera aproximación. En prensa: Boletín de Museos de la Universidad de Caldas.
33. STOETZEL, M.B. 1987. Information on and identification of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphidae) and other aphid species colonizing leaves of wheat in the United States. J. Econ. Entomol. 80:696-704.
34. TEETES, G.; PENDLETON, B.B. 2000. Insect pests of sorghum. In: Smith, C.W.; Frederiksen, R.A. (eds). Sorghum: origin, history, technology, and production. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. 840p.
- 35 VICTORIA, J.; GUZMÁN, M.L.; CUERVO, E.; LOCKHART, B. 1999. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia. Cenicaña. Serie divulgativa No 07. 4p. Disponible desde internet en: [http://www.cenicana.org/publicaciones/serie\\_divulgativa/serie\\_div\\_7.php](http://www.cenicana.org/publicaciones/serie_divulgativa/serie_div_7.php) (con acceso 12/03/2013).
- Recibido: Septiembre 23 de 2013  
Aceptado: Abril 10 de 2014

#### Como citar:

Posada-Flórez, F.J.; Téllez-Farfán, L.; Simbaqueba, R.; Serna, F. 2014. Reconocimiento y observaciones bionómicas de *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae) atacando el pasto kikuyo en dos zonas de Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 95-104.

# MANEJO DE LA PUDRICIÓN RADICAL (*Phytophthora cinnamomi* RANDB) DEL AGUACATE (*Persea americana* LINNEO)

## MANAGEMENT OF AVOCADO (*Persea americana* LINNEO) ROOT ROT (*Phytophthora cinnamomi* RANDB)

José Manuel Leal<sup>1</sup>, Jairo Castaño<sup>2</sup>, Martha M. Bolaños<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Candidato a Magister en Fitopatología, Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, calle 65 No. 26-10, Manizales, Colombia, e-mail: jose\_manuelleal@hotmail.es; <sup>2</sup> Ph.D. Profesor Titular, Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, calle 65 No. 26-10, Manizales, Colombia, e-mail: jairo.castano\_z@ucaldas.edu.co; autor para correspondencia. <sup>3</sup> Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). C.I. Tibaitatá, Colombia, e-mail: mmbolanos@corpoica.org.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 105-114, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Para encontrar estrategias nuevas de manejo de la pudrición radical del aguacate, se evaluó el fosfito de potasio, Metalaxil + Mancozeb, Mancozeb + Fosetil-Al, *Trichoderma harzianum* y una cobertura orgánica a base de bagazo de caña; el estudio, se realizó en CORPOICA, Palmira. Se caracterizaron los aislamientos Ag-037 y Ag-040, como *Phytophthora cinnamomi*. El experimento comprendió seis tratamientos, en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas, con dos tipos de fertilización; la unidad experimental constó de nueve plántulas, variedad Waldin. La inoculación de *P. cinnamomi*, se realizó 30 días después de la germinación de las semillas, con una concentración de  $1 \times 10^5$  esporangios/mL, aplicada al sustrato en tres orificios equidistantes a 5 cm del tallo, empleando 20 mL por plántula. Los tratamientos, se efectuaron a partir de las cuatro semanas después de la inoculación, SDI y se realizaron tres aplicaciones cada 30 días. Se evaluó incidencia y severidad de la enfermedad, población de *P. cinnamomi*, altura de plántulas, peso seco y actividad enzimática de la celulasa. Las evaluaciones, se hicieron a las 6, 12 y 18 SDI. La incidencia de la enfermedad fue del 100%, pero la severidad osciló entre 5 y 22%. Hubo reducción de la severidad de la enfermedad en un 35%, destacándose Metalaxil + Mancozeb, Mancozeb + Fosetil-Al y Fosfito de potasio, que disminuyeron en 42% la población de *P. cinnamomi* y en 50% la severidad, aumentando en 28% la altura de las plántulas y 66% el peso seco.

Palabras clave: Straminipila, *Trichoderma harzianum*, Fosfito, Mancozeb-Metalaxil, Fosetil-Al, actividad enzimática.

### SUMMARY

To find new strategies for the management of avocado root rot, it was evaluated potassium phosphite, Metalaxyl + Mancozeb, Fosetyl-Al + Mancozeb, *Trichoderma harzianum* and mulch prepared with sugar cane bagasse rich in cellulose. The study was conducted at CORPOICA, Palmira. It was characterized the isolates Ag-037 and Ag-040, as *Phytophthora cinnamomi*. The experiment consisted of six treatments, in a randomized complete block design with three replications, using a split plot arrangement with two types of fertilization (chemical and integrated), The experimental unit consisted of nine seedlings of the Waldin variety. Seedlings of month old were inoculated with *P. cinnamomi* at a concentration of  $1 \times 10^5$  sporangia per mL and the substrate was performed in three holes at 5 cm from the root collar and applied 20 mL of the suspension for seedling. The treatments were applied one month after of inoculation and three applications were made every 30 days. Disease incidence, population of *P. cinnamomi* in the soil, disease severity, seedling height, dry weight and enzyme activity of cellulose were evaluated at 6, 12 and 18 weeks after the inoculation. The root rot incidence in avocado seedlings was 100%, but the disease severity, ranged between 5% and 22%. Overall, the reduction in disease severity was of 35%. The treatments with Metalaxyl + Mancozeb, Fosetyl-Al + Mancozeb and Potassium phosphite reduced in 42% the population of *P. cinnamomi* in the soil and in 50% the disease severity, these treatments increased 28% the height and 66% the dry weight of the seedlings.

Key words: Straminipila, *Trichoderma harzianum*, Phosphite, Mancozeb - Metalaxil, Fosetyl-Al, enzymatic activity.

## INTRODUCCIÓN

La Pudrición de la raíz del aguacate causada por *Phytophthora cinnamomi*, es la enfermedad más devastadora del aguacate, en el ámbito mundial (Pegg *et al.* 2002; Bartoli, 2008). Las condiciones del suelo que predisponen a la planta al ataque son la compactación, la poca aireación en suelos pesados y arcillosos y un pH de 6,5. El riego por aspersión aumenta la incidencia de la enfermedad (Vidales & Alcántar, 2006). El patógeno es un habitante natural del suelo, que puede sobrevivir hasta por seis años en suelo húmedo, mediante oosporas, clamidosporas o esporangios (Bartoli, 2008).

El manejo de la enfermedad debe ser integrado, combinando productos químicos con podas severas al follaje, adición de materia orgánica al suelo, buen drenaje y mejoramiento genético, mediante, el cual, se ha encontrado resistencia moderada a *P. cinnamomi*, en las variedades Duke 6, Duke 7 y Thomas, pero estos patrones no se emplean comercialmente en Colombia, siendo la mejor alternativa, a largo plazo (Tamayo, 2008).

Para el control del patógeno, se destacan dos grupos de fungicidas: Acilalaninas o Fenilamidas, específicos para patógenos del Reino Straminipila, suprimen el desarrollo de *Phytophthora*, actúan sobre la biosíntesis del ADN y tienen alto riesgo de generar resistencia, por esta razón, se recomienda en combinación con fungicidas de amplio espectro, como Mancozeb. Sus ingredientes activos son benalaxil, furalaxil y metalaxil, siendo este último, el más ampliamente utilizado para tratamiento de suelo y de semillas (Agrios, 2005; Mondino, 2008; FRAC, 2011) y Etilenfosfonatos, en el cual, se encuentra Fosetil-Al, muy efectivo contra *Phytophthora*. Su modo de acción es desconocido (FRAC, 2011), aunque ha sido reportado estimular reacciones de defensa y de síntesis de fitoalexinas en la planta contra Straminipilas (Agrios, 2005). Hay pocos reportes de resistencia, lo que indica, que es de bajo riesgo. Su movimiento bidireccional en la planta lo hace único (Mondino, 2008; FRAC, 2011).

Las sales de fosfito, el calcio y el fosfito de magnesio pueden ser utilizadas como fungicidas biodegradables, para proteger las plantas. El fosfito estimula las defensas naturales de la planta permitiendo sobrevivir a las ya infectadas. El fósforo (P) es vital para el crecimiento radical. Los niveles de P adecuados garantizan un sistema radical sano (Bernal & Ballen, 2007).

**Microorganismos antagónicos.** Los patógenos habitantes del suelo pueden ser invadidos y parasitados por varios hongos. Los más comunes son *Trichoderma harzianum* y algunas especies de Straminipilas, del género *Pythium*, que inhiben el crecimiento o parasitan especies de *Phytophthora*.

*ra.* Bacterias de los géneros *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* y *Pantoea*, también lo hacen (Agrios, 2005).

En este estudio, se evaluó, en condiciones de vivero, el efecto de tres fungicidas: Fosfito de potasio (Foscrop® PK), Metalaxil + Mancozeb (Ridomil Gold® MZ 68 WP) y Mancozeb + Fosetil-Al (Rhodax® 70 WP); un producto biológico: *Trichoderma harzianum* (Protector® WP) y una enmienda orgánica (cobertura orgánica), a base de bagazo de caña, rico en celulosa (46%).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en el Centro de Investigación Palmira (C.I. Palmira) de CORPOICA. En el laboratorio de fitopatología, se llevaron a cabo los aislamientos de *P. cinnamomi*, de muestras de raíces de árboles de aguacate, que presentaron síntomas de la Pudrición radical.

Se efectuó la siembra en cajas Petri, con medio selectivo PDA + antibióticos + fungicidas [PDA (39g/L), Ampicilina (250µg/mL), Rifampicina (10µg/mL), Penicilina (400µg/mL), Benomil (20µg/mL), PCNB (200µg/mL) e Hymexazol (25µg/mL)] (Tsao & Guy, 1983); las muestras, se incubaron a 27,7°C, en una incubadora, a los dos días se observaron las siembras y, a las que mostraron crecimiento micelial, se les realizó nuevas siembras para su purificación. Se obtuvieron cuatro aislamientos, que fueron identificados morfológicamente, con las claves dicotómicas, descritas por Ho (1992) y Ho *et al.* (1995) y, molecularmente, mediante la técnica PCR y PCR-RFLP, en la que se amplificaron fragmentos de ADN ribosomal, por medio de la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y se analizó el tamaño de los fragmentos amplificados, por electroforesis. Para esto, se empleó el cebador A2 (ACTTTCCACGTGAACCGTTTCAA) en combinación con el cebador I2 (GATATCAGGTCCAATTGAGATGC) (Drenth *et al.* 2006). Para la reacción de PCR, se usó buffer 2,5µL, dntp´s 2,5µL, MgCl<sub>2</sub> 1,5µL, BSA 2,5µL, A2 0,25µL, I2 0,25µL, taq 0,2µL, agua 13,8µL para un volumen final de 23,5µL. La amplificación del ADN con los cebadores A2/I2, se procedió en un termociclador PTC-100, utilizando un perfil, que consistió en la desnaturalización inicial a 94°C por 5 min, 94°C por 30 s, 60°C por 30 s, 72°C por 1 min, seguido de 25 ciclos de amplificación desde el paso 2, 72°C por 10 min y 15°C por 30 min. La visualización del producto, se realizó en un gel de agarosa al 3%, teñido con bromuro de etidio (0,1ppm), a 100 voltios durante 2 h. Para la identificación de la especie, se cortaron con enzimas de restricción *MspI*, *RsaI*, los fragmentos del tamaño esperado, con los cebadores A2/I2, usando las condiciones descritas por Drenth *et al.* (2006).

La fase de campo, se hizo en una casa de malla del mismo centro de investigación, donde se evaluó el efecto de los

fungicidas Fosfito de potasio, Metalaxil 4 % + Mancozeb 64 %, Fosetil-Al 35% + Mancozeb 35%, un producto biológico a base de *Trichoderma harzianum* y una enmienda orgánica (cobertura orgánica) a base de bagazo de caña, con alto contenido de celulosa (46%), en plántulas de aguacate, variedad Waldin, inoculadas con *P. cinnamomi*, a partir de un mes de edad. Se emplearon seis tratamientos, incluyendo al testigo: T0 = Plántulas Testigo inoculadas con *P. cinnamomi*; T1 = Fosfito de potasio [P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 420g/L + K<sub>2</sub>O 280g/L (Foscrop® PK)], en dosis de 10mL de p.c. /L de agua; T2 = Fosetil-Al 35% + Mancozeb 35% (Rhodax® 70 WP), en dosis de 5g de p.c. /L de agua; T3 = Metalaxil 4% + Mancozeb 64 % (Ridomil Gold® MZ 68 WP), en dosis de 3,75g de p.c. /L de agua; T4 = Enmienda orgánica a base de bagazo de caña picado, en dosis de 2 kg/ planta, inoculado con *Trichoderma harzianum* a 2 x 10<sup>5</sup> UFC viables/g de producto (Protector® WP), en dosis de 1 g de p.c./L de agua y T5 = *Trichoderma harzianum*: 2 x 10<sup>5</sup> UFC viables/g de producto (Protector® WP), en dosis de 1g de p.c./L de agua.

Estos tratamientos fueron evaluados bajo dos tipos de fertilización: **F<sub>1</sub> = Fertilización química:** realizada según los resultados del análisis de suelo y **F<sub>2</sub> = Fertilización integrada:** consistente en la aplicación de fertilizantes orgánicos, químicos y biofertilizantes. Se empleó abono orgánico a base de gallinaza (Aviabono®), en dosis de 200g/plántula y los biofertilizantes: Dimazos® (fijadores de nitrógeno), a base de *Azotobacter chroococcum* 1x10<sup>6</sup> UFC/mL y *Azospirillum* sp. 1x10<sup>6</sup> UFC/mL, en dosis de 200mL p.c./L de agua, aplicando 100mL de la solución por plántula y Fosfosol® (solubilizador de fósforo), a base de *Penicillium janthinellum* 1x10<sup>7</sup> conidios/mL, en dosis de 10mL p.c./L de agua, aplicando 200mL de la solución por plántula.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas (Little & Hills, 1987). Se utilizaron nueve plántulas de aguacate de un mes de edad por tratamiento, como unidad experimental; el tamaño de la muestra empleada en cada evaluación fue de tres plántulas por tratamiento.

Se usó semilla de la variedad Waldin, que se desinfectó en una solución de Carboxin (Vitavax®) (2g de p.c./L) y Clorpirifos (Lorsban®) (2mL de p.c./L) (Tamayo, 2008). Las semillas, se sembraron en bolsas de polietileno negras, calibre 3; el suelo se desinfectó con Dazomet (Basamid®GR) (50g de p.c./m<sup>2</sup> de suelo), luego se humedeció y se cubrió con plástico negro durante 15 días; posteriormente, se destapó, se revolvió el suelo y se dejó airear por otros 15 días (Tamayo, 2008).

Para la inoculación de *P. cinnamomi*, se utilizaron las cepas Ag-037 y Ag-040; la inoculación, se realizó a los 30 días después de la germinación de las semillas; la suspensión de *P. cinnamomi*, se preparó a una concentración de 1x10<sup>5</sup> es-

porangios/mL (Latorre, 1988). La inoculación, se efectuó al sustrato en tres orificios equidistantes a 5cm del cuello de la raíz principal y se aplicaron 20mL de la suspensión por plántula; luego, se aplicó riego diario, para proveer las condiciones favorables para el desarrollo del patógeno.

Los tratamientos químicos y biológicos, se iniciaron un mes después de la inoculación; se aplicaron 200mL de la solución de cada producto al suelo, saturando la zona radical de cada plántula de aguacate; se realizaron tres aplicaciones cada 30 días.

Para el análisis de varianza, se manejó el programa Statistical Analysis System, SAS, complementado con la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

**Variables de respuesta:** Se hicieron evaluaciones a las 6, 12 y 18 semanas después de la inoculación, a las variables de respuesta: porcentaje de incidencia, población de *P. cinnamomi* en el suelo, severidad, altura de plántulas y peso seco de las plántulas; también, se hizo análisis foliar de nutrientes y de actividad enzimática de la celulasa en suelo, a las 18 semanas. **Incidencia (%):** el porcentaje de plantas afectadas por la pudrición radical, se calculó relacionando el número de plántulas afectadas con el número total de plántulas de aguacate de cada tratamiento. **Población del patógeno en la rizósfera:** se tomaron tres muestras de suelo entre 10 y 20cm de profundidad en la zona radical (rizósfera) de cada plántula, el equivalente de 10 g de suelo (peso seco), se mezcló con 100mL de una solución agua-agar al 0,25%; luego, se tomaron 2mL de la suspensión (suelo-agua-agar), se sembraron en cajas Petri con medio selectivo (PDA+ antibióticos + fungicidas), para *P. cinnamomi* (Kellan & Coffey, 1985); posteriormente, se incubaron a 27,7°C, por tres días, después se realizó el conteo del número de colonias presentes en cada caja Petri, expresado en propágulos por gramo de suelo seco (Gabor & Coffey, 1990). **Severidad (%):** las plántulas de aguacate de cada tratamiento y de los tipos de fertilización, se separaron de la bolsas y se retiró la tierra de las raíces, se procedió a un lavado completo del sistema radical y, la evaluación, se practicó visualmente en cada una de las plántulas, utilizando la escala descriptiva, propuesta por Castaño-Zapata (1989), en donde: 1 = Plantas sanas o base del tallo sano, hasta el 1% de las raíces afectadas; 3 = Base del tallo ligeramente necrosado, alrededor del 5% de las raíces afectadas; 5 = Base del tallo necrosado, alrededor del 10% de las raíces afectadas; 7 = El tercio inferior del tallo necrosado, alrededor del 25% de las raíces afectadas, observándose, además, una marcada reducción del sistema radical y 9 = Tallo totalmente necrosado, alrededor del 50% o más de las raíces afectadas, ocasionando una reducción severa en el número y longitud de las raíces. **Análisis foliar de nutrientes:** se recolectaron cuatro hojas expandidas de cada plántula de aguacate, se empacaron en bolsas de papel

y se marcaron; luego, se colocaron en un horno de secado a 70°C por tres días; posteriormente, se pesaron 30g de hojas secas por tratamiento y de cada tipo de fertilización y se enviaron al laboratorio de Química de Suelos del C.I. Tibaitatá (CORPOICA), Bogotá, para su respectivo análisis. La interpretación de los resultados del análisis foliar de macro y de micronutrientes, se realizó siguiendo el criterio de Chapman (1973). Altura (cm) de plántulas: se utilizaron tres plántulas por tratamiento y en cada tipo de fertilización, se tomó desde la base de la plántula (cuello de la raíz principal) hasta la hoja recién emitida y expandida. Peso seco (g) de raíces, tallo y hojas: las muestras se dispusieron dentro de bolsas de papel, se rotularon y se colocaron dentro de un horno de secado a 75°C por tres días; posteriormente, se sacaron y se pesaron en una balanza analítica. Actividad enzimática de la celulasa en el suelo rizosférico: se tomaron tres submuestras de suelo de la rizósfera de cada plántula, entre 5 y 10cm de profundidad; estas submuestras se mezclaron para obtener una sola muestra por cada tratamiento; las muestras fueron

empacadas en bolsas plásticas y rotuladas, se colocaron en una caba de icopor con hielo y se enviaron a CORPOICA; el procesamiento, se efectuó según el método de Pancholy & Rice (1973), modificado por García-Álvarez & Ibáñez (1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización molecular de *Phytophthora cinnamomi* mediante PCR-RFLP:** los aislamientos fueron analizados por la técnica de PCR-RFLP, mediante la amplificación de la región ITS, con los cebadores específicos A2/I2, utilizados para la detección de especies de *Phytophthora*; en los aislamientos Ag-040 y Ag-037, se obtuvo una banda de 828 pb, identificando estos aislamientos dentro del género *Phytophthora* (Figura 1); las bandas obtenidas de los diferentes aislamientos con los cebadores A2/I2 fueron digeridas con dos enzimas de restricción *MspI*, *RsaI* (Figura 2), obteniendo la igualdad en el tamaño de bandas de 123 pb para la especie *Phytophthora cinnamomi* (Drenth *et al.* 2006).

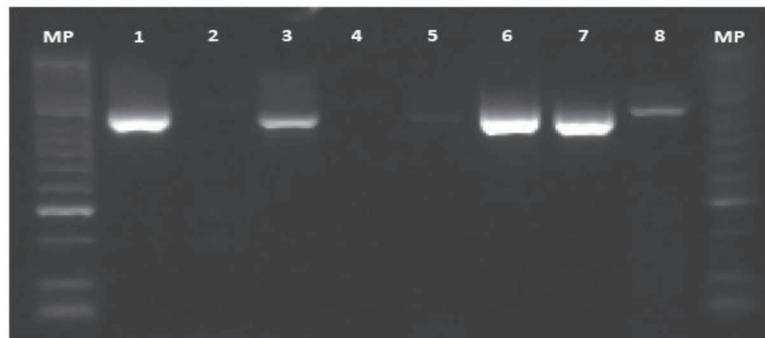


Figura 1. Cebadores específicos A2/I2. 1) Aislamiento Ag-040; 2) Aislamiento Ag-041; 3) Aislamiento de *Phytophthora* spp. UNAL Palmira; 4) Control negativo; 5) Aislamiento Ag-034; 6) Aislamiento Ag-037; 7) Control positivo *Phytophthora palmivora* y 8) Control positivo *Phytophthora cinnamomi*.

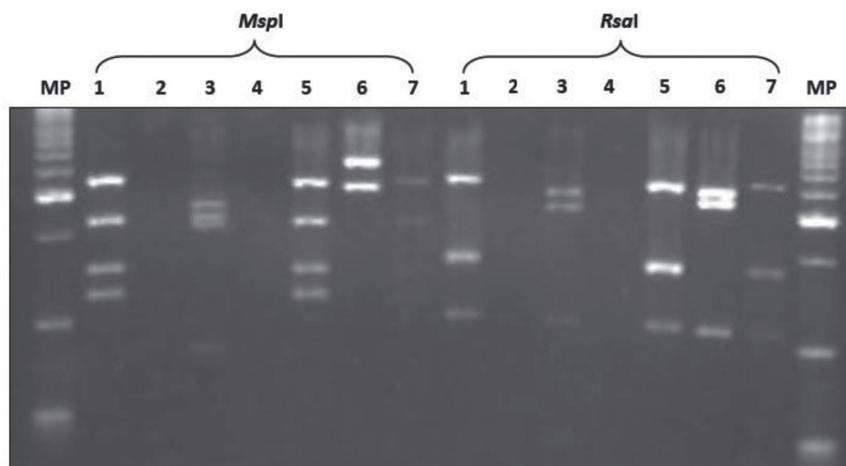


Figura 2. Digestión del producto amplificado A2/I2, con las enzimas de restricción *MspI*, *RsaI*. 1) Aislamiento Ag-040; 2) Aislamiento Ag-041; 3) *Phytophthora* spp.; 4) Aislamiento Ag-034; 5) Aislamiento Ag-037; 6) *Phytophthora palmivora* y 7) *Phytophthora cinnamomi*.

**Incidencia (%) de la enfermedad:** el 100% de las plántulas fueron afectadas por la enfermedad, algunas presentaron síntomas de marchitez hasta llegar a la muerte, demostrando que los aislamientos Ag-037 y Ag-040 de *P. cinnamomi* fueron efectivos en producir la infección de las raíces.

**Propágulos del patógeno en la rizósfera (pgs):** hubo diferencias significativas entre tratamientos. En los tratamientos químicos y en las tres evaluaciones con Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-AI 35% y el Fosfito de potasio, hubo una disminución en la población del patógeno en el suelo, de 41, 30 y 48%, respectivamente, en relación a las plántulas testigo (Tabla 1); en los tratamientos con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum*, se observó la colonización de *T. harzianum* sobre *P. cinnamomi* (Figura 3); coincidiendo con los resultados de García *et al.* (2003), quienes indican que *Trichoderma* es un microorganismo celulolítico y los de Erwin & Ribeiro (1996), quienes demostraron que *T. harzianum* es un hongo inhibitorio de *P. cinnamomi*, vía competición, antibiosis o parasitismo.

Los promedios entre tratamientos en los tres períodos evaluados presentaron una disminución en la población del patógeno en el suelo, del 12, 13 y 5% en la fertilización inte-

grada, destacándose el tratamiento con Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, con relación a la fertilización química; el suelo utilizado en el experimento tuvo un pH por encima de 6 y el contenido de materia orgánica fue superior a 7%; además, en la fertilización integrada, se aplicó materia orgánica a base de gallinaza, concordando con Pegg *et al.* (1982) y Broadbent & Baker (1974), quienes encontraron que, en suelos con altos niveles de materia orgánica (>7%), alta relación C:N y pH superior a 6, se mantiene una población alta de microorganismos antagonistas, las cuales, pueden reducir la población de *P. cinnamomi*.

**Severidad (%) de la enfermedad:** se observó diferencias altamente significativas entre tratamientos en las tres evaluaciones. La prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, mostró al grupo de tratamientos químicos Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-AI 35% y el Fosfito de potasio, con valores de severidad de la enfermedad más bajos, encontrándose una disminución de 46, 45 y 63%, respectivamente; de igual forma, los tratamientos con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum*, presentaron disminución en la severidad, de 19, 28 y 17%, respectivamente, con respecto al testigo (Tabla 2). También, se observó una disminución en los grados de severidad en el

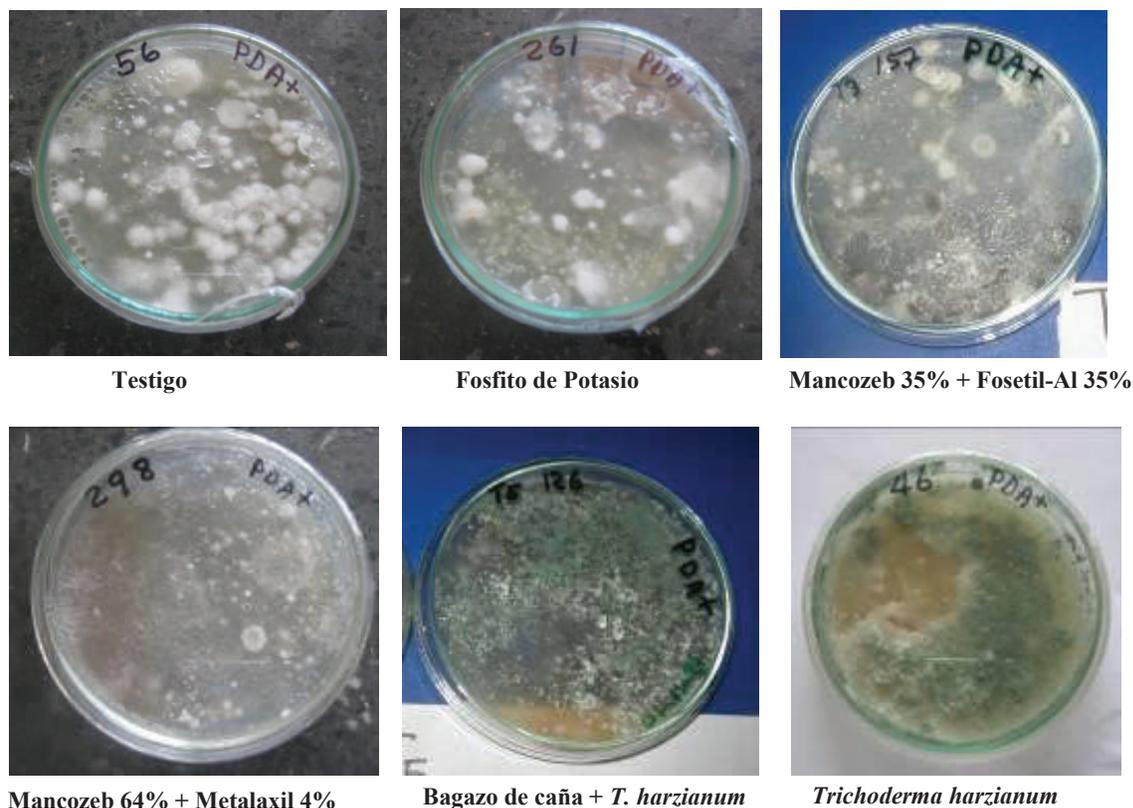


Figura 3. Colonias de *P. cinnamomi* aisladas del suelo, de acuerdo con los tratamientos.

Tabla 1. Efecto de los productos químicos y biológicos sobre el patógeno en el suelo, después de 6, 12 y 18 semanas de la inoculación de *P. cinnamomi*.

Tratamientos	Dosis	Propágulos por gramo de suelo		
		Semanas		
		6	12	18
Mancozeb 64% + Metalaxil 4%	3,7 g/L	20,8 B *	26,1 B	25,6 C
Mancozeb 35% + fosetil-Al 35%	5 g/L	20,8 B	35,7 AB	25,9 C
Fosfito de potasio	10 cm <sup>3</sup> /L	24,9 B	32,3 AB	30,9 BC
Bagazo de caña + <i>T. harzianum</i>	2 kg	26 AB	50,3 A	37,7 ABC
<i>Trichoderma harzianum</i>	1 g/L	24,1 B	36 AB	38,6 AB
Testigo	---	35,2 A	51,2 A	49,9 A
DMS		9,5	19,1	12,3

\* Promedios en cada columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5%.

tipo de fertilización integrada en los tres períodos evaluados, con un porcentaje de disminución de 9, 19 y 11%, respectivamente, respuesta que puede ser debida a los ingredientes activos de metalaxil y fosetil-Al, muy activos contra *P. cinnamomi* (Coffey, 1987) y al antagonismo sobre el patógeno de los microorganismos presentes en la materia orgánica. La disminución de la severidad de la Pudrición radical por el efecto de los productos químicos y biológicos, concuerda con Mora *et al.* (1987), Rosas *et al.* (1986), Coffey (1987), Valenzuela *et al.* (1985), Downer *et al.* (2002), Broadbent & Baker (1974) y Allen *et al.* (1980), quienes observaron que algunos de los productos usados, exitosamente, para el manejo de esta enfermedad fueron: Metalaxil, Fosetil-Al, Fosfito de potasio, estiércol de bovino, paja de alfalfa, coberturas orgánicas a base de celulosa, materia orgánica y microorganismos antagonistas.

**Altura (cm) de las plántulas de aguacate:** se presentaron diferencias altamente significativas y significativas entre tratamientos. En la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, se observó que los tratamientos, en las tres evaluaciones, con químicos (Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35% y el Fosfito de potasio), aumentaron la altura de las plántulas; el incremento alcanzó 36, 17 y 32%, respectivamente; asimismo, estos tratamientos disminuyeron notablemente la población del patógeno en el suelo y la severidad. Al considerar los tratamientos con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum*, también presentaron, en la primera y tercera evaluación, un ligero aumento en la altura de las plántulas con respecto al testigo, de 10 y 18%, respectivamente. Los promedios entre tratamientos presentaron un ligero aumento en la altura de las plántulas con la fertilización integrada, siendo de 1,8 y 1,4%,

Tabla 2. Efecto de los productos químicos y biológicos sobre la severidad de la Pudrición radical del aguacate a las 6, 12 y 18 semanas después de la inoculación de *P. cinnamomi*.

Tratamientos	Dosis	Severidad (%)		
		Semanas		
		6	12	18
Mancozeb 64% + Metalaxil 4%	3,7g/L	3,1 D *	2,9 C	2,8 B
Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35%	5g/L	3,3 CD	3,3 BC	3,8 B
Fosfito de potasio	10cm <sup>3</sup> /L	4,0 BCD	2,9 C	3,1 B
Bagazo de caña + <i>T. harzianum</i>	2kg	4,7 ABC	4,7 AB	6,5 A
<i>Trichoderma harzianum</i>	1g/L	5,0 AB	3,8 ABC	6,3 A
Testigo	---	5,8 A	5,3 A	7,6 A
DMS		1,5	1,5	2,1

\* Promedios en cada columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey al 5%.

incremento reflejado en los tratamientos, donde se utilizó Fosfito de potasio y Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35%.

**Peso seco (g) de las plántulas:** hubo diferencias significativas y altamente significativas entre tratamientos en la primera y tercera evaluación. La prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, mostró, que en las tres evaluaciones, los tratamientos químicos (Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35% y el Fosfito de potasio) produjeron los valores más altos de peso seco de las plántulas, con respecto al testigo; sin embargo, es importante destacar el tratamiento con Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35%, el cual, presentó en los tres periodos evaluados, los mayores valores de peso seco, con incrementos de 69, 41 y 90%, respectivamente, con relación al testigo. Tanto el Fosetil-Al y el Fosfito de potasio tienen ingredientes activos similares, que son recomendados como fungicidas y otros como fertilizantes, aunque los fosfitos de potasio son útiles para el control de patógenos (PLM, 2012), también proporcionan resistencia a la enfermedad y un mayor desarrollo de las plántulas de aguacate; de igual forma, las plantas que recibieron los tratamientos con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum*, también presentaron un incremento del 19,6% de peso seco, con relación al testigo.

El promedio de peso seco de las plántulas entre tratamientos conservaron un aumento con la fertilización integrada, siendo los incrementos de 10, 10 y 5%, destacándose Mancozeb 35% + Fosetil-AL 35% y Fosfito de potasio; concluyendo que la acción de la materia orgánica y los biofertilizantes utilizados favorecieron el desarrollo de las plántulas de aguacate.

**Actividad enzimática de la celulasa ( $\mu\text{g}$  de glucosa  $\text{g}^{-1}$  suelo seco  $\text{h}^{-1}$ ):** hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los mayores valores de actividad enzimática de la celulasa, se observó en el suelo tratado con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum* solo, con valores de 0,55 y 0,48  $\mu\text{g}$  de glucosa  $\text{g}^{-1}$  suelo seco  $\text{h}^{-1}$ , superiores al del testigo, que fue de 0,45; los tratamientos con Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35% y Fosfito de potasio, tuvieron valores de 0,39, 0,37 y 0,24; valores muy por debajo del testigo, que fue de 0,45  $\mu\text{g}$  de glucosa  $\text{g}^{-1}$  suelo seco  $\text{h}^{-1}$ ; probablemente, los microorganismos del suelo que degradan la celulosa fueron afectados por los fungicidas. El aumento significativo en la actividad enzimática de la celulasa, concuerda con García *et al.* (2003), quienes encontraron que la celulasa tiene su origen en la acción de los microorganismos celulolíticos, con especies de hongos de *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium*, y bacterias aerobias como anaerobias, como *Cytophaga*, *Cellulomonas*, *Clostridium* y *Streptomyces*.

El efecto del bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum*, sobre la población de *P. cinnamomi* en el suelo y la severidad

de la enfermedad, demuestra que la acción de la celulasa en el desdoblamiento de la celulosa tuvo un efecto adverso sobre *P. cinnamomi*, porque su pared celular, a diferencia de la mayoría de hongos, está compuesta de celulosa y glucanos. En la fertilización integrada hubo un aumento en el sustrato orgánico, que conduce a incrementar la población de hongos y de bacterias en el suelo; este incremento en la biomasa microbiana ha sido asociado con la supresión de la enfermedad (Shea & Broadbent, 1983; Erwin & Ribeiro, 1996).

**Análisis foliar de macronutrientes:** el contenido de materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) en el suelo (sustrato) fue alto; sin embargo, la concentración del nitrógeno (N) en las hojas de las plántulas de aguacate, mostraron un nivel deficiente (<1,6%) en todos los tratamientos y en los tipos de fertilización; el nivel bajo de N en las hojas, puede ser debido a la pérdida en el suelo por lixiviación o lavado causado por el agua de riego (Guerrero, 1995) y al ataque severo de *P. cinnamomi* en las raíces de las plántulas de aguacate. El nivel de P en el tejido foliar fue adecuado (0,08-0,25%) en todos los tratamientos, cuya función principal en el suelo es estimular el desarrollo de las raíces; las zoosporas de *P. cinnamomi* infectan, principalmente, a las raíces jóvenes (Castaño-Zapata & Del Río, 1994) y la diseminación rápida del patógeno, se debe a que las zoosporas son atraídas por sustancias que exudan las raíces (Aveling & Rijkenberg, 1986; Bekey, 1987; Coffey, 1991).

La concentración de K en las hojas solamente sobrepasó el nivel deficiente (>0,35%), que fue muy similar en todos los tratamientos y en los dos tipos de fertilización; sin embargo, es importante considerar que en el suelo había buena disponibilidad de este elemento, pero no fue absorbido por las plántulas de aguacate en las cantidades necesarias, el elemento es altamente móvil en la planta y puede mejorar la resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Tamayo, 2008; Silva, 1994).

El Ca en las hojas solamente sobrepasó el nivel deficiente (> 0,50%) en todos los tratamientos y en los tipos de fertilización; la absorción del Ca por las plántulas de aguacate fue muy poca; en el suelo había disponibilidad. Según Lee & Zentmyer (1982), la incorporación de calcio al suelo es importante, ya que se ha demostrado que este elemento reduce la severidad de la Pudrición de la raíz causada por *P. cinnamomi*. El Ca es un ion importante en la estructura de la pared celular, particularmente, de la lamela media y ayuda a el endurecimiento de la pared celular (Silva, 1994).

**Análisis foliar de micronutrientes:** los resultados del análisis del suelo mostraron concentración alta en hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) y media de manganeso (Mn) y boro (B); sin embargo, el análisis de tejido foliar en las plántulas de

aguacate presentaron niveles de concentración deficiente: Cu (<5ppm), Zn (<30 ppm) y B (<50ppm), con excepción del Fe, que presentó un nivel excesivo (>200ppm) y Mn que tuvo un nivel de concentración adecuado (30-200ppm). Los análisis de tejido foliar mostraron poca variación en la concentración de los micronutrientes, entre tratamientos; no obstante, hubo diferencias entre los tipos de fertilización. Por su parte, la Pudrición de las raíces, se desarrolló desde el momento de la inoculación, disminuyendo la posibilidad de absorción y la movilización de los micronutrientes del suelo hacia la parte aérea de las plántulas, mostrando escaso desarrollo foliar y proliferación de raíces nuevas; según Valenzuela *et al.* (1985), suelos fértiles y con alto contenido de materia orgánica favorecen el crecimiento radical del aguacate, lo cual, permite una remoción rápida de agua y de nutrimentos.

Se concluye que los aislamientos Ag-037 y Ag-040 caracterizados morfológica y molecularmente, como *Phytophthora cinnamomi*, causaron incidencia del 100% de la Pudrición radical. La fertilización química y biofertilización disminuyeron la población de *P. cinnamomi* en el suelo y la severidad de la enfermedad; de igual forma, aumentaron la altura y el peso seco de las plántulas de aguacate. En la fertilización integrada hubo una disminución significativa en la población de *P. cinnamomi* en el suelo y la severidad de la enfermedad, con relación a la fertilización química; asimismo, mostró un aumento en la altura de las plántulas y el peso seco, en las primeras evaluaciones.

Los suelos tratados con bagazo de caña + *T. harzianum* y *T. harzianum* solo, presentaron los valores más altos de actividad enzimática de la celulasa, respecto al testigo; es importante considerar que el bagazo tiene un contenido alto de celulosa (46%) y *T. harzianum* es un microorganismo celulolítico que, al degradarse la celulosa, puede tener un efecto adverso contra *P. cinnamomi*, cuya pared celular está compuesta de celulosa y glucanos.

Mancozeb 64% + Metalaxil 4%, Mancozeb 35% + Fosetil-Al 35%, Fosfito de potasio, *T. harzianum* y cobertura orgánica a base de bagazo de caña con alto contenido de celulosa y suelos fértiles con alto contenido de materia orgánica, disminuyeron significativamente la enfermedad, indicando que pueden ser utilizados en programas de manejo integrado de la enfermedad.

**Agradecimientos.** A CORPOICA, Centro de Investigación Palmira, por el apoyo financiero. Al CIAT, por la identificación molecular de *P. cinnamomi* mediante PCR y PCR-RFLP. **Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Este estudio fue financiado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G.N. 2005. Plant pathology. 5 ed. San Diego, Estados Unidos. Academic Press. 905p.
2. ALLEN, R.; PEGG, K.; FORSBERG, L. 1980. Fungicidal control in pineapple and avocado of diseases caused by *Phytophthora cinnamomi*. Austral. J. Exp. Agric. Animal Husbandry. 20:119-124.
3. AVELING, T.; RIJKENBERG, F. 1986. Infection of susceptible avocado by *Phytophthora cinnamomi*. South Afr. Avocado Growers Assoc. Yearbook. 9:55-56.
4. BARTOLI, J.A. 2008. Manual técnico del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* L.). La Lima, HN, FHIA. Disponible desde Internet en: <http://www.hondurasag.org> (con acceso 27/10/2013).
5. BEKEY, R. 1987. California avocado diseases. California Grower. 11(5):18-21.
6. BERNAL, J.; BALLEEN, M. 2007. Fosfitos en nutrición vegetal: 2a entrega, Calcio y fósforo en las plantas. ACOPAFLO La Revista. p.38-42.
7. BROADBENT, P.; BAKER, K.F. 1974. Comportamiento de *Phytophthora cinnamomi* en suelo supresivo y favorable a la Pudrición de raíz. Diario Austral. Invest. Agr. 25:121-137.
8. CASTAÑO-ZAPATA, J. 1989. Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Fitopat. Col. 13(1):9-19.
9. CASTAÑO-ZAPATA, J.; DEL RÍO, L. 1994. Guía para diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. 3ª ed. Zamorano Academic Press. Honduras C.A. 287p.
10. CHAPMAN, D. 1973. Diagnostic criteria for plants and soils. Quality Printing Inc. Riverside, California. USA. p.13-23.
11. COFFEY, M.D. 1987. *Phytophthora* root rot of avocado. Plant Disease. 71(11):1046-1052.
12. COFFEY, M.D. 1991. Cause and diagnosis of avocado root rot. California Grower. 15(3):17-23.
13. DRENTH, A.G., WAGELS, B., SENDALL, C.O., DWYER, G.; INWIN, J.A. 2006. Development of a DNA-based method for detection and identification of *Phyto-*

- pthora* species. Austral. Plant Pathol. Soc. 35: 147-159.
14. DOWNER, J.; FABER, B.; MENGE, J. 2002. Factors affecting root rot control in mulched avocado orchards. HortTech. 12(4):601-605.
  15. ERWIN, D.C.; RIBEIRO, O.K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, St. Paul. 562p.
  16. FRAC. 2011. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Fungicide Resistance Action Committee. 10p.
  17. GARCÍA, C.; GIL, F.; HERNÁNDEZ, T.; TRAZAR, C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 347p.
  18. GARCÍA, A.; IBAÑEZ, J.J. 1994. Seasonal fluctuations and crop influence on microbiota an enzyme activity in fully developed soils of central Spain. Arid Soil Res. Rehab. 8:161-178.
  19. GABOR, B.K.; COFFEY, M.D. 1990. Quantitative analysis of the resistance to *Phytophthora cinnamomi* in five avocado rootstocks under greenhouse conditions. Plant Disease. 74(11):882-885.
  20. GUERRERO, R.R. 1995. Fertilización de cultivos en clima medio. Monómeros Colombo Venezolanos. S.A. 2ª Ed. 262p.
  21. HO, H. 1992. Keys to the species of *Phytophthora* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. (Taiwan). 1:104-109.
  22. HO, H.; ANN, F.J.; CHANG, H.S. 1995. The genus *Phytophthora* in Taiwan. Institute of Botany. Acad. Sinica. Monograph series 15. 86p.
  23. KELLAN, M.K.; COFFEY, M.D. 1985. Quantitative comparison of the resistance to *Phytophthora* root rot in three avocado rootstocks. Phytopath. 75:230-234.
  24. LATORRE, B. 1988. Enfermedades de las plantas cultivadas. 2ª ed. Santiago, Universidad Católica de Chile. 307p.
  25. LEE, B.S.; ZENTMYER, G.A. 1982. Influence of calcium nitrate and ammonium sulfate on *Phytophthora* root rot of *Persea indica*. Phytopath. 72:1558-1564.
  26. LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. TRILLAS. México. 268p.
  27. MONDINO, P. 2008. Control químico de enfermedades de plantas, segunda parte. Grupos químicos. Disponible desde Internet en: [http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/Materiales/Teoricos200708/Control\\_quimico\\_de\\_enfermedades\\_de plantas\\_%20a\\_%20parte.pdf](http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/Materiales/Teoricos200708/Control_quimico_de_enfermedades_de plantas_%20a_%20parte.pdf) (con acceso 16/10/2013).
  28. MORA, G.; TELIZ, D.; GARCÍA, R.; SALAZAR, S. 1987. Manejo integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacate (*Persea americana*). Cuarta Eval. Anual. Rev. Soc. Mex. Fitopat. 16:74-81.
  29. PANCHOLY, S.K.; RICE, E.L. 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: Amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urease. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:47-50.
  30. PEGG, K.G.; FORSBERG, L.; WHILEY, A.W. 1982. Avocado root rot. Queensland Agric. J. 108:162-168.
  31. PEGG, K.G.; COATES, L.M.; KORSTEN, L.; HARDING, R.M. 2002. Foliar, fruit and soilborne diseases. In: Whiley, A.W.; Schaffer, B.; Wolstenholme, B.N. (eds.). Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publ. p.299-338.
  32. PLM®. 2012. DEAQ. Diccionario de especialidades agroquímicas. Edición 22. 1.283p.
  33. ROSAS, M.; TELIZ, D.; GARCÍA, R.; SALAZAR, S. 1986. Influencia de estiércol, alfalfa y metalaxil en la dinámica poblacional de *Phytophthora cinnamomi* Rands causante de la tristeza del aguacate (*Persea americana* Mill). Rev. Mex. Fitopat. 4:114-123.
  34. SHEA, S.P.; BROADBENT, P. 1983. Development in cultural and biological control of *Phytophthora* diseases. In: Erwin, D.C.; Bartnicki-Garcia, S.; Tsao, P.H. (eds). *Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. APS Press. p.335-350.
  35. SILVA, M.F. 1994. Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Soc. Col. de la Ciencia del Suelo. Nueva Ed. Santafé de Bogotá. 507p.
  36. TAMAYO, P.J. 2008. Enfermedades y desordenes abióticos. En: Tecnología Para el Cultivo del Aguacate. Manual Técnico 5. CORPOICA. C.I. La Selva. Rionegro Antioquia. Colombia. 241p.
  37. TSAO, P.; GUIY, S. 1983. Factors affecting isolation and quantitation of *Phytophthora* from soil. In: Erwin, C.D.; Barnicki-Garcia, S.; Tsao, P.H. (eds). *Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. APS Press. p.219-235.

38. VALENZUELA, J.G.; TELIZ, D.; GARCÍA, R.; SALAZAR, S. 1985. Manejo integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacatero en Atlixco, Pue. Rev. Mex. Fitopat. 3:18-30.
39. VIDALES, J.A.; ALCÁNTAR, J.J. 2006. Mal de la Tristeza (*Phytophthora cinnamomi* Rands) del aguacatero (*Persea americana* Mill.). Bol. El Aguacatero No. 45 Disponible desde Internet en: <http://www.aproam.com/boletines/aguacatero.html> (con acceso 16/10/2013).
- Recibido: Octubre 4 de 2013  
Aceptado: Marzo 28 de 2014

Como citar:

Leal, J.M.; Castaño, J.; Bolaños, M.M. 2014. Manejo de la pudrición radical (*Phytophthora cinnamomi* Rands) del aguacate (*Persea americana* Linneo). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 105-114.

# RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ESTOMÁTICA, LA TRANSPIRACIÓN Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN FEIJOA (*Acca sellowiana* [O. BERG] BURRET)

## RELATIONSHIP BETWEEN STOMATAL DENSITY, TRANSPIRATION AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN PINEAPPLE GUAVA (*Acca sellowiana* [O. BERG] BURRET)

Jeison Naizaque<sup>1</sup>, Gustavo García<sup>1</sup>, Gerhard Fischer<sup>2</sup>, Luz Marina Melgarejo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia), e-mail: naizaque@hotmail.com, gagarciavi@gmail.com; <sup>2</sup>Ingeniero Hortícola, Ph.D., Profesor Asociado, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia), e-mail: gfischer@unal.edu.co; <sup>3</sup>Bióloga, Ph.D. Profesora Titular, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia), e-mail: lmmelgarejom@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 115-121, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

La feijoa es una planta con un alto grado de adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona andina y, a pesar del aumento de la demanda nacional e internacional, son muchos los aspectos que faltan por conocer acerca de su fisiología. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la tasa de transpiración, la densidad estomática y los factores ambientales asociados, en los estratos superior e inferior de la copa de árboles de feijoa, en un cultivo localizado en Tibaná (Boyacá, Colombia), bajo condiciones de campo. Se realizaron mediciones de la temperatura foliar, la tasa de transpiración, la irradiancia y la humedad relativa (HR) en los dos estratos, durante 7 horas, del día (8:00, 9:00, 10:00, 11:00 am, 12:00 m, 1:00 y 2:00 pm). En el estrato superior, se observó mayor tasa de transpiración y mayor número promedio de estomas,  $91/\text{mm}^2$  vs.  $78/\text{mm}^2$  del inferior. La transpiración foliar aumentó de manera directa con el incremento de la temperatura (siendo mayor en el estrato superior que en el inferior) y con la irradiancia, en tanto que aumentó a medida que disminuyó la humedad relativa.

Palabras clave: Estomas; irradiancia; humedad relativa; temperatura; estrato copa.

### SUMMARY

Pineapple guava is a plant with a high adaptation to environmental conditions of the Andean region. Although there exists an increased national and international demand, there are many physiological aspects that still need to be known. This study aimed to evaluate the transpiration rate, the density of stomata, and the associated environmental factors in the upper and lower stratum of the tree crown of the pineapple guava crop in Tibaná municipality (Boyacá, Colombia), under open air conditions. Measurements were made of leaf temperature, transpiration rate, irradiance and relative humidity (RH) in two strata during 7 daily hours (8:00, 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00 and 14:00 h). The upper stratum showed a higher transpiration rate and a major average number of stomata,  $91/\text{mm}^2$  vs.  $78/\text{mm}^2$  in the lower stratum. Leaf transpiration increased directly with increasing temperature (more in the upper stratum than in the lower stratum) and with the irradiance; while transpiration increased as the relative humidity decreased.

Key words: Stomata; irradiance; relative humidity; temperature; crown stratum.

### INTRODUCCIÓN

La feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret, familia Mirtaceae) es una planta arbustiva subtropical, originaria de Sud-

américa, específicamente, de las zonas comprendidas entre el sur de Brasil, Uruguay, las partes altas del lado occidental de Paraguay y el nororiente de Argentina (Schumann & Lüdders, 1992).

Agronet (2014) reportó, para el 2012, una producción de 1.335ton de feijoa, sobre un área total de 176ha, en los departamentos de Boyacá (164ha), Cundinamarca (5ha), Norte de Santander (2ha) y Santander (5ha), con un rendimiento promedio de  $7,6 \text{ t ha}^{-1}$ ; sin embargo, Quintero (2012) estimó para Colombia un área sembrada de feijoa de 650ha. Este último autor recomienda para la siembra sitios en altitudes entre 1.800 y 2.700msnm. Barrero (1993) considera que las temperaturas mínimas y máximas promedios ideales se encuentran entre 13 y  $21^{\circ}\text{C}$  (con un promedio de  $16^{\circ}\text{C}$ ). De acuerdo con Quintero (2012), la feijoa prefiere localidades con precipitaciones entre los 700 y 1.200mm al año; no obstante, toleran precipitaciones de hasta 2.000mm anuales, en condiciones de buena luminosidad y humedad relativa promedio del 70%. Cultivos a plena exposición solar prosperan mejor, por lo cual, zonas con 1.500 horas o más de brillo solar/año son muy aptas (Quintero, 2012).

La feijoa es una planta adaptada a condiciones secas; posee hojas pequeñas, coriáceas, con cutícula gruesa y alta densidad de tricomas, que disminuyen el área transpiratoria de la planta (Fischer, 2003). Además, el color verde brillante en el haz y blanquecina en el envés de las hojas de feijoa (Fischer, 2003) disminuyen la pérdida de agua, comparada con hojas de sólo color verde oscuro (Kozlowski & Pallardy, 1997).

Los estomas de feijoa, se encuentran ubicados en la epidermis de la hoja, en la parte abaxial (envés) (Fischer, 2003). Se ha reportado en otras especies, que el número de estomas por área de superficie foliar (densidad o frecuencia estomática), se registra entre 10 y 2.000 por  $\text{mm}^2$  (Öpik & Rolfe, 2005).

La evaporación del agua en las hojas facilita el movimiento del agua y nutrientes en la planta (Sánchez-Díaz & Aguirreolea, 2008); es el proceso, mediante el cual, el agua pasa a través del continuo agua-suelo-planta-atmósfera (López, 2000). En la planta, se evapora desde la superficie interna que rodea las células de las cámaras subestomáticas y pasa a través de los estomas, hacia la fase gaseosa del ambiente de la hoja (Salisbury & Ross, 2000). Sánchez-Díaz & Aguirreolea (2008) estiman que a lo largo de la vida de una planta, se pierde 95% del agua absorbida por transpiración.

La cantidad de agua que utiliza y transpira la planta depende de la especie y de las condiciones ambientales cambiantes (Gariglio *et al.* 2007). Evidentemente, los factores ambientales no solamente influyen en los procesos físicos de difusión y de evaporación, sino también en la apertura y en el cierre

de los estomas de la superficie foliar, a través de los que pasa el agua y el  $\text{CO}_2$  (Salisbury & Ross, 2000). Los factores ambientales más importantes que afectan la transpiración son: radiación solar, déficit de presión de vapor del aire, temperatura, velocidad del viento, concentración de  $\text{CO}_2$  y disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo (Sánchez-Díaz & Aguirreolea, 2008; Pritchard & Amthor, 2005).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la tasa de transpiración, la densidad estomática y los factores ambientales de humedad relativa, temperatura e irradiancia, dentro de la copa de árboles de feijoa, con el fin de diferenciar el comportamiento entre hojas del estrato superior e inferior.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio:** El área de estudio está localizada en el municipio de Tibaná (departamento de Boyacá), en la finca El Triunfo, vereda Sírama, ubicada a una altitud de 2.100msnm y a  $5^{\circ}19'14''\text{N}$  y  $73^{\circ}24'02''\text{W}$ . La temperatura media del sitio fue de  $16^{\circ}\text{C}$  y corresponde al Bosque seco, casi húmedo, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (IGAC, 2003), con una precipitación promedio anual de 924mm y con régimen pluvial bimodal (marzo-mayo y septiembre-noviembre) (IDEAM, 2007).

**Material vegetal:** El trabajo de campo, se llevó a cabo en enero de 2010, con árboles de feijoa (variedad no definida debido a la propagación por semilla), de 10 años de edad, sembrados a una distancia de 3m, entre hileras y 5m, entre plantas, para una densidad de 650 árboles/ha. Los árboles tuvieron una altura de 2m en promedio y la fertilización con macro y micronutrientes, se realizó según la experiencia de los cultivadores de la zona, dos veces por año. En el momento de las mediciones, el suelo se encontró en capacidad de campo (-0,02 MPa).

**Densidad estomática:** A través de la técnica de esmalte, se realizaron improntas de la parte media del envés de las hojas muestreadas, a las 8 am, previa eliminación de tricomas (Pérez *et al.* 2010; Sánchez *et al.* 2013), para observación y conteo de estomas con Microscopio marca Olympus®, objetivo 40X. Posteriormente, se determinó el número de estomas en 5X; este procedimiento se realizó tres veces por campo y se promedió.

**Tasa de transpiración y determinación de variables:** Los datos, se tomaron aleatoriamente con un porómetro marca Li-Cor® serie Li-1600. Se registró humedad relativa (% HR), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), irradiancia ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), de las diferentes hojas. Se muestrearon nueve hojas por estrato (superior e inferior) de la copa. Los valores, se registraron en 7 horas del día (8:00, 9:00, 10:00 y 11:00 am, 12:00 m y 13:00 y 14:00 pm), durante 3 días diferentes,

presentando los resultados del primer día de las mediciones, con condiciones climáticas típicas de la zona. Las hojas muestreadas fueron identificadas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

**Análisis estadístico:** El ensayo, se realizó en forma de un estudio descriptivo. Para la variable número de estomas, se utilizó el programa analítico SAS® versión 9.0, aplicando la prueba t de Student a una probabilidad de  $P \leq 0,001$ . Para las demás variables climáticas, se efectuaron correlaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Número de estomas:** El promedio de estomas presentes en el envés de las hojas del estrato superior de la copa fue de 91 estomas/mm<sup>2</sup> y significativamente mayor ( $P \leq 0,001$ ), en un 14,3%, comparado con el estrato inferior, con 78 estomas, aunque menor al promedio reportado para otra especie mirtácea, el arazá (Barrera *et al.* 2009). Friedrich & Fischer (2000) indican que en el estrato superior, se presenta mínimo sombrero mutuo y las hojas están en pleno crecimiento, lo que favorece el desarrollo de los estomas. Adicionalmente, en el estrato inferior, se presenta menor irradiación compa-

rado con el estrato superior (Tabla 1), lo cual, está relacionado con la densidad estomática observada; en acuerdo a lo reportado por Öpik & Rolfe (2005), quienes indican que en muchas especies la frecuencia estomática decrece en la medida que disminuye la irradiación. Martínez-Vega *et al.* (2008) registraron en árboles de feijoa, 35% de la radiación solar incidente en la base inferior de la copa, comparado con 90% de radiación, en la parte superior de la copa. De la misma manera, en arazá, se reporta la presencia de estomas restringidos a la parte abaxial (envés) de la hoja y mayor densidad en hojas desarrolladas a alta irradiación, en comparación con baja irradiación (Barrera *et al.* 2009).

**Transpiración:** Los rangos promedio de transpiración fueron variables: en el estrato superior, entre 1,2 y 2,2g H<sub>2</sub>O cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, mientras que en el dosel inferior, entre 0,5 y 1,7g H<sub>2</sub>O cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Tabla 1); encontrándose dentro del rango reportado para arazá (Barrera *et al.* 2009) y otra mirtácea, la guayaba (Solarte *et al.* 2010). Las tasas de transpiración promedio, más altas en el estrato superior, concuerdan con Kramer (1989), quien atribuye el aumento de la transpiración a la mayor cantidad de estomas presentes en las hojas más expuestas al sol. Por otra parte, se ha reportado que, a mayor irradiación

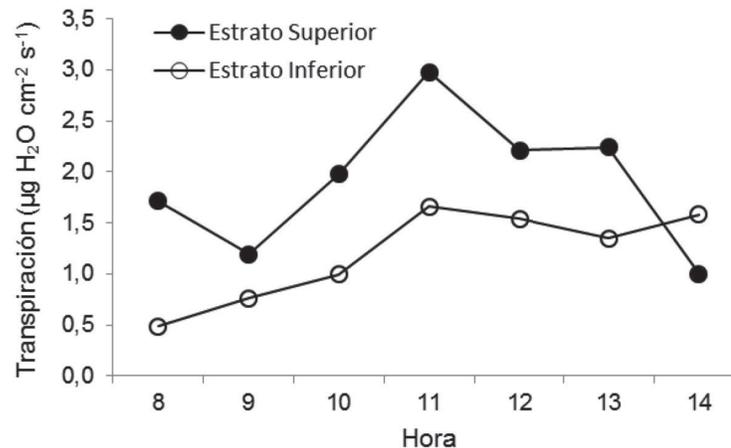
Tabla 1. Condiciones de humedad relativa, temperatura, irradiación y transpiración en un huerto de feijoa en Tibaná, Boyacá;  $\pm$  desviación estándar.

Estrato	Hora	Humedad rel. (%)	Temperatura (°C)	Irradiación ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Transpiración ( $\mu\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
Superior	08:00	68,7 $\pm$ 1,5	14,7 $\pm$ 0,9	88,3 $\pm$ 21,1	1,713 $\pm$ 0,700
	09:00	60,3 $\pm$ 0,4	16,8 $\pm$ 0,2	331,7 $\pm$ 87,7	1,192 $\pm$ 0,053
	10:00	53,9 $\pm$ 0,2	18,2 $\pm$ 0,1	306,7 $\pm$ 31,1	1,981 $\pm$ 1,164
	11:00	46,3 $\pm$ 1,9	22,8 $\pm$ 1,4	623,3 $\pm$ 95,5	2,980 $\pm$ 0,913
	12:00	38,0 $\pm$ 0,5	28,1 $\pm$ 1,6	1526,7 $\pm$ 124,4	2,210 $\pm$ 1,297
	13:00	32,8 $\pm$ 0,3	27,6 $\pm$ 1,8	1076,7 $\pm$ 444,4	2,239 $\pm$ 0,460
	14:00	34,8 $\pm$ 0,3	24,7 $\pm$ 0,8	543,0 $\pm$ 142,0	2,025 $\pm$ 0,943
	<b>Promedio</b>	<b>47,8 <math>\pm</math> 0,7</b>	<b>21,8 <math>\pm</math> 1,0</b>	<b>642,3 <math>\pm</math> 135,2</b>	<b>2,048 <math>\pm</math> 0,790</b>
Inferior	08:00	66,7 $\pm$ 1,5	14,6 $\pm$ 0,8	19,7 $\pm$ 8,2	0,486 $\pm$ 0,063
	09:00	59,3 $\pm$ 0,9	16,1 $\pm$ 1,1	63,3 $\pm$ 15,5	0,762 $\pm$ 0,015
	10:00	53,9 $\pm$ 0,2	17,6 $\pm$ 0,2	42,3 $\pm$ 25,8	1,000 $\pm$ 0,289
	11:00	46,0 $\pm$ 1,6	21,3 $\pm$ 0,3	128,7 $\pm$ 100,9	1,663 $\pm$ 0,511
	12:00	37,7 $\pm$ 0,9	24,9 $\pm$ 0,3	143,3 $\pm$ 78,9	1,543 $\pm$ 0,358
	13:00	32,8 $\pm$ 0,0	24,3 $\pm$ 0,5	176,0 $\pm$ 196,0	1,350 $\pm$ 0,475
	14:00	34,0 $\pm$ 0,0	23,2 $\pm$ 0,8	117,7 $\pm$ 121,5	1,585 $\pm$ 0,374
	<b>Promedio</b>	<b>47,2 <math>\pm</math> 0,9</b>	<b>20,3 <math>\pm</math> 0,6</b>	<b>98,7 <math>\pm</math> 78,1</b>	<b>1,198 <math>\pm</math> 0,298</b>

en estratos superiores en una planta, mayor la tasa de transpiración (Kozlowski & Pallardy, 1997).

En la gráfica 1, se observa que la tasa de transpiración es variable, dependiendo del estrato en los árboles, siendo mayor en el estrato superior que en el inferior, similar a lo reportado por Kramer (1989). En general, se encontró que el rango más alto de transpiración, se presenta entre las 10:00

a.m. y 12:00 m. Resultados similares encontraron Galvis *et al.* (1999) en feijoa cultivada en Suba (Cundinamarca). Igualmente, es hacia el mediodía cuando se registra mayor temperatura e irradiancia y menor humedad relativa, para cada uno de los estratos, respectivamente (Tabla 1), lo cual, provoca después del pico de máxima transpiración, cierre estomático y, por tanto, un descenso en la transpiración y síntesis de fotoasimilados (Kramer, 1989; Galvis *et al.* 1999).



Gráfica 1. Comportamiento de la transpiración en 7 horas diferentes del día, en los dos estratos de la copa de feijoa.

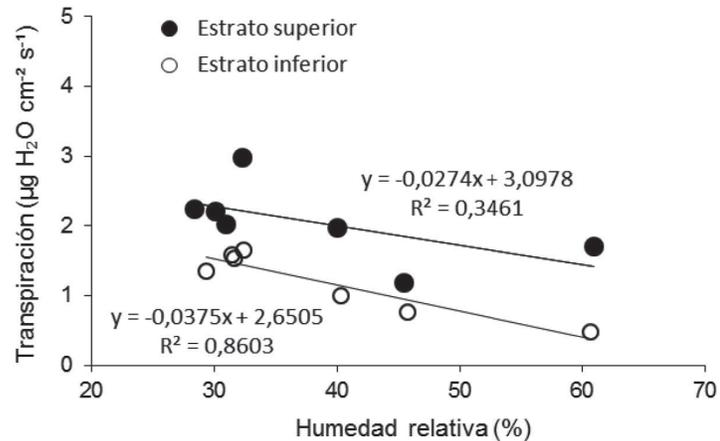
En la interacción de las variables horas y estratos no se observó significancia ( $P > 0,05$ ) lo que indica que el efecto es muy variado, dependiendo de las condiciones ambientales, durante el transcurso del día.

Solarte *et al.* (2010) observaron que el transcurso de la transpiración depende del microclima del sitio. En variedades de guayaba, en el departamento de Santander (Colombia), localidad Barbosa, se reporta que la mayor tasa de transpiración ocurre a las 10:00 a.m.; en Puente Nacional, ocurre a las 8:00 a.m. y, en Vélez, según la variedad, entre las 9:00 a.m. a 12:00 m.

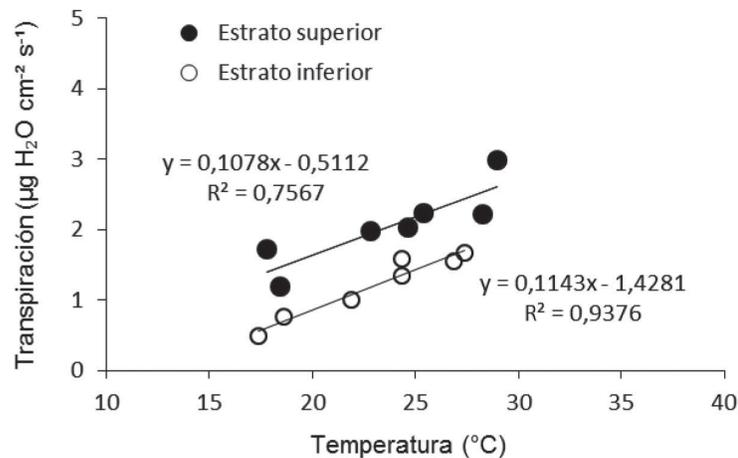
En la gráfica 2, se observa para los estratos superior e inferior, relación inversa (correlaciones negativas  $R^2 = -0,3461$  y  $R^2 = -0,8603$ , respectivamente), entre humedad relativa y transpiración, es decir, que a medida que disminuye la HR aumenta la transpiración (Tabla 1; Gráfica 2); tal como lo reportado, para otras especies, (Kearns & Assmann, 1993; Solarte *et al.* 2010; Barrera *et al.* 2009). Esta correlación fue mucho más acentuada en el estrato inferior, posiblemente, al microclima en esta parte de la copa, ya que en el dosel superior existe mucha más aireación (Galvis *et al.* 1999).

Los estomas de muchas especies (aunque no de todas) son muy sensibles a la humedad atmosférica (Tibbitts, 1979) y se cierran cuando la diferencia entre el contenido de vapor del aire y el de los espacios intercelulares supera un nivel crítico. Un gradiente elevado tiende a inducir oscilaciones en la apertura y en el cierre, con una periodicidad de 30 min, aproximadamente, por lo que suponen, Salisbury & Ross (2000), que cuando un gradiente pronunciado de vapor induce el cierre se agota el  $CO_2$  en la hoja, provocando la apertura del estoma. Tanto en el estrato superior como en el inferior, los niveles más altos de transpiración se producen en el rango de 30 a 45% de HR (Gráfica 2), significando una apertura estomática mayor.

En la gráfica 3, se observa que la temperatura mostró una correlación alta positiva con la transpiración, la cual, varió respecto a los estratos y aumentó a medida que incrementó la temperatura (Gráfica 3). Para el estrato superior, se presentaron promedios de transpiración más altos que en el estrato inferior. Este comportamiento concuerda con Kramer (1989), quien sugiere que un aumento de temperatura conlleva a una mayor transpiración, causada por el incremento del gradiente de presión de vapor entre la hoja y el aire. Cam-



Gráfica 2. Comportamiento de la transpiración en relación con la humedad relativa en los dos estratos de la copa de feijoa.

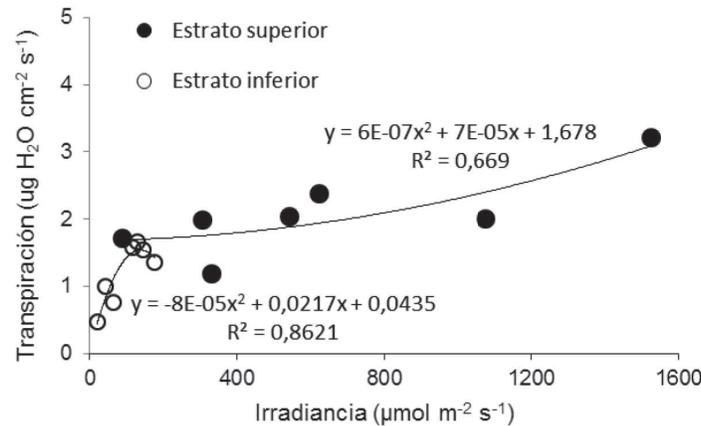


Gráfica 3. Comportamiento de la transpiración en relación con la temperatura en los dos estratos de la copa de feijoa.

bios de la temperatura foliar, inclusive pequeños, son probablemente los más responsables de la mayoría de los cambios de transpiración a corto plazo (Kramer, 1989).

Hall (2001) describió que sobre un cierto rango de temperatura (dependiendo de la especie) el incremento de la temperatura causa una mayor apertura y conductancia estomática (que coincide con el aumento de la transpiración). Cuando existen temperaturas foliares crecientes, como se registraron en el estrato superior de la copa, la permeabilidad de la cutícula aumenta, ocasionando, probablemente, mayor pérdida de vapor de agua por parte de la hoja (Kramer, 1989; Sánchez-Díaz & Aguirreolea, 2008).

Integrado con los factores ambientales HR y temperatura (Gráficas 2 y 3), la transpiración aumentó con el incremento de la irradiancia (Gráfica 4). En el estrato superior de la copa altas tasas transpiratorias coincidieron con altas irradiancias y similar tendencia se observó en el estrato bajo, pero con menores valores, tanto de irradiancia como de transpiración (Gráfica 4, Tabla 1). El promedio de la irradiancia entre las 8:00 a.m. y 2:00 p.m. fue de  $642,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para el estrato superior y de  $98,7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para el inferior (Tabla 1), la cual, es una diferencia mayor a la que encontraron Martínez-Vega *et al.* (2008) entre los dos estratos, en árboles de feijoa de 6 años de edad.



Gráfica 4. Comportamiento de la transpiración en relación con la irradiancia en los dos estratos de la copa de feijoa.

De acuerdo a todo lo anterior, se puede concluir, que la tasa de transpiración frente a los factores ambientales evaluados es mayor en el estrato superior y menor en el estrato inferior, donde los niveles de radiación que inciden en la feijoa son menores, lo que sugiere que, para mejorar el desempeño fisiológico de la planta, se realicen podas que permitan la entrada de luz, eliminando ramas y área foliar sobrantes.

**Conflicto de intereses:** 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.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGRONET. 2014. Área cosechada, producción y rendimiento de feijoa, 1992-2012. Disponible desde Internet en: [www.Agronet.gov.co](http://www.Agronet.gov.co) (con acceso 05/02/2014).
2. BARRERA, J.; ORJUÉLA, N.; MELGAREJO, L.M.; CAICEDO, D.; HERNÁNDEZ, M.S. 2009. Efecto de deficiencias minerales y de la luz en arazá (*Eugenia stipitata*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*). En: Hernández, M.S., Barrera, J. (Comp.). Frutas amazónicas: competitividad e innovación. Editorial Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Bogotá. p.11-34.
3. BARRERO, F. 1993. La ecotecnología en el contexto de la extensión y el desarrollo rural. *AgroDesarrollo* 4(1-2):104-117.
4. FISCHER, G. 2003. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa. En: Fischer, G.; Miranda, D.; Cayón, G.; Mazorra, M. (eds.). Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg). Prodimedios (Bogotá). p.9-26.
5. FRIEDRICH, G.; FISCHER, M. 2000. *Physiologische Grundlagen des Obstbaues*. Verlag Eugen Ulmer (Stuttgart, Alemania). 512p.
6. GALVIS, J., HERNÁNDEZ, M.S.; FISCHER, G. 1999. Transpiración de la feijoa (*Acca sellowiana* Burret) en la Sabana de Bogotá. *Rev. Comalfi* 26(1-3):56-61.
7. GARIGLIO, N.F.; PILATTI, R.A.; FONFRÍA, M.A. 2007. Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales. En: Sozzi, G.O. (ed.). *Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (Argentina). p.41-82.
8. HALL, A.E. 2001. *Crop responses to environment*. CRC Press (Boca Raton, FL). 228p.
9. IDEAM. 2007. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Sistema de información registros estacionales Corpochivor (Tibaná, Boyacá, Colombia).
10. IGAC. 2003. Mapa suelos de Colombia, archivo de computador escala 1:500000: Memoria explicativa. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Bogotá).
11. KEARNS, E.V.; ASSMANN, S.M. 1993. The guard cell-environment connection. *Plant Physiol.* 102:711-715.

12. KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. 1997. Physiology of woody plants. 2nd ed. Academic Press (San Diego, CA). 411p.
13. KRAMER, P. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Editorial Harla (México). 538p.
14. LÓPEZ, Y. 2000. Relaciones hídricas en el continuo agua-suelo-planta-atmosfera. Editorial Universidad Nacional de Colombia (Palmira). 88p.
15. MARTÍNEZ-VEGA, R.R.; FISCHER, G.; HERRERA, A.; CHAVES, B.; QUINTERO, O.C. 2008. Características físico-químicas de frutos de feijoa influenciadas por la posición en el canopi. Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 2(1):21-32.
16. ÖPIK, H.; ROLFE, S. 2005. The physiology of flowering plants. Cambridge University Press (Cambridge, UK). 392p.
17. PÉREZ, L.V.; ROJAS, Y.A.; MELGAREJO, L.M. 2010. Agua. En: Melgarejo, L.M. (Ed.) Experimentos en fisiología vegetal. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p.63-77.
18. PRITCHARD, S.G.; AMTHOR, J.S. 2005. Crop and environmental change. Food Product Press (New York, NY). 421p.
19. QUINTERO, O.C. 2012. Feijoa (*Acca sellowiana* Berg). En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutas en el trópico. Produmedios (Bogotá). p.443-473.
20. SALISBURY, F.; ROSS, C. 2000. Fisiología de las plantas. Vol. 1. Paraninfo-Thomson Learning (Madrid). 305p.
21. SÁNCHEZ, C.; FISCHER, G.; SANJUANELO, D.W. 2013. Stomatal behavior in fruits and leaves of the purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) and fruits and cladodes of the yellow pitaya [*Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer]. Agron. Colomb. 31(1):38-47.
22. SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; AGUIRREOLEA, J. 2008. Transpiración y control estomático. En: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. (Eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España (Madrid). p.41-56.
23. SCHUMANN, M.; LÜDDERS, P. 1992. Cultivation of feijoa: Possibilities and limits in Colombia. Erwerbsobstbau 34(4):110-112.
24. SOLARTE, M.E.; ROMERO, H.M.; MELGAREJO, L.M. 2010. Caracterización ecofisiológica de la guayaba de la hoya del río Suárez. En: Morales, A.L.; Melgarejo, L.M. (Eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba *Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). p.25-56.
25. TIBBITTS, T.W. 1979. Humidity and plants. Bioscience. 29:358-363.

Recibido: Septiembre 28 de 2013

Aceptado: Abril 1 de 2014

#### Como citar

Naizaque, J.; García, G.; Fischer, G.; Melgarejo, L.M. 2014. Relación entre la densidad estomática, la transpiración y las condiciones ambientales en feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 115-121.



# DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PULPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.): INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN

## OSMOTIC DEHYDRATION TAMARIND PULP (*Tamarindus indica* L.): INFLUENCE OF TEMPERATURE AND CONCENTRATION

Diofanor Acevedo<sup>1</sup>, Diego Tirado<sup>2</sup>, Luis Guzmán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero de Alimentos. Ph.D. Docente Universidad de Cartagena, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Campus Piedra de Bolívar, Cartagena-Bolívar, Colombia, e-mail: diofanor3000@gmail.com; <sup>2</sup> Ingeniero de Alimentos, Joven Investigador e Innovador COLCIENCIAS, Universidad de Cartagena, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Campus de Piedra de Bolívar, Cartagena-Bolívar, Colombia, e-mail: dtiradoa@unicartagena.edu.co; <sup>3</sup> Ingeniero de Alimentos. Esp. Docente Universidad de Cartagena, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Campus Piedra de Bolívar, Cartagena-Bolívar, Colombia. e-mail: Iguzmanc1@unicartagena.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 123-130, Enero-Junio, 2013

### RESUMEN

La deshidratación osmótica en la industria de alimentos mejora la calidad de productos hortofrutícolas y aumenta su estabilidad. En el presente trabajo, se evaluó la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.), a partir del índice de efectividad y se estudió la influencia de la temperatura y la concentración de la solución sobre el proceso. Para ello, se determinó experimentalmente la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de la pulpa, en soluciones hipertónicas de sacarosa, con 30, 40 y 60°Brix y temperaturas de 29 y 50°C. Como resultado, se obtuvo que a mayor concentración y temperatura de la solución, se produzcan mayores pérdidas de agua (53,9%), peso (53,9%) y ganancia de sólidos (0,008%).

Palabras clave: Productos hortofrutícolas, índice de efectividad, pérdida de agua (WL), pérdida de peso (WR), ganancia de sólidos (GS).

### SUMMARY

Industrial osmotic food dehydration improves the quality of horticultural products and increases its stability. In this study the kinetics of osmotic dehydration of tamarind pulp (*Tamarindus indica* L.) was evaluated based on the index of effectiveness and the influence of temperature and

solution concentration on the process was determined. The experimentally water loss and weight loss and the gain of solids during osmotic dehydration within hypertonic sucrose solutions of 30, 40 and 60°Brix, and temperatures of 29 and 50°C was studied. The results showed that the higher the solution concentration and temperature, a higher water loss (53.9%), weight (53.9%) and solid gain (0,008%) was produced.

Key words: Horticultural products, water loss (WL), weight loss (WR), solid gain (SG), rate of effectiveness.

### INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es originario del continente Africano y fue introducido al Continente Americano por los españoles. Perteneció a la familia de las leguminosas (Fabaceae). Es un frutal altamente rústico, ya que puede prosperar en suelos pobres o marginados, con poco o nada de riego y cuidados mínimos con relación a otros frutales tropicales (Orozco-Santos, 2001).

El fruto es una vaina curvada de 12 a 15 cm de longitud, del cual, la pulpa constituye de 30 a 55%, la cáscara y la fibra de 11 a 30% y las semillas de color marrón, de 33 a 44%. La cosecha, se realiza cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica, que sucede cuando se deshidrata; pierde peso y adquiere un color gris pardo o marrón y un sonido hue-

co, cuando chocan entre sí. Además, la cáscara del fruto se torna quebradiza, cuando se presiona ligeramente con los dedos (Orozco-Santos, 2001).

El objetivo principal de la explotación del cultivo del tamarindo es la producción de pulpa para su uso en la elaboración de dulces, jugos, jaleas, pulpas, refrescos embotellados, helados y salsas (Ahmed *et al.* 2007).

Actualmente, en el sector agroindustrial, se emplean diversos tipos de procesos tecnológicos de conservación y entre los más utilizados, se encuentran los procesos de deshidratación, que resultan ser una técnica efectiva, para lograr productos estables, con características sensoriales y nutritivas, posibilitando la obtención de un producto para el consumo, con cierto parecido a él mismo en estado fresco y productos mínimamente procesados (García *et al.* 2013). En el caso específico de las frutas, los métodos de conservación más recomendados son: el método de deshidratación osmótica (DO) y el método de deshidratación por flujo de aire caliente (DAC). La DO, se utiliza ampliamente para eliminar parcialmente el agua de los tejidos vegetales y la obtención de un aumento significativo de su tiempo de vida útil, mediante inmersión en una solución hipertónica (García *et al.* 2013; Cataldo *et al.* 2011).

La DO es una técnica de remoción de agua, que se caracteriza por presentar dos etapas: una dinámica y otra de equilibrio. En la etapa dinámica, las velocidades de transferencia de materia disminuyen hasta que se llega al equilibrio. El proceso osmótico termina cuando se alcanza este equilibrio, es decir, cuando la velocidad neta de transporte de materia es cero (Della Rocca & Mascheroni, 2011). En la difusión del agua del alimento a la solución, la fuerza impulsora requerida para el flujo del agua es la diferencia de potencial químico entre la disolución y el fluido intracelular. Si la membrana celular es perfectamente semipermeable, el soluto es incapaz de difundir hacia el interior de las células; sin embargo, en los alimentos es difícil tener membranas perfectamente semipermeables, debido a su compleja estructura interna, produciéndose alguna difusión del soluto al alimento y viceversa, además de una lixiviación de pequeñas cantidades de compuestos solubles del alimento hacia la solución, que pueden afectar las características sensoriales y nutritivas del producto (Dermesonlouoglou *et al.* 2008; Toğrul & İspir, 2008). Por consiguiente, el fenómeno presenta dos procesos simultáneos en contracorriente: el movimiento de agua desde el alimento hacia la solución hipertónica, en el que se pueden arrastrar algunos componentes disueltos del alimento junto con el agua extraída y, por otro lado, la impregnación del alimento con los solutos que provienen de la solución (Toğrul & İspir, 2008).

La cinética de los procesos de DO, se evalúan, por lo gene-

ral, en términos de pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos y depende, principalmente, de las características de la materia prima y de las condiciones del proceso, tales como composición y concentración del soluto osmótico, temperatura, tiempo de inmersión, nivel de agitación y características específicas del alimento (tamaño y forma) y la relación solución alimento (Dermesonlouoglou *et al.* 2008; Silva *et al.* 2012).

El proceso de DO, se puede evaluar en términos de parámetros cinéticos, mediante el empleo del índice de efectividad. Éste, se obtiene mediante la relación entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos (WL/SG). Es un índice empleado para evaluar la efectividad del proceso de osmodeshidratación y es considerado como un parámetro de calidad. Valores altos de esta relación indican una mejor condición del proceso (Ayala *et al.* 2010). En el presente trabajo, se evaluó la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de tamarindo (*T. indica* L.) y se estudió la influencia de la temperatura y la concentración de la solución sobre el proceso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal.** La pulpa de tamarindo con 12°Brix, se obtuvo retirando la cáscara y dejando la semilla.

**Deshidratación osmótica y diseño experimental.** Se empleó un diseño experimental factorial general de dos factores: concentración de sacarosa y temperatura; con tres niveles para la sacarosa: 30, 40 y 60°Brix; y dos para la temperatura: 29 y 50°C. Se realizaron 18 corridas experimentales, siguiendo un orden aleatorio.

Se trabajó con una masa de pulpa de 100g en forma cilíndrica y 1000g de solución osmótica, teniendo así una relación 1:10. Los ensayos fueron realizados en un baño termostático marca FERCA, modelo TT400, con agitación lineal, para evitar el efecto de encostramiento del azúcar en la superficie de las muestras y acelerar el proceso de deshidratación (Ayala *et al.* 2010).

Para evaluar las variables de respuesta, pérdida de peso (WR), pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos solubles (SG), se tomaron muestras de pulpa por triplicado a diferentes tiempos de osmodeshidratación (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 horas).

Una vez extraídas de la solución osmodeshidratante (SO), las muestras se lavaron en agua destilada, para eliminar la solución remanente y se secaron con papel absorbente. Las muestras, se pesaron antes y después de la deshidratación, en una balanza analítica con sensibilidad de 0,001g. Los sólidos solubles, se determinaron a la solución osmodeshidratante por el método refractométrico, siguiendo la Norma

Técnica Colombiana 440 (1971). El contenido de humedad, se determinó a 105°C hasta peso constante (AOAC, 2005). Las medidas experimentales, se realizaron por triplicado para cada tratamiento osmótico.

El cálculo de los parámetros de pérdida de agua (WL), pérdida de peso (WR) y ganancia de sólidos (SG), se calcularon mediante la adaptación de las ecuaciones de Agnelli *et al.* (2005), expresadas en g/100g de producto fresco:

$$WL = \frac{(M_0 \times H_0) - (M_t \times H_t)}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$WR = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

$$SG = \frac{(M_t \times S_t) - (M_0 \times S_0)}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

$M_0$  = Pesos Inicial de la pulpa

$M_t$  = pesos final de la pulpa

$H_0$  = Humedad inicial de la pulpa

$H_t$  = Humedad final de la pulpa

$S_0$  = Sólidos iniciales de la pulpa

$S_t$  = Sólidos finales de la pulpa

**Índice de efectividad.** Se calculó como el cociente entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos (WL/SG), ilustrados en las Ecuaciones 1 y 3, respectivamente, en los tiempos de osmodeshidratación (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 horas).

**Análisis estadístico.** Para el análisis estadístico, se utilizó el programa es *Statgraphics Centurion XVI.I*, con análisis de varianza y correlación entre variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se aprecia la pérdida de agua de la pulpa de tamarindo a medida que transcurre el tiempo de deshidratación. Los cambios más significativos en la pérdida de agua (WL), se presentaron durante las primeras cuatro horas de la deshidratación osmótica, para la mayor temperatura de proceso (50°C) y de cinco horas, para la de menor (30°C). La pérdida de agua de la pulpa de tamarindo alcanzó valores de 52,8, 52,9 y 53,5%, para concentraciones de solución del 30, 40 y 60%, respectivamente, a 50 °C, durante las cuatro primeras horas y de 48,9, 49,6 y 51,8%, para las concentraciones de solución del 30, 40 y 60%, respectivamente, a 30°C, durante las cuatro primeras horas. La figura 1 de la cinética de la deshidratación osmótica es similar a las publi-

casadas por varios investigadores (Kowalska & Lenart, 2001; Spiazzi & Mascheroni, 1997; Lazarides *et al.* 1995; Palou *et al.* 1994; Park *et al.* 2002). Las mayores tasas de pérdida de agua en los ensayos realizados, se muestran al inicio del proceso, como consecuencia de una mayor fuerza osmótica de deshidratación existente entre el alimento y la solución hipertónica, como indican Salvatori *et al.* (1999). Moreira & Xidieh (2004) explican que el aumento de la concentración y la temperatura de la solución osmótica favorecen la pérdida de agua, debido al mayor gradiente de presión osmótica en la interface producto/solución, dando una mayor velocidad de transferencia de masa. Estos resultados concuerdan con los reportados por Della Roca & Mascheroni (2011), los cuales, determinaron las condiciones óptimas de deshidratación osmótica de papas, hallaron que la mayor pérdida de peso se presentó entre 1,5 a 2 horas de proceso y que esta resulta ser superior a medida que aumenta la temperatura de proceso y la concentración de la solución osmodeshidratante.

En la figura 2, se aprecia cómo la pérdida de peso de la pulpa es mayor a medida que aumenta la temperatura del proceso y la concentración de sacarosa en la solución hipertónica. Luego de 4 - 5 horas de deshidratación osmótica, se tienen las mayores pérdidas de peso, las que corresponden a una mayor pérdida de agua y, por lo tanto, una menor concentración de sólidos solubles en la solución (Della Rocca & Mascheroni, 2011).

En la figura 3, se puede observar un aumento en la ganancia de sólidos, (GS) con el incremento de la temperatura y de la concentración de la solución osmodeshidratante. Cerca de las siete horas del proceso, se alcanza un estado de cuasi equilibrio, en donde la ganancia de sólidos sigue igual hasta finalizar la osmodeshidratación. Si se observa en la figura 3a, luego de las seis horas, la ganancia de sólidos decae, lo cual, se puede atribuir al fenómeno a que se lleva a cabo una impregnación del material con solutos provenientes de la solución. A bajas concentraciones, la SG es mayor que la WL y, a medida que aumenta la concentración de la solución osmótica, la SG alcanza su máximo valor antes de disminuir y volverse inferior al WL. Niveles elevados de SG no permiten una elevada WL, a causa de la formación de una capa superficial de azúcar. Si se desea limitar la impregnación es conveniente usar altas concentraciones de soluto y tiempos de deshidratación osmótica cortos (Della Roca & Mascheroni, 2011).

Este fenómeno ocurrió en otros trabajos, como los de Della Roca & Mascheroni (2011), quienes durante la deshidratación osmótica de papas, observaron que a bajas concentraciones de sacarosa y sal disminuye la ganancia de sólidos, debido, probablemente, a la formación de una capa superficial sobre el producto que impide el ingreso de sólidos dentro del mismo. Otros autores (Giraldo *et al.* 2004; Mújica-Paz

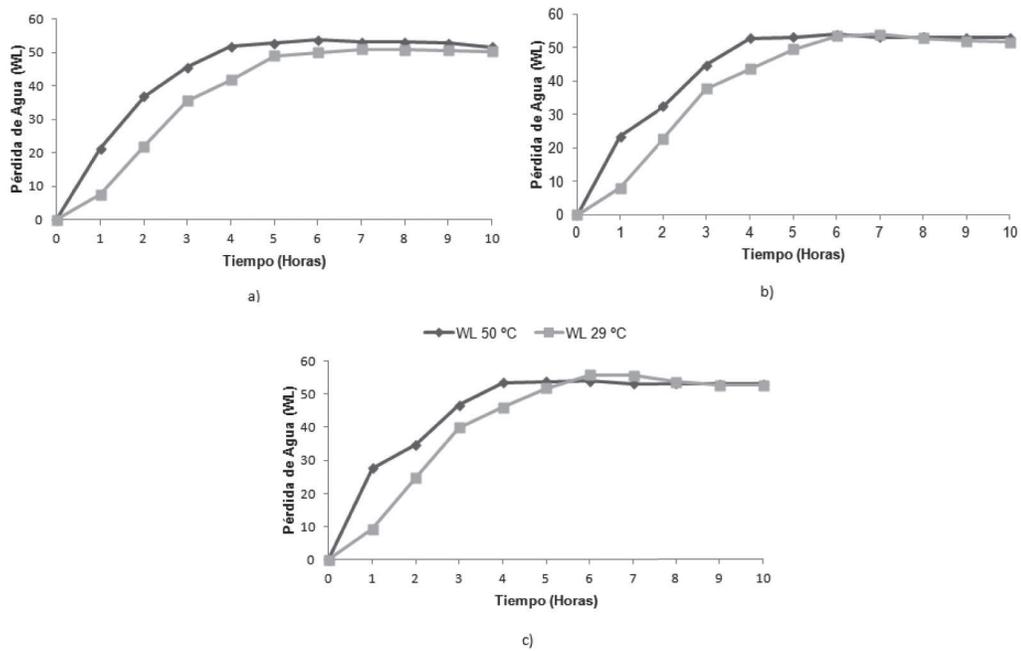


Figura 1. Pérdida de agua (WL) a diferente concentración y temperatura: a) 30 °Brix, b) 40 °Brix, c) 60 °Brix.

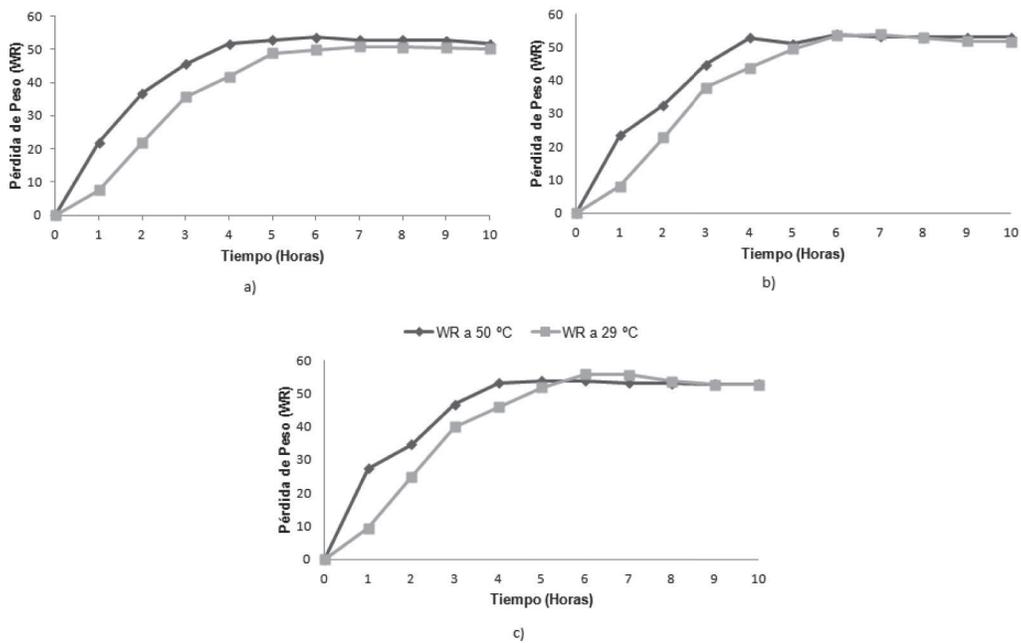


Figura 2. Pérdida de peso (WR) a diferente concentración y temperatura: a) 30 °Brix, b) 40 °Brix, c) 60 °Brix.

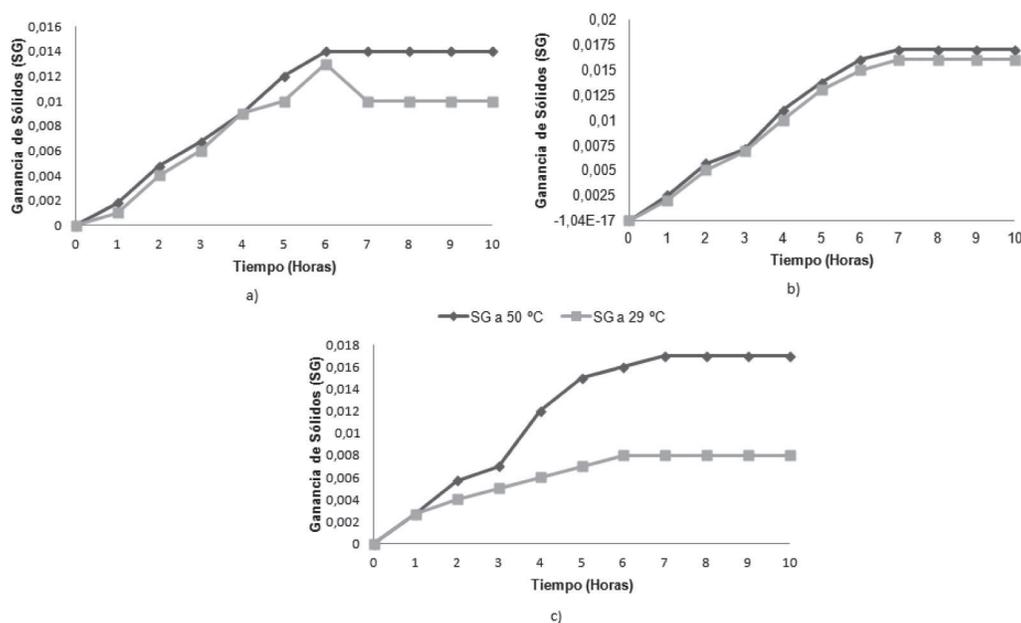


Figura 3. Ganancia de sólidos (SG) a diferente concentración y temperatura: a) 30 °Brix, b) 40 °Brix, c) 60 °Brix.

*et al.* 2003) concluyeron que soluciones concentradas, por ser más viscosas, obstaculizan el paso de los solutos que se hallan en la solución, al desarrollarse una capa de soluto sobre el alimentos. Este fenómeno, se conoce como impregnación.

Moreira & Xidieh, (2004), quienes obtuvieron resultados similares, indican que la elección de un medio de alta concentración, trae algunos beneficios en términos de pérdida de agua más rápido; sin embargo, se logra una ganancia mucho mayor de sólidos.

En general, entre las cuatro y cinco horas de proceso, se alcanzaron las mayores tasas de deshidratación, lo cual, se podría tener en cuenta a la hora de aplicar procesos de deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo.

**Índice de efectividad.** Valores altos indican que el proceso osmótico es más efectivo, debido a que WL es mayor que SG (Ayala *et al.* 2010). En la figura 4, se observa que el índice de efectividad al inicio del proceso está más influenciado por las condiciones de temperatura, siendo mayor para los tratamientos con la aplicación de temperaturas de 50°C. A medida que avanza el proceso de osmodeshidratación, algunos valores de índices de efectividad presentaron valores cercanos entre los tratamientos y con tendencia a la disminución, lo que puede ser un indicio de la disminución en las velocidades de pérdida de agua o ganancia de solutos (Ayala

*et al.* 2010; Chenlo *et al.* 2006). Al final del proceso osmótico, se evidenció que este parámetro presenta los valores más significativos para el tratamiento con mayor temperatura y concentración.

**Análisis estadístico.** Los resultados del ANOVA muestran que la concentración, la temperatura y el tiempo con P-value menores a 0,001 son altamente significativos para la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos en la osmodeshidratación de pulpa de tamarindo, tal como lo indican la tabla 1.

Para un mejor análisis del proceso y del diseño experimental, se realizaron interacciones entre los factores: concentración (A), temperatura (B) y tiempo (C), observándose en la tabla ANOVA que las interacciones AB, AC, BC y ABC tienen una diferencia altamente significativa, todos con un P-value menor a 0,001 (Tabla 1). Esto quiere decir, que la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos en el proceso de deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo se ve influenciado por la temperatura, la concentración, el tiempo y sus interacciones.

**Conflictos de intereses:** 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.

Tabla 1. Análisis de varianza para pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos.

<b>Pérdida de Agua</b>					
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Concentración	146,846	2	73,423	131,39	0,0000
B:Temperatura	1140,65	1	1140,65	2041,23	0,0000
C:Tiempo	26229,7	9	2914,41	5215,40	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	42,7309	2	21,3654	38,23	0,0000
AC	49,7125	18	2,76181	4,94	0,0000
BC	1269,14	9	141,016	252,35	0,0000
ABC	63,4417	18	3,52454	6,31	0,0000
RESIDUOS	67,057	120	0,558808		
TOTAL (CORREGIDO)	29009,3	179			
<b>Pérdida de Peso</b>					
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Concentración	289,122	2	144,561	457,84	0,0000
B:Temperatura	987,668	1	987,668	3128,08	0,0000
C:Tiempo	23628,0	9	2625,34	8314,81	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	152,556	2	76,2779	241,58	0,0000
AC	171,875	18	9,54862	30,24	0,0000
BC	1175,44	9	130,604	413,64	0,0000
ABC	596,967	18	33,1648	105,04	0,0000
RESIDUOS	37,8891	120	0,315742		
TOTAL (CORREGIDO)	27039,5	179			
<b>Ganancia de Sólidos</b>					
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Concentración	0,00170497	2	0,000852486	262,85	0,0000
B:Temperatura	0,000259921	1	0,000259921	80,14	0,0000
C:Tiempo	0,001685	9	0,000187222	57,73	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0000706403	2	0,0000353202	10,89	0,0000
AC	0,000823352	18	0,0000457418	14,10	0,0000
BC	0,00018175	9	0,0000201945	6,23	0,0000
ABC	0,000174791	18	0,0000097106	2,99	0,0002
RESIDUOS	0,000389187	120	0,0000032432		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00528961	179			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

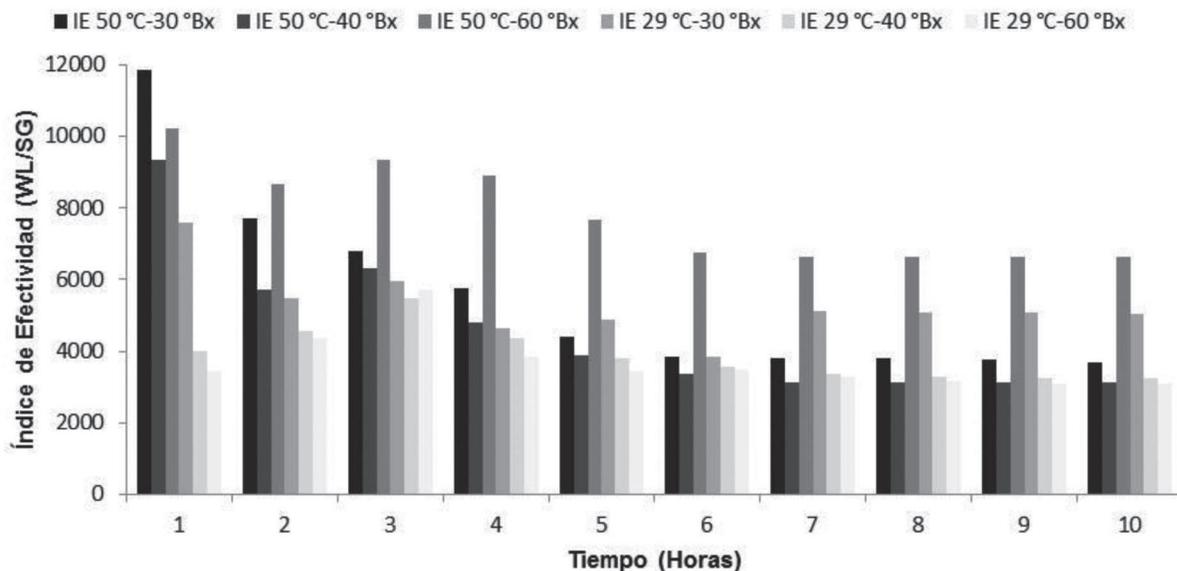


Figura 4. Variación del índice de efectividad (IE) de DO de pulpa de tamarindo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGNELLI, M.; MARANI, C.; MASCHERONI, R. 2005. Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. *J. Food Eng. (United States)*. 69(4):415-424.
- AHMED, J.; RAMASWAMY, H.S.; SASHIDHAR, K.C. 2007. Rheological characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. *LWT-Food Sci. Techn. (Suiza)*. 40(2):225-231.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed. Horowitz, W.; Latimer Jr., G.W. (eds) Association of Analytical Chemists. Maryland (United States). 780p.
- AYALA, A.A.; GIRALDO, C.J.; SERNA, L. 2010. Cinéticas de deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Interciencia. (Venezuela)*. 35(7): 539-544.
- CATALDO, A.; CANNAZZA, G.; DE BENEDETTO, E.; SEVERINI, C.; DEROSI, A. 2011. An alternative method for the industrial monitoring of osmotic solution during dehydration of fruit and vegetables: A test-case for tomatoes. *J. Food Eng. (United States)*. 105:186-192.
- CHENLO, F.; CHAGURI, L.; SANTOS, F.; MOREIRA, R. 2006. Osmotic dehydration/impregnation kinetics of padrón pepper (*Capsicum annuum* L. *Longum*) with sodium chloride solutions: process modelling and colour analysis. *Food Sci. Technol. Int.* 12:221-227.
- DELLA ROCCA, P.; MASCHERONI, R. 2011. Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. *Proyecciones. (Argentina)*. 9(2):11-26.
- DERMESONLOUOGLOU, E.K.; POURGOURI, S.; TAOUKIS, P.S. 2008. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 9: 542-549.
- GARCÍA, A.; MUÑIZ, S.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, L.M.; FERNÁNDEZ, D. 2013. Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (*Ananas comosus*, variedad Cayena lisa). *Postcosecha: Biología y Tecnología. (Cuba)*. 22(1):62-69.
- GIRALDO, D.P.; ARANGO, L.M.; MÁRQUEZ, C.J. 2004. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) con tres agentes edulcorantes. *Rev. Fac. Nal. Agr. (Colombia)*. 57(1):2257-2274.

11. KOWALSKA, H.; LENART, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *J. Food Eng.* 49(2-3):137-140.
12. LAZARIDES, H.N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. 1995. Mass transfer during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *J. Food Eng.* 25(2):151-166.
13. MOREIRA, P.; XIDIEH, F. 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *J. Food Eng.* 61(3):291-295.
14. MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, W. 2003. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *J. Food Eng.* 57(4):305-314.
15. NTC. 440. Norma Técnica Colombiana para métodos de ensayo de productos alimenticios. Primera edición. Bogotá (Colombia). 4p.
16. OROZCO-SANTOS, M. 2001. El cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el trópico seco de México. Folleto Técnico N°1. Ed. Tecomán, Col. (México). 96p.
17. PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; ARGAIZ, A.; WELTI, J. 1994. The use of Peleg's equation to model osmotic concentration of papaya. *Drying Techn.* (United States). 12(4):965-978.
18. PARK, J.K.; BIN, A.; BROD, F.P.R.; PARK, T.H.K.B. 2002. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus-communis*L.). *J. Food Eng.* 52(3):293-298.
19. SALVATORI, D.; ANDRES, A.; CHIRALT, A.; FITO, P. 1999. Osmotic dehydration progression in apple tissue I: spatial distribution of solutes and moisture content. *J. Food Eng.* 42(3):125-132.
20. SILVA, M.A.C.; ERNESTO DA SILVA, Z.; COCCO, V.; DARCHE, S. 2012. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry. *LWT - Food Sci. Technol.* 45:246-252.
21. SPIAZZI, E.; MASCHERONI, R. 1997. Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables—I. Development of the simulation model. *J. Food Eng.* 34(4):387-410.
22. TOĞRUL, I.T.; İSPIR, A. 2008. Equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of apricot. *Food Bioprod. Proc.* (Europa). 86:254-267.

Recibido: Mayo 20 de 2013.

Aceptado: Enero 20 de 2014

#### Como citar:

Acevedo, D.; Tirado, D., Guzmán, L. 2014. Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 123-130.

# EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL EN TOMATE DESHIDRATADO COMERCIAL (*Lycopersicum esculentum*)

## QUALITY EVALUATION OF PHYSICO-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORIAL PARAMETERS OF DRIED TOMATO (*Lycopersicum esculentum*)

Diana Catalina Moreno<sup>1</sup>, Hernán Mauricio Sierra<sup>2</sup>, Consuelo Díaz-Moreno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>I.Q. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá-Colombia, e-mail: dcmorenog@unal.edu.co; <sup>2</sup>I.Q. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá-Colombia, e-mail: hmsierrah@bt.unal.edu.co; <sup>3</sup>I.Ali. Ph.D. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Bogotá-Colombia, e-mail: amcdiazmo@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 131 - 138, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas más importantes en el mundo, por su nivel de producción y de consumo. Debido a su naturaleza perecedera tiene un difícil manejo post-cosecha, lo que ocasiona pérdidas importantes de producto durante su almacenamiento y comercialización, razón importante para considerar métodos de conservación, como la deshidratación y así extender su vida útil. Este trabajo tuvo como objetivo establecer los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, que influyen en la calidad de muestras comerciales de tomate deshidratado. Para el estudio, se utilizaron muestras del mercado local y se analizaron los parámetros humedad, actividad de agua y pH, mediante las técnicas estandarizadas de la AOAC; color, utilizando el sistema CIE, con coordenadas  $L^*a^*b^*$  y análisis de textura, aplicando la metodología del TPA (Texture Profile Analysis). Adicionalmente, se verificó la calidad microbiológica del producto, según la metodología sugerida por el INVIMA; finalmente, se hizo una prueba sensorial hedónica dirigida a consumidores, para correlacionar con los análisis instrumentales. Se obtuvo que el pH no tiene influencia en el tomate deshidratado comercial y que el color y la textura, además de presentar diferencias significativas entre muestras ( $p < 0.05$ ), son los parámetros más importantes en cuanto a la calidad sensorial del tomate, ya que el consumidor busca una color igual al tomate fresco y como producto deshidratado prefiere un producto blando y con fracturabilidad alta.

Palabras clave: Color, textura, calidad, pH.

### SUMMARY

Tomato is one of the world's most important vegetables because of its high production level and consumption. Due to its perishable nature, post-harvest handling is difficult, which causes major losses during storage and marketing, important reason to consider conservation methods such as dehydration, in order to extend its shelf life. This work aimed to establish the physicochemical, microbiological and sensory quality parameters of commercial samples of dried tomato. For the study samples of the local market were used and humidity, water activity and pH using standardized techniques AOAC coordinates CIE  $L^*a^*b^*$  for color and TPA (Texture Profile analysis) methodology for texture analysis were established. Further the microbiological quality of the product according to the methodology used by INVIMA was verified. Finally a hedonic sensory test directed to consumers to be correlated with instrumental analysis was carried out. Results showed that pH has no influence on the commercially dehydrated tomatoes. Color and texture, besides presenting significant differences between samples ( $p < 0.05$ ) were the most important parameters related to the sensorial quality of tomato; consumers prefer a color with similar characteristics as that of fresh tomato and also prefer a soft product with high fracturability.

Key words: Color, texture, quality, pH.

## INTRODUCCIÓN

Debido al alto contenido de agua que presenta el tomate, aproximadamente el 94%, surge la necesidad de buscar alternativas tecnológicas para conservar el producto. Uno de los métodos de conservación que se puede aplicar es la deshidratación, que disminuye el agua libre disponible en el producto a actividades de agua inferiores 0,4 en donde las reacciones microbiológicas y enzimáticas se ven disminuidas (Ashebir *et al.* 2009; Monsalve & Machado, 2007).

La deshidratación es una de las tecnologías más frecuentes en la agroindustria, por ser la operación unitaria, en la cual, se elimina la humedad de un material por la acción de determinadas condiciones ambientales de temperatura y de humedad relativa, con el objetivo de reducir la actividad microbiana y reacciones de deterioro del producto (Akdeniz *et al.* 2012; Chang *et al.* 2006; Heredia *et al.* 2007; Ratti, 2001).

El tomate deshidratado, se caracteriza mediante algunas propiedades físico-químicas, como el pH, sólidos solubles, humedad, actividad de agua (Khazaei *et al.* 2008) y algunos parámetros microbiológicos, como mesófilos, coliformes, hongos y levaduras (Hossain *et al.* 2008). El contenido de humedad del tomate deshidratado es reducido a 15% (Brooks *et al.* 2008; Zaroni *et al.* 1998).

Estudios indican que la deshidratación de las rodajas de tomate provoca un aumento de los sólidos solubles y de la acidez, mientras que el pH y el ácido ascórbico disminuyen (Khazaei *et al.* 2008; Polenta *et al.* 2006; Thybo *et al.* 2006). Algunos de los parámetros que se han medido con frecuencia en productos deshidratados son el color y la textura, como parámetros de calidad sensorial del producto final (Heredia *et al.* 2007). El cambio de color en los alimentos durante el proceso térmico es causado por reacciones de degradación de pigmentos, especialmente carotenoides y clorofila, reacciones de pardeamiento, como la condensación de Maillard de hexosas y amino componentes, junto con la oxidación del ácido ascórbico (Ashebir *et al.* 2009; Barreiro *et al.* 1997; Lozano & Ibarz, 1997); por lo tanto, los valores finales de los parámetros de color pueden ser usados como indicadores de calidad para evaluar el deterioro, debido al procesamiento térmico (Shi *et al.* 1999; Shin & Bhowmik, 1995).

Un producto alimenticio debe seguir estrictas normas microbiológicas para no convertirse en un riesgo para la salud humana. El gobierno de la República de Colombia, mediante el Ministerio de Protección Social, está en proceso de trámite del Proyecto de Resolución, mediante el cual, se instaura el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional y se disponen los requisitos microbiológicos de frutas deshidratadas o

desechadas, estableciendo como parámetros un recuento de mohos y levaduras menor a 100 UFC/g y ausencia de *Salmonella*, por cada 25g (Ministerio de la Protección Social de Colombia, 2011).

Actualmente, en Colombia no existe reglamentación que establezca criterios de calidad microbiológicos para gran parte del sector alimentario; debido a esto, los productores de fruta deshidratada no tienen normas microbiológicas a cumplir, lo que dificulta las condiciones de estandarización del proceso de deshidratación. Este trabajo utiliza como referencia normas internacionales y guías técnicas para frutas y vegetales deshidratados. La norma británica considera los parámetros microbiológicos y establece un número máximo de coliformes totales de 25 UFC/g, ausencia de *Salmonella* y menos de  $10^5$  UFC/g, mesófilos aerobios (Gilbert *et al.* 2000). La norma peruana muestra las características y establece un número máximo de mesófilos aerobios de 100 UFC/g, coliformes totales menores a 500 UFC/g, hongos y levaduras menores a 100 UFC/g y ausencia de *Salmonella* (Ministerio de Salud del Perú, 2003). Finalmente, se revisó la norma brasilera, que ordena como criterio 200 UFC/g, de coliformes totales y ausencia de *Salmonella*, en 25g (Ministério da Saúde Brasil, 1978).

El estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de muestras comerciales de tomate deshidratado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron siete muestras comerciales de producción nacional de tomate deshidratado con diferentes marcas, adquiridas en el mercado local de la ciudad de Bogotá. Estas muestras, se tomaron de acuerdo a su frecuencia en las grandes superficies, almacenadas en condiciones de temperatura 19°C y un contenido de humedad del 75%.

La humedad, se midió utilizando la metodología de sólidos totales en frutas y en productos de frutas de la AOAC 920.151. Se secó la muestra a 105°C, durante dos horas, controlando el peso antes y después del secado (AOAC. 920.151, 2002); se realizaron tres réplicas experimentales.

La determinación de pH, se realizó de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 4592, se tomó una parte de la muestra en pequeños trozos y se eliminaron las semillas. Luego, se pusieron los trozos de muestra en un vaso de precipitado; se agregó dos o tres veces su masa de agua destilada y se calienta en un baño de agua, durante 30 minutos; se macera y se lee el pH directamente sobre la escala del aparato, con precisión de 0,05 unidades de pH, hasta que se obtenga un valor constante; las mediciones se hicieron a temperatura ambiente (ICONTEC. NTC 4592, 1999).

La actividad de agua, se midió de manera instrumental directa, en un activímetro GBX Modelo FAsT-Lab; la medición, se basa en la saturación del aire dentro de la cámara de muestreo del equipo con la humedad presente en el producto, alcanzándose el punto de rocío, que es cuantificado mediante la capacidad reflectiva del espejo de condensación (GBX, 2008). Las determinaciones, se realizaron por triplicado, para cada muestra evaluada.

El color, se midió de manera instrumental colorímetro Minolta Modelo C-300, utilizando el sistema CIE y las coordenadas  $L^*a^*b^*$ , para la descripción del color; se hicieron tres réplicas a cada muestra. Posteriormente, se calculó el ángulo de tono (hab), que se utiliza para establecer el tono del alimento: rojo, amarillo, verde o azul, o una combinación de dos de ellos consecutivos (Batu, 2004).

El croma ( $C^*_{ab}$ ), que es medida de la pureza del color; los colores no saturados contienen una proporción de luz blanca. Estos parámetros, se hallan mediante las Ecuaciones (1) y (2) (Heredia *et al.* 2007).

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

Para la medida de parámetros texturales, se utilizó un texturómetro SMS Modelo TA-XTplus. La caracterización de las muestras, se realizó mediante una prueba de Análisis de Perfil de Textura (TPA) (Kek *et al.* 2013), empleando el disco de compresión de 75mm; la distancia de ingreso a la muestra para la prueba fue de 5mm. Debido a la dispersión que pueden presentar las propiedades texturales, se hicieron cinco réplicas para cada muestra evaluada. Se evaluaron los parámetros de dureza, de fracturabilidad, de cohesividad, de elasticidad y de masticabilidad.

Se realizaron pruebas de calidad microbiológica, para identificar mesófilos, mohos y levaduras, coliformes totales y *Salmonella* sp. Todos los métodos de identificación y recuento utilizados son los normalizados por el Instituto Nacional para la Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA, 1998).

Se adaptó una prueba sensorial de aceptación de escala numérica, aplicada a 33 panelistas, para poder establecer diferencias significativas, con 5% de significancia, en la cual, cada panelista codificaba las muestras de manera ordinal, de acuerdo a su preferencia (Sidel & Moskowitz, 1971; Sidel & Stone, 1976).

El análisis estadístico de los datos, se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), para verificar la influencia de cada parámetro en las muestras evaluadas; adicionalmente, se aplicó una prueba de Tukey, con el propósito de observar si existen diferencias significativas entre los parámetros de calidad evaluados (Montgomery, 2002). A las propiedades texturales, se les hizo Análisis de Componentes Principales (PCA), para observar efectos simultáneos entre las variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad, la actividad de agua y el pH de las muestras estudiadas, se presentan en la tabla 1. Se observaron diferencias estadísticas en el valor de la humedad de las muestras 2, 4, 5 y 6; esta variación, se debe a las diferencias que presentan cada una de las muestras comerciales en su almacenamiento inicial, ya que al ser muestras de diferentes marcas vienen almacenadas en distintos materiales.

La muestra 7 presentó diferencias en la variable humedad, con respecto a las demás ( $p < 0,05$ ). La actividad de agua varía en un rango de 0,525 y 0,771, valores que no son característicos para un alimento deshidratado (Ratti, 2009),

Tabla 1. Humedad, actividad de agua y pH en muestras comerciales de tomate deshidratado, ( $p > 0,05$ ).

Muestra	Humedad (kg agua/kg de muestra)	Actividad de Agua $a_w$	pH
1	0,224 ± 0,006 b	0,636 ± 0,006 c	3,62 ± 0,02 a
2	0,163 ± 0,001 a	0,567 ± 0,001 b	4,09 ± 0,02 ab
3	0,280 ± 0,015 c	0,721 ± 0,008 d	4,15 ± 0,02 ab
4	0,169 ± 0,003 a	0,525 ± 0,013 a	4,26 ± 0,01 b
5	0,173 ± 0,010 a	0,603 ± 0,006 bc	3,57 ± 0,02 a
6	0,159 ± 0,009 a	0,530 ± 0,006 a	4,34 ± 0,01 b
7	0,388 ± 0,022 d	0,771 ± 0,005 e	4,11 ± 0,01 ab

Media ± SD (Desviación estándar). Promedios con letras diferentes en una misma columna presentan diferencias significativas (Tukey,  $p > 0,05$ ).

dejando agua libre disponible para reacciones de deterioro microbiano.

En la medida de pH, la dispersión de las muestras no es significativa y solamente se pueden distinguir dos grupos de muestras; adicionalmente, no se encuentra ninguna correlación del pH con respecto a la humedad del producto, puesto que su correlación de Pearson es 0,1, indicando una relación entre las variables positiva, pero no significativa; sin embargo, varios estudios afirman que al descender la humedad el pH también disminuye (Ashebir *et al.* 2009; Khazaei *et al.* 2008).

La tabla 2 muestra las coordenadas de color obtenidas para las diferentes muestras estudiadas. El parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) no presenta diferencias significativas para ninguna muestra, por lo cual, se infiere que el parámetro de luminosidad no influye en muestras de tomate deshidratado comercial.

En el análisis de los parámetros de color, de tono y de cromaticidad, las muestras se encuentran en el punto intermedio del primer cuadrante ( $0$  a  $90^\circ$ ), tomando una tonalidad naranja; la cromaticidad ( $C^*_{ab}$ ) indica la saturación del co-

lor; Olorunda *et al.* (1990) establecieron una escala de este parámetro en tomate: si es mayor a 20 unidades, el color del producto deshidratado cumple los parámetros de buena aceptación sensorial; para todos los casos, se cumplió con esta escala, indicando que todas las muestras son aceptadas; sensorialmente tienen valores estadísticamente iguales, excepto la muestra número 6, que presenta una saturación más baja que las otras muestras, derivado de la reacción de caramelización de azúcares, ocasionada por el tratamiento térmico y causa importante de la degradación de color, alterando, principalmente, el valor de la cromaticidad, afectando no sólo el color sino que, también, produciendo cambios en las características bioactivas (Shi *et al.* 1999).

Al correlacionar el tono y la cromaticidad, la muestra de color más aceptado para comercialización sería aquella de un ángulo de tono más bajo y un croma más elevado; la muestra 1 cumple con estas condiciones.

Como se observa en la figura 1 (Score Plot), que se refiere a la influencia de las muestras y, la figura 2 (Loading Plot), que se refiere la influencia de las variables; las gráficas del Análisis de Componentes Principales muestran cómo los dos

Tabla 2. Coordenadas de color, cromaticidad y tono en muestras de tomate deshidratado comercial ( $p > 0.05$ ).

Muestra	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*_{ab}$	hab
1	$36,3 \pm 2,9$ a	$28,2 \pm 3,2$ a	$21,0 \pm 4,9$ a	$35,3 \pm 4,8$ b	$36,0 \pm 5,72$ a
2	$41,0 \pm 7,1$ a	$23,5 \pm 4,7$ ab	$32,5 \pm 4,8$ b	$40,3 \pm 5,7$ b	$54,4 \pm 5,15$ b
3	$32,0 \pm 2,5$ a	$23,2 \pm 5,2$ ab	$18,7 \pm 2,2$ a	$30,0 \pm 4,5$ ab	$39,5 \pm 6,87$ a
4	$41,5 \pm 3,5$ a	$22,2 \pm 3,9$ b	$27,1 \pm 3,9$ c	$35,2 \pm 4,2$ b	$50,4 \pm 5,72$ b
5	$36,7 \pm 6,4$ a	$27,4 \pm 3,3$ a	$22,2 \pm 9,1$ ab	$35,6 \pm 8,3$ b	$37,8 \pm 7,44$ a
6	$31,7 \pm 7,1$ a	$15,4 \pm 6,2$ c	$20,1 \pm 7,0$ a	$25,7 \pm 8,0$ a	$53,2 \pm 12,0$ b
7	$33,3 \pm 3,5$ a	$22,1 \pm 4,4$ b	$21,7 \pm 3,0$ a	$31,2 \pm 3,7$ ab	$44,69 \pm 6,8$ ab

Media  $\pm$  SD (Desviación estándar). Promedios con letras diferentes en una misma columna presentan diferencias significativas (Tukey,  $p > 0.05$ ).

primeros componentes principales son un grupo de combinaciones lineales, calculados para describir la varianza de la muestra y explican un total del 75,37% de la varianza de los datos experimentales; esto indica, que las dos combinaciones lineales principales describen un porcentaje mayoritario entre todas las muestras.

La deshidratación por aire caliente influye en cambios sensoriales de las muestras, muy marcados en la textura, que se pueden ver afectados por diferentes variables del proceso, como la temperatura, la velocidad del aire o el tiempo

de exposición (Moreno-Guarin *et al.* 2012). Se observa una clara diferencia entre las muestras de tomate deshidratado, indicando una diferencia significativa en las propiedades texturales de las muestras estudiadas, formando tres grupos con características similares: uno, por las muestras 2,3 y 4; otro, por las muestras 1, 5 y 6 y la muestra número 7. Las muestras 1, 5 y 6, se caracterizan por tener una dureza y la masticabilidad más elevada; este parámetro, se define como la energía requerida para masticar un alimento sólido antes de tragarlo (Szczesniak, 2002); se puede correlacionar con la dureza, pues al ser un alimento más duro, se va a requerir más energía para masticarlo. Las muestras 2, 3 y 4

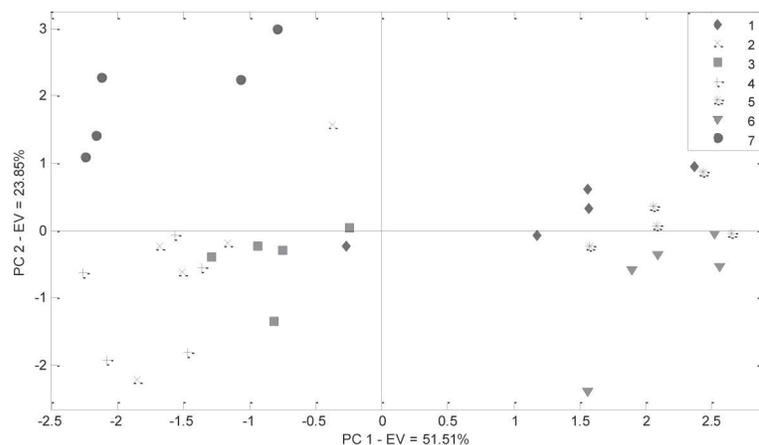


Figura 1: Análisis de las muestras de tomate deshidratado sobre el plano definido por las dos primeras componentes principales.

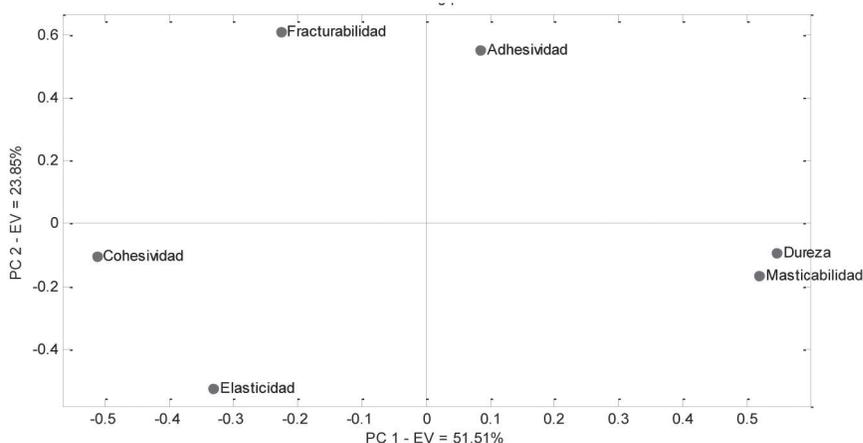


Figura 2: Análisis de las propiedades texturales en muestras de tomate deshidratado sobre el plano definido por las dos primeras componentes principales.

muestran valores más altos de cohesividad y de elasticidad, que en el espacio PCA, antagonistas de la masticabilidad, lo cual, indica que estas muestras son más suaves y, por lo tanto, más fáciles de consumir. La fracturabilidad es asociada por los consumidores a la crocancia, lo que puede llevar a un aumento de su apetencia para ser consumido directamente como snack; la única muestra que presenta un valor de fracturabilidad significativo con respecto a las otras muestras es la 7.

El análisis microbiológico refleja que los valores referenciados en las diferentes normas se cumplen para coliformes totales y *Salmonella* (Gilbert *et al.* 2000; Ministerio de Salud de Perú, 2003; Ministerio da Saude Brasil, 1978); sin embargo, para el caso de los mohos y las levaduras, sólo las

muestras 1, 3, 4 y 7 cumplen con la referencia establecida por la norma peruana (Ministerio de Salud de Perú, 2003) y la muestra 2 sobrepasa el máximo de mesófilos aerobios, determinado por la norma británica (Gilbert *et al.* 2000) (Tabla 3). Estos resultados, se pueden relacionar con mala manipulación, ya que los mesófilos regularmente son microorganismos del ambiente y propios de la flora, que se encuentra en la piel de los humanos y ambientes (Pérez *et al.* 1998). Adicionalmente, los parámetros fisicoquímicos de actividad de agua y humedad que, al ser más altos de lo que convencionalmente se encuentra en un producto deshidratado, promueven el crecimiento bacteriano, afectando así la calidad del producto.

Tabla 3. Calidad microbiológica para muestras de tomate deshidratado comercial.

Muestra	Coliformes totales UFC/g	Recuento de Mesófilos UFC/g	Salmonella Presencia/ Ausencia	Mohos y levaduras UFC/g
1	<3	99000	Negativa	70
2	<3	220000	Negativa	18000
3	<3	4000	Negativa	30
4	<3	<10	Negativa	<10
5	<3	36000	Negativa	200
6	<3	2000	Negativa	1100
7	<3	6100	Negativa	<10

Estudios similares se presentan en la evaluación microbiológica de muestras de tomate deshidratado comercial, con recuentos de coliformes, mesófilos aerobios, hongos y levaduras menores a 10UFC/g (Monsalve & Machado, 2007; Sohail *et al.* 2011); estos resultados, se favorecen con el contenido de agua presente en el producto. Otros estudios encuentran microorganismos, como mesófilos aerobios (56000UFC/g) y hongos (3600UFC/g), donde influyen las condiciones de almacenamiento y la exposición al ambiente; algunas muestras ni cumplen con los parámetros mínimos de calidad (Idah & Aderibigbe, 2007; Sohail *et al.* 2011).

**Análisis sensorial:** El análisis sensorial con consumidores indica que la muestra 7 es la preferida por los consumidores; seguida de la muestra 1 y la 4. Correlacionando estos resultados con las medidas instrumentales, se observa que la muestra 7 está claramente diferenciada, en cuanto a propiedades texturales; la variable más influyente es la fracturabilidad, indicando que es una muestra más fracturable y con atributos, como la crocancia. El parámetro de textura para la aceptación del consumidor es la fracturabilidad de la muestra; también los panelistas afirmaron que el color más cercano al del tomate fresco es el aceptado para su consumo.

En general, se observa una gran heterogeneidad entre las muestras de tomate deshidratado encontradas en el comercio local, por lo cual, se hace necesario impulsar la reglamentación de parámetros de calidad fisicoquímica y microbiológica del producto. Las pruebas fisicoquímicas con diferencias significativas entre las muestras son el color y la textura, parámetros primordiales para el estudio de muestras deshidratadas; el color debe ser muy cercano al del tomate fresco y las muestras deben tener propiedades texturales, como la fracturabilidad, para asegurar aceptación sensorial. Adicionalmente, es importante evaluar humedad y actividad de agua en estudios experimentales de tomate deshidratado, con el fin de evitar reacciones de deterioro.

**Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Este estudio fue financiado por el programa Semilleros de creación e investigación de la División de Investigación de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (4to corte) y el proyecto “Estrategias para selección de indicadores tecnológicos en procesos de deshidratación de frutas y hortalizas utilizando herramientas de automatización y control”, financiado por Colciencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- AKDENIZ, B.; KAVAK, D.D.; BAĞDATLIOĞLU, N. 2012. Use of factorial experimental design for analyzing the effect of storage conditions on color quality of sundried tomatoes. *Sci. Res. Essays.* 7(4):477-489.
- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemists. 920.151. total solids in fruit and fruit products.
- ASHEBIR, D.; JEZIK, K.; WEINGARTEMANN, H.; GRETZMACHER, R. 2009. Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60(7):308-315.
- BARREIRO, J.A.; MILANO, M.; SANDOVAL, A.J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *J. Food Eng.* 33(3-4):359-371.
- BATU, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *J. Food Eng.* 61(3):471-475.

6. BROOKS, M.S.; GHALY, A.E.; ABOU EL-HANA, N.H. 2008. Effect of osmotic pre-treatment on the air-drying behavior and quality of plum tomato pieces. *Int. J. Food Eng.* 4(5):1-24.
7. CHANG, C.-H.; LIN, H.-Y.; CHANG, C.-Y.; LIU, Y.-C. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *J. Food Eng.* 77(3):478-485.
8. GBX. 2008. Fast-lab water activity meter. Disponible desde Internet en: [http://www.gbxonline.com/Eng\\_AW.html](http://www.gbxonline.com/Eng_AW.html) (con acceso 04/11/2012).
9. HEREDIA, A.; BARRERA, C.; ANDRÉS, A. 2007. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *J. Food Eng.* 80(1):111-118.
10. HOSSAIN, M.A.; AMER, B.M.A.; GOTTSCHALK, K. 2008. Hybrid solar dryer for quality dried tomato. *Drying Techn.* 26(12):1591-1601.
11. ICONTEC. 1999. NTC 4592. Productos de frutas y verduras. determinación del pH. Instituto colombiano de normas técnicas. Técnicas (Ed.). Bogotá.
12. IDAH, P.A.; ADERIBIGBE, B.A. 2007. Quality changes in dried tomatoes stored in sealed polythene and open storage Systems. *Leonardo Electr. J. Practices Techn.* 6(10):1-6.
13. INVIMA. 1998. Manual de técnicas de análisis para el control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá (Colombia).
14. KEK, S.P.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A. 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. *Food Biopr. Proces.* 91(4):495-506.
15. KHAZAEI, J.; CHEGINI, G.-R.; BAKHSHIANI, M. 2008. A novel alternative method for modeling the effects of air temperature and slice thickness on quality and drying kinetics of tomato slices: superposition technique. *Drying Techn.* 26(6):759-775.
16. GILBERT, R.J.; DE LOUVOIS, J.; DONOVAN, T.; LITTLE, C.; NYE, K.; RIBEIRO, C.D.; RICHARDS, J.; ROBERTS, D.; BOLTON, F.J. (PHLS Advisory Committee for Food and Dairy Products). 2000. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Commun. Dis. Public Health.* 3:163-167.
17. LOZANO, J.E.; IBARZ, A. 1997. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. *J. Food Eng.* 31(3):365-373.
18. MINISTÉRIO DA SAÚDE BRASIL. 1978. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 Frutas secas ou dessecadas (Vol. 12-1978, p.75). Brasil: Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
19. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA. 2011. Proyecto de resolución Frutas. Bogotá. p.2.
20. MINISTERIO DE SALUD DEL PERÚ. 2003. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano *De los grupos de alimentos y criterios microbiológicos* (Vol. 615-2003, p.24).
21. MONSALVE, J.; MACHADO, M. 2007. Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad manzano. *Multicencias.* 7(3):256-265.
22. MONTGOMERY, D. 2002. Diseño y análisis de experimentos (2a ed.). Mexico D.F. Wiley Editors. 686p.
23. MORENO-GUARIN, D.; SIERRA-HOYOS, H.; DIAZ-MORENO, C. 2012. Color y textura, características asociadas a la calidad del tomate deshidratado. *Vitae.* 19:201-203.
24. OLORUNDA, A.O.; AWORH, O.C.; ONUOHA, C.N. 1990. Upgrading quality of dried tomato: effects of drying methods, conditions and pre-drying treatments. *J. Sci. Food Agr.* 52(4):447-454.
25. PÉREZ, M.; BELMONTE, S.; MARTÍNEZ, J. 1998. Estudio microbiológico de los alimentos elaborados en comedores colectivos de alto riesgo. *Rev. Esp. Salud Publica.* 72(1):67-75.
26. POLENTA, G.; LUCANGELI, C.; BUDDE, C.; GONZÁLEZ, C.B.; MURRAY, R. 2006. Heat and anaerobic treatments affected physiological and biochemical parameters in tomato fruits. *LWT - Food Sci. Techn.* 39(1):27-34.
27. RATTI, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *J. Food Eng.* 49(4):311-319.
28. RATTI, C. (Ed.). 2009. *Advances in food Dehydration* (1a ed.): Taylor and Francis group. 477p.

29. SHI, J.; MAGUER, M.L.; KAKUDA, Y.; LIPTAY, A.; NIEKAMP, F. 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Res. Int.* 32(1):15-21.
30. SHIN, S.; BHOWMIK, S.R. 1995. Thermal kinetics of color changes in pea puree. *J. Food Eng.* 24(1):77-86.
31. SIDEL, J.L.; MOSKOWITZ, H.R. 1971. Magnitude and hedonic scales of food acceptability. *J. Food Sci.* 36(4):677-680.
32. SIDEL, J.L.; STONE, H. 1976. Experimental design and analysis of sensory tests. *Food Techn.* 30(11):32-35.
33. SOHAIL, M.; AYUB, M.; AHMAD, I.; ALI, B.; DAD, F. 2011. Physicochemical and microbiological evaluation of sun dried tomatoes in comparison with fresh tomatoes. *Pakistan J. Biochem. Molec. Biol.* 44(3):106-109.
34. SZCZESNIAK, A.S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual. Pref.* 13(4):215-225.
35. THYBO, A.K.; EDELENBOS, M.; CHRISTENSEN, L.P., SØRENSEN, J.N.; THORUP-KRISTENSEN, K. 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT - Food Sci. Techn.* 39(8):835-843.
36. ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. 1998. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Res. Int.* 31(5):395-401.
- Recibido: Mayo 30 de 2013  
Aceptado: Marzo 17 de 2014

#### Como citar.

Moreno, D.C.; Sierra, H.M.; Díaz-Moreno, C. 2014. Evaluación de parámetros de calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial en tomate deshidratado comercial (*Lycopersicum esculentum*). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 131-138.

# EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON QUALITY OF A FUNCTIONAL POWDER OF CAPE GOOSEBERRY OBTAINED BY SPRAY DRYING

## EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE UN POLVO FUNCIONAL DE UCHUVA OBTENIDO POR SECADO POR ASPERSIÓN

Gustavo R. Hernández-Sandoval <sup>1</sup>, Misael Cortés-Rodríguez <sup>2</sup>, Héctor J. Ciro-Velásquez <sup>\*3</sup>

<sup>1</sup> Food Engineer, M.Sc. [gustavohernandezs@hotmail.com](mailto:gustavohernandezs@hotmail.com); <sup>2</sup> Professor, Ph.D., Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, [mcortesro@unal.edu.co](mailto:mcortesro@unal.edu.co); <sup>3</sup> Associate Profesor, M.Sc., Ph.D., Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. \*Author for correspondence: [hjciro@unal.edu.co](mailto:hjciro@unal.edu.co)

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 139-149, Enero-Junio, 2014

### SUMMARY

In Colombia the industrial use of cape gooseberry is poor, which is proposed to evaluate a transformation process leading to a value added product. Functional foods are products that by virtue of their physiologically active components provide health benefits beyond basic nutrition. This research focused on the evaluation during storage of cape gooseberry powder obtained by spray drying and added with vitamin C, iron (ferrous bisglycinate), folic acid, soluble fiber (polydextrose) and soy protein. The powder obtained from the optimization of the process was stored under two different packaging conditions: with vacuum (V) and without vacuum (NV), storage time (0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months) and three storage temperatures of 4, 20 and 30°C. The results indicated that the best storage condition was packaging without vacuum at a temperature of 20°C, reaching values at the end of the storage period (six months) of vitamin C, B<sub>9</sub> and iron expressed in mg/100g of cape gooseberry powder of  $22.33 \pm 1.82$ ,  $261.74 \pm 5.45$  and  $8.88 \pm 0.61$ , respectively. Additionally, the protein and dietary fiber in g/100g cape gooseberry powder were  $6.89 \pm 0.27$  and  $10.44 \pm 0.29$ , respectively. A diminishing trend was observed in the color parameters (CIE-Lab) during storage time being more distinct the higher the storage temperature.

Key words: *Physalis peruviana* L., functional foods, drying, shelf life.

### RESUMEN

En Colombia el aprovechamiento industrial de la uchuva es deficiente por lo cual se propone evaluar un proceso de transformación que otorgue un valor adicional al producto. Alimentos funcionales son productos que por virtud de sus componentes activos proveen beneficios a la salud más allá de componente nutricional. Este trabajo de investigación consistió en la evaluación durante el almacenamiento de polvo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) obtenido mediante secado por aspersión y adicionado con vitamina C, hierro, ácido fólico, fibra soluble (polidextrosa) y proteína de soya. El polvo obtenido a partir de la optimización del proceso de secado por aspersión se almacenó bajo dos condiciones de envasado diferentes: con vacío (V) y sin vacío (NV), para diferentes tiempos de almacenamiento (0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses) y a tres temperaturas de almacenamiento de 4, 20 y 30°C. Los resultados indicaron que la mejor condición de almacenamiento es envasado sin vacío a una temperatura de 20°C, alcanzando valores al final del período de almacenamiento (6 meses) para la vitamina C, B<sub>9</sub> y hierro en mg/100g de polvo de uchuva de  $22,33 \pm 1,82$ ;  $261,74 \pm 5,45$  y  $8,88 \pm 0,61$ , respectivamente. Además, la fibra y la proteína dietética en g/100g de polvo de uchuva fue de  $6,89 \pm 0,27$  y  $10,44 \pm 0,29$ , respectivamente. Una tendencia a la baja se observó en los parámetros de color (CIE-Lab) durante el tiempo de almacenamiento siendo más significativa cuando la temperatura de almacenamiento se incrementó.

Palabras clave: *Physalis peruviana* L, alimento funcional, secado, vida útil.

## INTRODUCTION

Cape gooseberry is a tropical fruit found inside a husk that entirely covers and protects it from the surroundings during the stages of harvest and post-harvest (Rojas *et al.* 2004). It is grown at altitudes within 2300 and 3000 meters above sea level, temperatures between 8 and 17°C with a range of relative humidity from 80 to 90% (Mazorra *et al.* 2006). This fruit possesses a high content of sugar and vitamins like A, B and C. Additionally, medicinal properties have been attributed (Rodríguez & Elika, 2007; Puente *et al.* 2011). When ripe, it presents the following physical-chemical characteristics: pH of 3.7, °Brix between 9 and 13, and percentage of acidity from 1.6 to 2.0 (Osorio & Roldan, 2004). This set of attributes has made cape gooseberry one of the fruits with the largest exports of Colombia, and with high potential for use as functional food.

Currently there are four methodologies for obtaining functional foods: genetic engineering (Xudong *et al.* 2000; Prescha *et al.* 2003) breeding and cropping techniques (Dhirman *et al.* 1999), matrix engineering (Peña *et al.* 2013; Cortés, 2012) and bulk incorporation (Pérez *et al.* 2006). This last technique is industrially the most used where components such as vitamins, minerals, pre and probiotics and essential fatty acids, among others are directly incorporated. This also adds synergic effect on the original food.

Physiological Active Components (PAC) have been used in the fortification of foods. Iron is a fundamental micronutrient in our diets, especially under specific conditions such as menstruations, pregnancy and breastfeeding and its lack produces anemia. Its absorption can be increased by means of promoters such as vitamin C (Gibson, 1997) which is a frequently used antioxidant in the food industry for reducing characteristics of its two groups of protons donors (Koshizaka *et al.* 1988). Folic acid or vitamin B<sub>9</sub> is a hydro-soluble vitamin necessary for the formation of structural proteins and hemoglobin, and which absorption and stability is also promoted by vitamin C (Koshizaka *et al.* 1988). Polydextrose is a soluble fiber that is not digested in the small intestine, but undergoes a partial fermentation in the large intestine (Ribeiro *et al.* 2003) representing health benefits since it favors the growth of beneficial bacteria (prebiotics) softening and facilitating fecal matter, reducing pH and gas production, attenuating blood glucose, and increasing calcium absorption (Pronczuk & Hayes, 2006).

Spray drying is an effective process for the conservation of food products by reducing  $a_w$  (water activity,) generating good stability and suitable quality attributes. By means of this process, the liquid feeding is dispersed in the form of fine drops with a high surface area, in such manner that upon direct contact with hot air it favors the transfer of heat

and mass and finally obtaining a powder product (Kudra & Mujumdar, 2012).

Fruits have high contents of soluble solids with low glass transition temperatures ( $T_g$ ). Thus spray drying is a difficult and complex process and therefore additives are used to avoid product plastification inside the dryer, to increase process performance, to protect active ingredients from oxidation and other undesired reactions and to improve sensory and nutritional characteristics (Bhandari *et al.* 1993; Dolinsky *et al.* 2000; Fazaeli *et al.* 2012).

Powder products are solid materials with very distinct characteristics depending on their nature. During storage, these products can experience a series of changes in its amorphous state from a product initially in vitreous state going to a gummy state, where all properties (physical, physical-chemical, organoleptic, microbiological and nutritional) are substantially modified because of the greater water mobility in the food substrate (Dolinsky *et al.* 2000; Woun *et al.* 2012)

The aim of this work was to evaluate the effects of storage conditions: temperature (4°C, 20°C and 30°C), packaging (with and without vacuum) and storage time (0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months) upon the quality attributes of cape gooseberry powder added with vitamin C, iron, folic acid, soluble fiber (polydextrose) and soy protein.

## MATERIALS AND METHODS

Fresh cape gooseberries were selected from a commercial crop with the following characteristics: free of external damage and with a commercial ripeness in the color scale from 3 to 4, according to the Colombian Technical Standard NTC 4580 (ICONTEC, 1999). The pulp was obtained by homogenization (ULTRA-TURRAX T25) at 8000 RPM for 2 minutes, crushing the fruit with seeds and skin, and then filtered via a screen of 500µm. The mixing pulp was done by homogenization at 20000 RPM for 5 minutes with maltodextrin with dextrose equivalent (DE) of 19-20 (24.37%), vitamin C (0.0158%), folic acid (0.0001%), iron (0.0035%), polydextrose (1.38%) and isolated soy protein (2.57%).

A spray dryer with an atomizer disk (Vibrasec S.A.) was used with an evaporation capacity of 1.5L/h under the following operation conditions: inlet air temperature = 194.2°C, outlet air temperature = 87.7°C, disk rotation speed = 19848 rpm, and vacuum pressure in drying chamber = 0.124kPa (0.5 inches of water).

For the storage study the following variables were established: temperature (4, 20 and 30°C), packaging conditions with vacuum (V) and without vacuum (NV) and storage times (0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months). A low density polyethylene

package was used with high barrier to water vapor and hot sealing. Local barometric pressure was 85kPa and package vacuum pressure was -63.75kPa.

**Characterization of the cape gooseberry powder:** Moisture content ( $X_w$ ) was established by the thermogravimetric method according to standards AOAC 7.003-84 and 930.15-90, adapted from AOAC 934.06 (AOAC, 1996); water activity ( $a_w$ ) was defined with a dew point hygrometer at 25°C with equipment AquaLAB Decagon series 3TE according to Standard AOAC 978.18M (AOAC, 1996); pH with a potentiometer Schott CG840B, according to Standard AOAC 981.12 (AOAC, 1990); the color was determined using a spectrophotometer (X-Rite, model SP64,) with illuminant D<sub>65</sub> and observer of 10° as reference; color coordinates CIE-Lab, and chromatic coordinates tone (h) and chroma (C) were calculated from the spectrum of reflection of the samples; dietary fiber contents were evaluated by the AOAC 993.21 method (AOAC, 1998) and proteins were determined by the Kjeldahl method according to standard NTC 4657 (ICONTEC, 1999).

**PAC: Extraction and Quantification:** Vitamin C extraction was performed by diluting the sample in distilled water until complete hydration and then filtered at 4.5 μm. Quantification was established through High Performance Liquid Chromatography (HPLC) provided with UV/VIS detector with diode array and detection at 265nm (Gutiérrez *et al.* 2007). Folic acid was extracted based in the methodology suggested by Arcot & Shrestha (2005) with sample hydrolysis of NaOH 2M in magnetic agitation, followed by filtration and neutralization with phosphate buffer pH 3.0. Folic acid determination was performed by HPLC with detection at 280nm (Heudi *et al.* 2005; Pérez *et al.* 2006). Iron was determined by the method of atomic absorption spectrophotometry with flame, based in Colombian Technical

Standard (NTC-4807) for the determination of minerals to fruits and vegetables (ICONTEC, 2000)

**Statistical Analysis:** A factorial experimental design with the factors temperature and storage time was applied evaluating the response variables to the packaging conditions with and without vacuum. The results were analyzed by Design Expert 6.0 software by means of response surfaces methodology. The different response variables were adjusted to the following second degree polynomial model:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k b_{ij} X_i X_j$$

Where  $b_i$  represent adjustment constants,  $X_i$  represents statistical model factors (A= storage time; B= Storage temperature) and  $k$  is the number of factors in the model.

## RESULTS AND DISCUSSION

**PAC contents in cape gooseberry powder:** Tables 1 and 2 present the mean values and standard deviation obtained to the response variables evaluated during the storage of the product under the packaging conditions: without vacuum (NV) and vacuum (V). Additionally, the results of Analysis of Variance ( $\alpha=0.05$ ) are shown in the Table 3.

Figure 1 presents the results of the response surface of the contents of vitamin C, B<sub>9</sub>, and iron in 100g of cape gooseberry powder in function of the storage factors such as temperature, storage time and packaging conditions. It was observed that packaging condition was not a determinant. This fact can be attributable to the encapsulation of the PAC with the maltodextrin (Saénez *et al.* 2009; Ersus & Yurdagel, 2007).

Table 1. Experiment results in storage without vacuum (NV).

Temperature °C	Time month	Vitamin C mg/100g	Folic Acid mcg/100g	Iron mg/100g	Dietary fiber g/100g	Protein g/100g	$a_w$	pH	L*	a*	b*
4	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.58±1.05	6.97±1.63	0.277±0.005	3.65±0.03	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	36.57±0.31	277.26±5.82	10.12±0.16	10.34±1.36	7.04±1.35	0.325±0.002	3.45±0.02	80.44±0.20	4.24±0.13	22.43±0.31
	2	30.66±1.09	274.04±4.72	8.87±0.21	10.7±1.95	6.52±1.2	0.334±0.002	3.59±0.08	79.76±0.11	4.27±0.05	21.18±0.02
	3	27.99±0.70	274.30±6.30	9.07±0.29	10.97±2.64	6.98±2.04	0.347±0.002	3.56±0.05	80.12±0.71	4.42±0.04	21.18±0.04
	4	26.68±0.77	272.03±7.29	11.13±0.54	10.48±1.71	7.15±2.01	0.362±0.002	3.63±0.03	80.04±0.29	4.65±0.04	21.56±0.28
	5	25.22±0.31	269.74±5.48	9.00±0.71	10.18±0.63	7.06±0.93	0.356±0.003	3.47±0.06	79.31±0.70	4.65±0.04	22.38±0.29
	6	25.64±1.62	270.92±2.50	8.47±0.17	10.23±0.99	6.49±0.77	0.360±0.003	3.68±0.03	79.63±0.29	4.68±0.03	21.14±0.27

Continuation Table 1.

20	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.11±1.7	6.69±0.74	0.277±0.005	3.55±0.04	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	29.29±0.91	272.43±5.07	10.22±1.19	10.98±0.29	7.2±1.46	0.360±0.002	3.67±0.05	82.27±0.57	4.47±0.06	22.05±0.26
	2	25.30±1.71	270.88±9.02	9.27±0.21	10.98±1.97	7.05±1.14	0.367±0.001	3.51±0.09	80.44±0.21	5.04±0.04	23.02±0.05
	3	24.16±1.84	268.61±11.50	8.37±0.46	10.1±1.2	7.08±2.09	0.383±0.002	3.42±0.08	79.34±0.06	5.04±0.02	21.54±0.08
	4	23.01±1.18	265.09±2.99	11.90±0.65	10.22±0.62	6.61±1.66	0.394±0.003	3.61±0.02	80.16±0.03	5.20±0.03	19.97±0.05
	5	21.92±0.80	263.33±6.06	8.50±0.14	10.27±1.99	7.07±1.13	0.386±0.006	3.63±0.02	80.44±0.29	5.29±0.02	19.89±0.26
	6	21.78±2.05	260.25±2.83	8.90±0.82	10.2±0.54	6.8±0.81	0.392±0.002	3.52±0.04	79.63±0.29	5.33±0.03	19.07±0.24
30	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.5±2.05	6.96±1.21	0.277±0.005	3.6±0.04	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	25.19±1.62	267.73±6.87	10.83±0.72	10.74±2.54	7.18±0.53	0.333±0.002	3.49±0.06	80.28±0.09	5.13±0.13	21.77±0.62
	2	19.40±4.66	257.83±3.99	8.70±0.57	10.29±2.07	6.91±1.69	0.344±0.002	3.64±0.08	79.22±0.26	4.92±0.07	19.30±0.60
	3	17.66±1.22	252.53±8.46	8.43±1.03	10.47±1.93	6.43±0.93	0.365±0.002	3.59±0.06	78.11±0.08	4.02±0.08	17.25±0.03
	4	15.80±1.48	250.30±8.47	10.94±0.71	10.2±0.63	6.47±1.37	0.387±0.002	3.65±0.04	76.42±0.28	3.43±0.04	15.67±0.03
	5	12.05±1.23	243.51±4.16	8.13±0.09	10.9±0.62	7.21±1.45	0.385±0.004	3.47±0.12	75.21±0.27	3.38±0.02	15.44±0.03
	6	10.34±0.89	238.61±0.83	9.17±0.17	10.32±1.65	6.65±0.68	0.386±0.003	3.62±0.06	74.07±0.14	3.38±0.02	15.34±0.20

a<sub>w</sub>: water activity; b\*: the yellow/blue coordinate; c\*: the red/green coordinate.

Table 2. Experiment results in storage with vacuum (V).

Temperature °C	Time month	Vitamin C mg/100g	Folic Acid mcg/100g	Iron mg/100g	Dietary fiber g/100g	Protein g/100g	a <sub>w</sub>	pH	L*	a*	b*
4	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.2±1.37	7.03±1.27	0.277±0.005	3.65±0.05	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	36.59±1.42	277.61±6.22	8.96±0.40	10.04±1.17	7.19±1.15	0.284±0.002	3.57±0.02	81.38±0.38	4.12±0.06	21.87±0.11
	2	32.70±2.00	275.72±0.57	11.17±1.60	10.54±1.7	6.57±2.28	0.296±0.002	3.41±0.08	79.09±0.06	4.73±0.04	22.25±0.08
	3	29.31±1.58	275.06±7.32	7.57±0.17	10.34±2.46	7.15±1.97	0.313±0.002	3.61±0.04	78.71±0.46	5.09±0.33	20.11±0.73
	4	27.86±1.01	272.74±6.20	11.17±0.21	10.47±1.68	7.06±2.01	0.333±0.002	3.57±0.12	79.55±0.18	4.39±0.19	21.28±0.10
	5	26.69±0.59	273.21±6.95	9.30±1.20	10.49±2.78	7.02±1.67	0.332±0.003	3.61±0.12	80.78±0.47	4.15±0.07	21.97±0.28
	6	25.83±5.44	272.39±6.42	9.77±1.11	10.08±1.25	7.26±1.70	0.333±0.003	3.68±0.07	80.04±0.29	4.29±0.03	22.13±0.28
20	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.25±1.64	6.69±0.67	0.277±0.005	3.69±0.04	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	32.32±1.19	277.65±12.85	9.52±0.75	10.73±3.07	6.38±0.55	0.342±0.002	3.55±0.07	80.13±0.21	4.11±0.07	21.09±0.71
	2	26.73±1.25	274.95±9.38	8.86±1.08	10.93±1.73	6.32±1.82	0.352±0.002	3.51±0.08	79.59±0.02	5.11±0.64	20.15±0.06
	3	25.95±0.88	273.77±9.59	10.07±0.59	10.16±2.97	6.71±2.04	0.372±0.002	3.54±0.09	78.42±0.18	4.20±0.32	19.30±0.09
	4	24.16±1.58	269.48±7.44	9.88±0.64	10.59±1.7	7.18±1.7	0.394±0.003	3.61±0.06	78.48±0.26	5.52±0.09	21.01±0.20
	5	22.66±1.59	264.95±5.14	8.10±0.14	10.63±1.63	6.71±0.83	0.390±0.003	3.56±0.06	80.04±0.29	5.46±0.03	20.30±0.04
	6	22.89±1.57	263.22±8.07	8.87±0.48	10.31±1.62	6.48±0.84	0.393±0.002	3.57±0.03	79.23±0.29	5.49±0.04	20.31±0.26
30	0	36.68±0.05	276.92±3.02	10.26±0.20	10.11±2.89	7.04±1.64	0.277±0.005	3.47±0.07	81.25±0.15	4.21±0.04	22.59±0.07
	1	29.17±2.08	271.28±10.75	9.06±0.70	10.05±2.04	6.48±1.10	0.333±0.002	3.63±0.03	81.81±0.17	4.21±0.04	21.08±0.10
	2	23.79±0.89	264.45±4.88	8.27±0.17	10.03±3.29	6.96±0.79	0.342±0.002	3.58±0.09	80.18±0.15	5.03±0.06	18.33±0.11
	3	19.73±0.74	262.09±3.45	9.37±0.52	10.64±1.74	7.14±1.89	0.363±0.002	3.49±0.02	79.03±0.04	5.16±0.07	17.22±0.07
	4	17.09±0.99	259.96±2.65	9.63±0.21	10.67±2.45	7.16±0.84	0.383±0.002	3.53±0.03	79.72±0.05	5.20±0.07	17.34±0.06
	5	13.47±0.96	253.50±0.30	8.10±0.08	10.9±1.42	7.21±1.86	0.382±0.004	3.59±0.12	79.72±0.70	5.17±0.02	17.41±0.22
	6	11.64±0.53	248.38±6.54	10.60±2.51	10.73±1.61	7.11±0.92	0.383±0.003	3.43±0.06	79.23±0.29	5.22±0.02	17.33±0.22

Table 3. Statistical results to the cape gooseberry powder.

N°	Interaction	NV											
		Vitamin C	Folic Acid	Iron	a <sub>w</sub>	L*	a*	b*	C	h	Protein	Fiber	pH
A	Time (month)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
B	Temperature (°C)	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
A <sup>2</sup>	Interaction <sup>2</sup>	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
B <sup>2</sup>	Interaction <sup>2</sup>	S	NS	NS	S	NS	S	S	S	S	NS	NS	NS
AB	Interaction among factors	S	S	NS	S	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS
R <sup>2</sup>	-----	0.913	0.974	0.112	0.927	0.964	0.958	0.915	0.908	0.962	0.151	0.109	0.102
Statistical Significance	-----	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
N°	Interaction	V											
		Vitamin C	Folic Acid	Iron	a <sub>w</sub>	L*	a*	b*	C	h	Protein	Fiber	pH
A	Time (month)	S	S	NS	S	NS	S	S	S	S	NS	NS	NS
B	Temperature (°C)	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
A <sup>2</sup>	Interaction <sup>2</sup>	S	S	NS	S	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS
B <sup>2</sup>	Interaction <sup>2</sup>	S	NS	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
AB	Interaction among factors	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS
R <sup>2</sup>	-----	0.917	0.991	0.033	0.945	0.905	0.957	0.987	0.957	0.938	0.138	0.178	0.144
Statistical Significance	-----	S	S	NS	S	S	S	S	S	S	NS	NS	NS

NS: Not significant; S: Significant to a value  $p < 0.05$ ; a<sub>w</sub>: water activity; b\*: the yellow/blue coordinate; c\*: the red/green coordinate. h: cylindrical coordinate (hue). C: cylindrical coordinate (chroma).

The vitamin C tends to decrease, thus the storage temperature was an important factor, gaining significance with increase of temperature and storage time. Increasing the temperature raises the water mobility inside the powder particle favoring degradative reactions (Rodríguez *et al.* 2009). Vitamin C is an unstable and weak vitamin because of the high reactivity of the enediol structure. Its main degradation route is oxidation to dehydroascorbic acid, which tends to suffer a series of reactions with amino acids and acids deriving into active formation of pigments (Cernisev, 2010). The kinetic loss of vitamin C was lower at 4°C, since low temperatures have cryoprotectant effects. This adds to the greater attraction with maltodextrin by molecular affinity, having common OH groups which enable high interaction (Dib Taxi *et al.* 2003). Studies have demonstrated that vitamin C contents decrease during storage depending on temperature, time and

condition of package (Hymavathi & Khader, 2005; Lisiewska & Kmiecik, 2000).

Regarding folic acid, individual factors and quadratic interactions contribute to the kinetic loss of this PAC, presenting a lower sensitivity in the first 2 months and becoming more critical at temperature of 30°C. The degradation of folic acid is much less than that of vitamin C, due to the fact that its chemical nature possesses extreme carbonyl and amino groups, enabling them to interact with the soy protein and the maltodextrin binding strongly to these compounds and favoring protection against storage temperature (Krishnam *et al.* 2005). These results agree with similar studies by Cai & Corke (2000) and Quek *et al.* (2007).

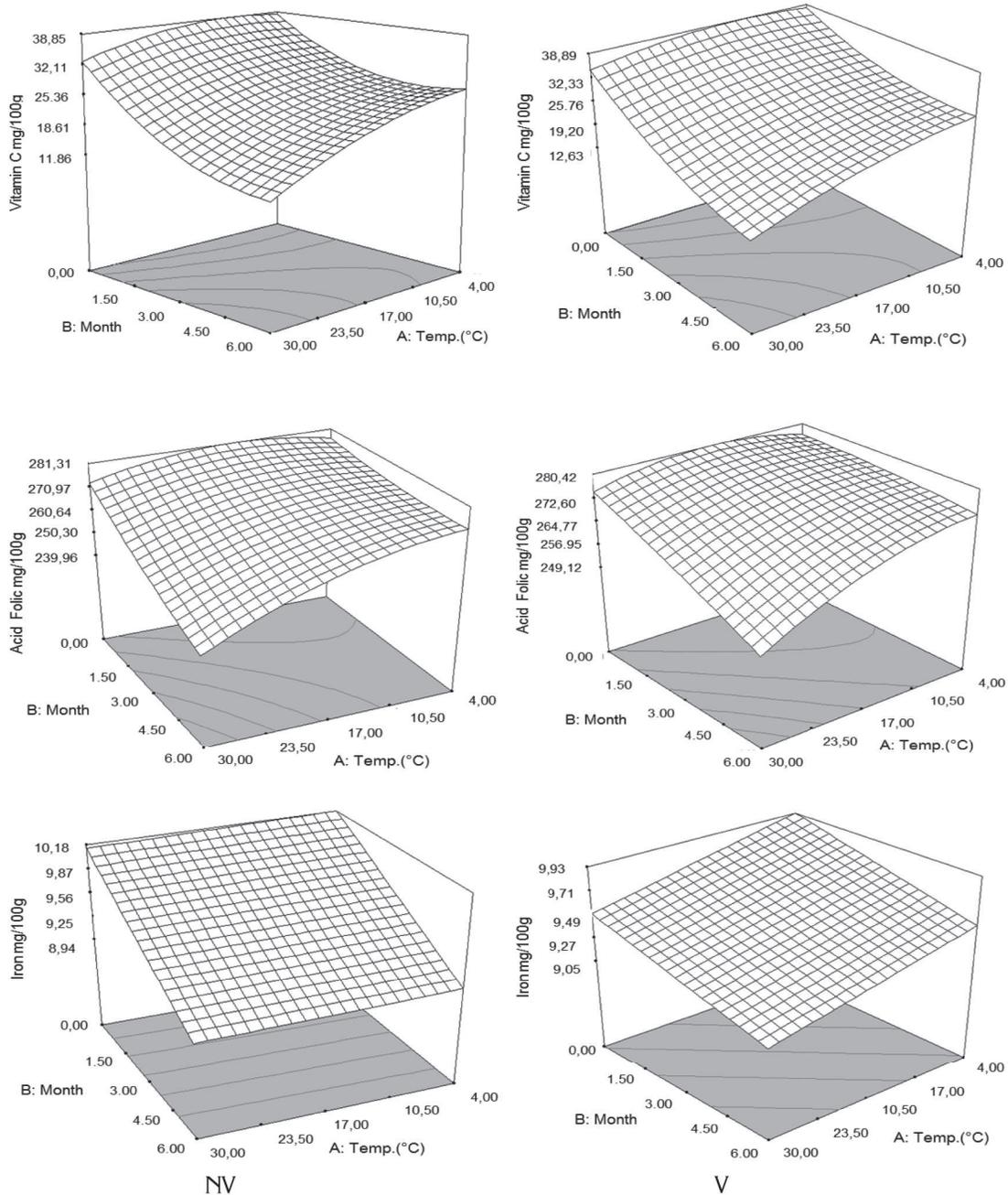


Figure 1. Response surface of the contents of vitamin C, vitamin B<sub>9</sub>, and iron for each 100g of cape gooseberry powder: without vacuum (NV) and with vacuum (V).

Iron in cape gooseberry only presented significant differences with regards to the factor of storage time ( $p < 0.05$ ). However, these changes are not very perceivable. Iron is a non-thermosensitive mineral (Krishnam *et al.* 2005) and the results show that factors as temperature and packaging conditions have no statistical effects and are favored by the protective effect given by maltodextrin. Similar studies have

been reported by other products such as green barley powder (García *et al.* 2004).

Protein and dietary fiber contents did not present significant differences regarding the storage time and storage temperature factors. This is attributed to the fact that they are stable macromolecular compounds to conditions of low

water activity  $a_w$  (Sudha *et al.* 2007). The protein contained in the cape gooseberry powder can interact with iron through the amino and carbonyl groups by means of hydrogen bridges. This situation is favored by the pH of the fruits pulp of  $3.4 \pm 0.1$  (García *et al.* 2004) improving its protection through the storage time. Besides, the aminocheletated chemical structure of iron bisglycinate of high molecular weight, allows binding to formulation components such as soy protein, generating a more resistant structure for the encapsulated compounds and reducing iron loss (Oliveira *et al.* 2007). Dietary fiber and protein contents averages were approximately  $6.89 \pm 0.27$ , and  $10.44 \pm 0.29$ g/100g cape gooseberry powder, respectively. These correspond to 13.8% of the daily reference value (DRV) of protein, and to 41.8% DRV of dietary fiber, in accordance to the nutritional requirements established by Colombian Government.

The contents of vitamin C, B<sub>9</sub> and iron achieved at the end of the storage over a portion of 100g of cape gooseberry powder expressed as % DRV enable identifying the product in the Colombian standard framework, at 4 and 20°C with the descriptor of “Excellent source of vitamin C, folic acid, iron and dietary fiber” and “Good source of protein,” whereas at 30°C, as “Excellent source of folic acid, iron and dietary fiber” and “Good source of protein and vitamin C”.

**Cape Gooseberry Powder Properties:** Figure 2 shows the surface response of water activity ( $a_w$ ) as a function of the studied factors considering the packaging conditions (NV) and (V). The water activity presented under both packaging conditions significant statistical differences ( $p < 0.05$ ). An increase of  $a_w$  occurs in relation to storage temperature and storage time.

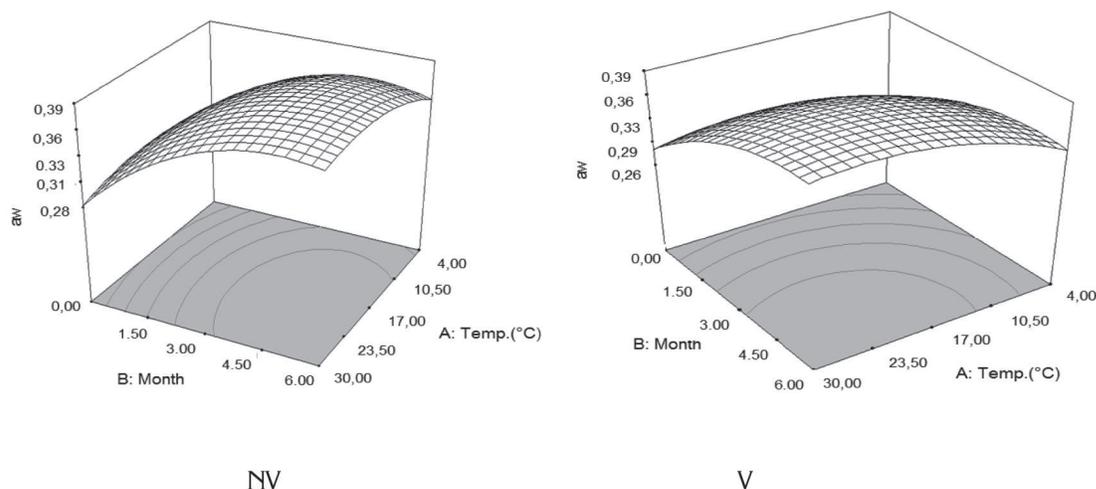


Figure 2. Response surface of  $a_w$  in function of the study factors: without vacuum (NV) and with vacuum (V).

The gain in water vapor depends on the permeability of the low density polyethylene packaging and its interaction with temperature due to the variation of the relative humidity of the air surrounding the packaging plus the hygroscopicity offered by the product (Tonon *et al.* 2008). The water activity presented the lowest variations at 4°C, whereas at higher temperatures it remains stable from the third to the sixth month. This situation of equilibrium in  $a_w$  is favored by maltodextrin, a material of low hygroscopicity which presents a good efficiency acting as a protective agent against humidity (Rodríguez-Hernández *et al.* 2005). A similar study presented by Cai & Corke (2000) working with spray drying in betacyanin pigments where was finding a reduction of hygroscopicity close to 20% at higher concentrations of maltodextrin.

Figure 3 presents the response surface of the color parameters L, a and b in function of the study factors. All parameters presented significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) regarding storage temperature (A), storage time (B) and interactions (AB) (Table 3). A diminishing trend was observed in the color parameters during storage time, being more distinct the higher the storage temperature. However, despite the statistical differences, the changes of parameters at 4 and 20°C are not very noticeable in any of the packaging conditions (L: 81.5→78.0; a: 5.5→4.0; b: 23.0→19.0) whereas at 30°C mainly noticeable are the changes in luminosity L (81.5→74.0) and chromaticity b (23.0→15.0).

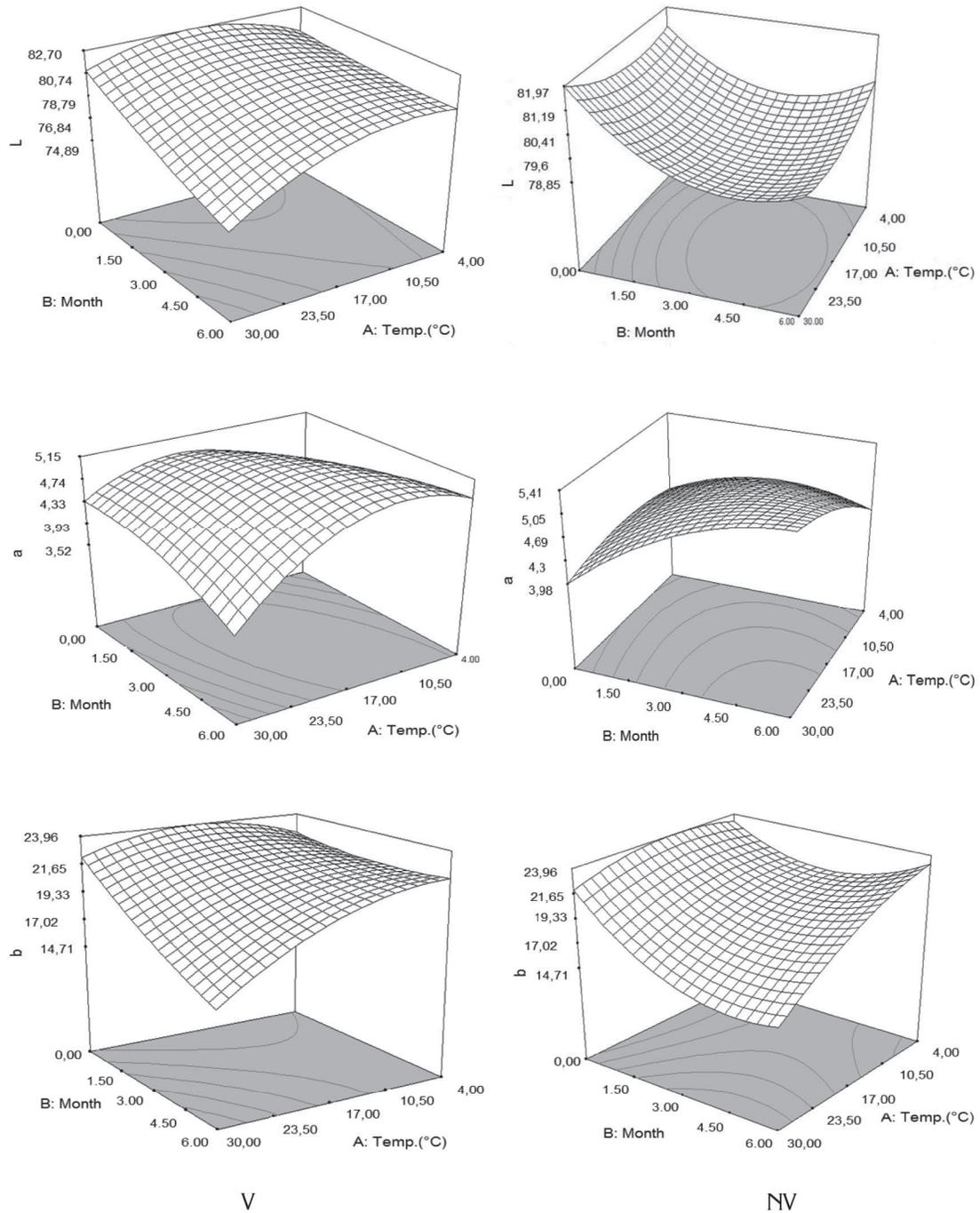


Figure 3. Color parameters by cartesian coordinates (CIE-Lab) of the cape gooseberry powder with vacuum (V) and without vacuum (NV).

The decrease of luminosity L at high storage temperatures with the time, reflects the darkening of the particles surface, which can be mainly attributable to non-enzymatic reactions (Urbanyi & Horti, 1989); while the decrease of the chromaticity a and b with time and temperature, reflects the degradation of carotenoid pigments (Ruíz *et al.* 2005). This situation

produces that in the chromatic plane ab, the samples displace towards the interior of the area of grays decreasing the saturation or chroma (C) ( $\cong 24 @ 15$ ) and hue (h) ( $\cong 80^\circ @ 73^\circ$ ). Similar changes have been observed during the storage of tomato powder (Fengxia *et al.* 2010). This situation makes the samples take a more orange color, stronger in the CV

samples than in the SV due to the mechanical compacting exerted by the vacuum in the samples. Similar results were found by Cortés *et al.* (2008) in orange juice and by Arias *et al.* (2000) in tomato.

According to the results of this research it can be concluded that during the storage of cape gooseberry powder added with vitamin C, iron, folic acid, soluble fiber (polydextrose) and soy protein, there is an influence of the storage temperature and storage time on the product, while packaging condition is not a significant factor. Vitamin C and folic acid contents were the properties most affected with the increase of storage temperature and time; while iron (ferrous bisglycinate), protein and dietary fiber did not present noticeable changes.

Additionally, a protective effect of maltodextrin as an encapsulating agent was observed. The results disclosed that product storage at a temperature between 4 and 20°C, packaged without vacuum permits labeling the product, using the Colombian standard framework, during the 6 months of storage with the descriptor of “Excellent source of vitamin C, folic acid, iron and dietary fiber” and “Good source of protein”.

**Conflict of interests:** The manuscript was prepared and reviewed with the participation of the authors, who declare that there exists no conflict of interest that puts in risk the validity of the results presented.

## BIBLIOGRAPHY

1. AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1990. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15th edition. Arlington, VA. 1018p.
2. AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1996. *Official Methods of Analysis. Basic calculations for chemical and biological analyses*. Arlington, VA. 135p.
3. AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1998. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th edition. Gaithersburg, MD. 1100p.
4. ARCOT, J.; SHRESTHA, A. 2005. Folate: methods of analysis. *Trends Food Sci. & Techn.* 16(6):253-266.
5. ARIAS, R.; LEE, T.C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *J. Agr. Food Chem.* 48(5):1697-1702.
6. BHANDARI, B.R.; SENOUISSI, A.; DUMOULIN, E.D.; LEBERT, A. 1993. Spray drying of concentrated fruit juices. *Drying Techn.* 11(5):1081-1092.
7. CAI, Y.Z.; CORKE, H. 2000. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *J. Food Sci.* 65(6):1248-1252.
8. CERNISEV, S. 2010. Effects of conventional and multistage drying processing on nonenzymatic browning in tomato. *J. Food Eng.* 96(1):114-118.
9. CORTÉS, M. 2012. Ingeniería de matrices: una herramienta efectiva para la generación de valor agregado en alimentos porosos. *Vitae.* 19(2):S39-S40.
10. CORTÉS, C.; ESTEVE, M.J.; FRIGOLA, A. 2008. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *J. Food Control.* 19(2):15-158.
11. DHIRMAN, T.R.; ANAN, G.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W. 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82 (10):2146-2156.
12. DIB TAXI, C.M.; MENEZES, H.C.; SANTOS, A.B.; GROSSO, C.R. 2003. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. *J. Microencapsulation.* 20(4):443-448.
13. DOLINSKY, A.; MALETSKAYA, K.; SNEZHKIN, Y. 2000. Fruit and vegetable powders production on the bases of spray and convective drying methods. *Drying Techn.* 18(3):747-758.
14. ERSÜS, S.; YURDAGEL, U. 2007. Microencapsulation de anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *J. Food Eng.* 80(3):805-812.
15. FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; KALBASI ASHTARI, A.; OMID, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food Biop. Proce.* 90(4):667-675
16. FENGXIA, L.; XIAMIN, C.; HOUYIN, W.; XIAOJUN, L. 2010. Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder Techn.* 204(1):159-166.

17. GARCÍA, C.; GONZÁLEZ, M.; OCHOA, L.; MEDRANO, H. 2004. Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por atomización. *Cien. Tecn. Aliment.* 4(4):262-266.
18. GIBSON, R.S. 1997. Technological approaches to combatting iron deficiency. *J. Clinic Nutr.* 51(4):25-27.
19. GUTIÉRREZ, T.; HOYOS, O.; PÁEZ, M. 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.) por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC.) *Rev. Biotecn. Sector Agropec. Agroindust.* 5(1):70-79.
20. HEÜDI, O.; KILINÇ, T.; FONTANNAZ, P. 2005. Separation of water-soluble vitamins by reversed-phase high performance liquid chromatography with ultra-violet detection: Application to polyvitaminated premixes. *J. Chromatogr.* 1070(2):49-56.
21. HYMAVATHI, T.V.; KHADER, V. 2005. Carotene, ascorbic acid and sugar content of vacuum dehydrated ripe mango powders stored in flexible packaging material. *J. Food Comp. Anal.* 18(2-3):181-192.
22. ICONTEC. 1999. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Frutas frescas: Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. 15p.
23. ICONTEC. 1999. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Método de determinación del contenido de nitrógeno en alimentos para animales por el proceso kjeldahl y un método del cálculo del contenido de proteína cruda. Norma Técnica Colombiana NTC 4657. 11p.
24. ICONTEC. 2000. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Productos de frutas y verduras. Determinación del contenido de cobre. Método espectrométrico de absorción atómica de llama. Norma Técnica Colombiana NTC 4807. 8p.
25. KOSHIZAKA, T.; NISHIKIMI, M.; OZAWA, T. Y.; YAGI, K. 1988. Isolation sequence analysis of a complementary ADN encoding rat liver L-gulonogamma-lactonooxidasa, a key enzima for L-ácido ascórbico biosynthesis. *J. Biol. Chem.* 263(1):1619-1621.
26. KRISHNAM, S.; KSHIRSAGAR, A.C.; SINGHAL R. S. 2005. The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *J. Carbohydr. Polym.* 62(4):309-315.
27. KUDRA, T.; MUJUMDAR, A.S. 2012. *Advanced Drying Technologies*, Second Edition, CRC Press, New York. 438p.
28. LISIEWSKA, Z.; KMIĘCIK, W. 2000. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. *Food Chem.* 70(2):167-173.
29. MAZORRA, M.; QUINTANA, A.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CHAPARRO, M. 2006. Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). *Acta Biol. Col.* 11(1):69-81.
30. OLIVEIRA, A.C.; MORETTI, T.S.; BOSCHINI, C.; BALIERO, J.C.C.; FREITAS, O.; FAVARO-TRINDADE, C.S. 2007. Stability of microencapsulated *B. lactis* (BI 01) and *L. acidophilus* (LAC 4) by complex coacervation followed by spray drying. *J. Microencap.* 24(7):685-693.
31. OSORIO, D.; ROLDÁN, J.C. 2004. *Manual de la uchuva* Grupo Latino LTDA. 85p.
32. PEÑA, R.F.; CORTÉS, M.; MONTOYA, O.I. 2013. Evaluation of the physicochemical, physical and sensory properties of fresh cape gooseberry and vacuum impregnated with physiologically active components. *Vitae.* 20(1):13-22.
33. PÉREZ, S.; CANCHO, B.; GARCÍA, S.; SIMAL, J. 2006. Screening for folic acid content in vitamin-fortified beverages. *J. Food Control.* 17(11):900-904.
34. PRESCHA, A.; BIERNAT, J.; WEBER, R.; ZUK, M.; SZOPA, J. 2003. The influence of modified 14-3-3 protein synthesis in potato plants on the nutritional value of the tubers. *Food Chem.* 82(4):611-617.
35. PRONCZUK, A.; HAYES, K.C. 2006. Hypocholesterolemic effect of dietary polydextrose in gerbils and humans. *Nutr. Res.* 26(1):27-31.
36. PUENTE, L.A.; PINTO-MUÑOZ, C.A.; CASTRO, E.S.; CORTÉS, M. 2011. *Physalis peruviana* Linneaus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Res. Int.* 44(7):1733-1740.

37. QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. 2007. The physicochemical properties of spray dried watermelon powder. *J. Chem. Eng. Proc.* 46(5):386-392.
38. RIBEIRO, C.; ZIMERI, J.E.; YILDIZ, E.; KOKINI, J.L. 2003. Estimation of effective diffusivities and glass transition temperature as a function of moisture content. *Carbohydr. Polym.* 51:273-280.
39. RODRÍGUEZ, H.; PEIXOTO, K.; JAEGER, L.; RODRÍGUEZ, L.; PEDROSA, C.; TRINDADE, A.; PIERUCCI, R. 2009. Legumes seeds protein isolates in the production of ascorbic acid microparticles. *J. Food Res. Int.* 42(1):115-121.
40. RODRÍGUEZ, S.L.; ELIKA, M. 2007. Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Rev. Méd. Vallejiana.* 4(1):43-53.
41. RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, G.R.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; GRAJALES-LAGÚNES, A.; RUIZ-CABRERA, M.A. 2005. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Techn.* 23(4):955-973.
42. ROJAS, M., PEÑUELA, A., GÓMEZ, C., ARISTIZABAL, G., CHAPARRO, M.; LÓPEZ, J. 2004. Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad: Cenicafe, SENA, FEDERACAFÉ. p.115-120.
43. RÚÍZ, D.; EGEA, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; GIL, M.I. 2005. Carotenoids from new apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties and their relationship with flesh and skin color. *J. Agric. Food. Chem.* 53(16):6368-6374.
44. SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHAVEZ, J.; PAZ, R. 2009. Microencapsulation by spray drying of bioactives compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chem.* 114(2):616-622.
45. SUDHA, M.L.; SRIVASTAVA, A.K.; LEELAVATHI, A. 2007. Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ. *Eur. Food Res. Techn.* 225(3):351-357.
46. TONON, R.; BRABET, C.; HUBINGER, M. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.* 88(3):411-418.
47. URBANYI, G.; HORTI, K. 1989. Color and carotenoids content of quick-frozen tomato cubes during frozen storage. *J. Acta Aliment.* 18(3):247-267.
48. WOUN, T.L.; NORDIN IBRAHIM, M.; KAMILB, R.; SALEENA TAIPA, F. 2011. Empirical modeling for spray drying process of sticky and non-sticky products. *Procedia Food Sci.* 1:690-697
49. XUDONG, Y.; AL-BABILI, S.; KLO ETI, A.; JING, Z.; LICCA, P.; BEYER, P.; POTRYKUS, I. 2000. Engineering the provitamin A (β-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Sci.* 287:303-305.

Received: 28 August 2013

Accepted: 11 February 2014

#### Como citar:

Hernández-Sandoval, G.R.; Cortés-Rodríguez, M.; Ciro-Velásquez H.J. 2014. Effect of storage conditions on quality of a functional powder of cape gooseberry obtained by spray drying. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 139-149.



# PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA Y DE LOS AISLADOS PROTEICOS DE LA SEMILLA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*)

## FUNCTIONAL PROPERTIES OF FLOUR AND PROTEIN ISOLATES FROM *Annona muricata* SEEDS

Sandra P. Chaparro<sup>1</sup>, Mónica L. Tavera<sup>2</sup>, José J. Martínez<sup>3</sup>, Jesús H. Gil<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesora Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC, Avenida Central del Norte, Vía Paipa, Tunja, Boyacá – Colombia. Autor para correspondencia, e-mail: patricia.chaparro@uptc.edu.co; <sup>2</sup> Química de Alimentos. Egresada Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, e-mail: monik8617@hotmail.com; <sup>3</sup> Doctor en Química. Profesor Facultad de Ciencias, Grupo de Investigación Catálisis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, e-mail: jose.martinez@uptc.edu.co; <sup>4</sup> Doctor en Química. Profesor Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, A.A.1779, Medellín, Colombia, e-mail: jhgil@unal.edu.co

Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient. 17(1): 151-159, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Se realizó el análisis proximal de la almendra de semillas de guanábana (*Annona muricata*), obtenidas como desecho agroindustrial y la caracterización funcional de la harina desengrasada y los aislados proteicos de las semillas. El porcentaje de proteína cruda en la almendra es del 15%, lo que hizo factible la extracción de aislados proteicos. El punto isoeléctrico (PI) de los aislados obtenidos con ausencia (A0) y presencia de NaCl (A1) fue, en ambos casos, de 4,0. El rendimiento para A0 fue de 46% y para A1, de 46,3%. El contenido de proteína para A0 fue de 39,9% y para A1, de 63,3%, en este último favoreciendo la capacidad de absorción de agua (CAA), la absorción de lípidos (CAL) y la capacidad espumante (CE). Las mejores propiedades emulsificantes fueron observadas en la harina desengrasada. Los aislados proteicos de la almendra de la semilla de guanábana podrían ser empleados en la industria de alimentos, como ingredientes funcionales.

Palabras clave: Capacidad espumante, absorción de lípidos, extracción de proteínas, fruto tropical.

### SUMMARY

Proximate analysis of soursop (*Annona muricata*) seed kernel and functional characterization of defatted flour and protein isolates were studied. Kernel crude protein was 15%, which made it feasible to extract protein isolates. The isoelectric point (PI) of the isolates obtained in absence (A0) and in

presence of NaCl (A1) was, in both cases, 4.0. The yield was 46% for A0 and 46.3% for A1. Protein content was 39.9% in A0 and 63.3% in A1. A higher yield in the extraction of proteins in A1 favors the water absorption capacity (FAC), the lipid absorption (CAL) and the foaming capacity (CE). The best emulsifying properties were observed in the defatted flour. The kernel protein isolates of the soursop seeds could be used in the food industry as functional ingredients.

Key words: Foaming capacity, oil absorption capacity, protein extraction, tropical fruit.

### INTRODUCCIÓN

La *Annona muricata* es un árbol perteneciente a la familia Annonaceae, del cual, se obtiene el fruto conocido como “guanábana”. Es originaria de las Antillas y de las regiones tropicales de América del Sur (Lock & Rojas, 2003). Las procesadoras de alimentos emplean esta fruta, debido a su alto contenido de azúcar y delicado sabor. De la transformación del fruto, se obtienen productos, tales como pulpa, jugo, concentrados, helados, néctares, mermeladas, jaleas, conservas, yogures, entre otros (Badrie & Schauss, 2009) y, además, se generan residuos del procesamiento, como la cáscara y las semillas, que se desechan al medio ambiente.

Los residuos de semillas generados de las procesadoras de frutas pueden poseer valor nutricional y características funcionales que no han sido estudiadas en detalle, por lo que se desconoce su posible utilización, como ingredientes en

diversos productos alimenticios. Los aislados proteicos son una opción viable para el aprovechamiento de semillas, con contenidos significativos de proteína (21,43%) (Awan *et al.* 1980), ya que los aislados pueden ser usados en la industria, gracias a las propiedades funcionales que exhiben, tales como emulsificante, formación de espuma, gelación, incremento de la viscosidad, sabor, textura y absorción de grasa y agua; varias formas de aditivos proteicos son adicionados a los alimentos para incrementar sus características funcionales, nutricionales y económicas (Rakosky, 1989).

Las proteínas vegetales aisladas podrían tener un alto valor como ingredientes funcionales (Liadakis *et al.* 1995); sin embargo, sólo las de soja son ampliamente utilizadas; Pszczola (2004), señala que la industria alimentaria se encuentra en la búsqueda de proteínas alternativas que puedan competir con las que, actualmente, dominan el mercado. Los aislados proteicos vegetales pueden ser obtenidos por solubilización alcalina, seguido de precipitación en el punto isoeléctrico (PI) (Tzeng *et al.* 1990, Liadakis *et al.* 1995, Bernardino-Nicanor *et al.* 2001). Esta metodología es la más empleada, en parte, por la facilidad de su implementación y los altos rendimientos obtenidos de proteína; además, permite la adecuada separación de sustancias no-proteicas, tales como azúcares, fibra, lípidos y otros componentes no deseables en el producto final, principalmente, factores anti-nutricionales (FAN).

El objetivo de este trabajo fue obtener aislados proteicos de semillas de guanábana provenientes de la industria procesadora de frutas y determinar, parcialmente, las características fisicoquímicas y funcionales de interés, con el fin de estudiar la posibilidad para su uso en la industria de los alimentos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de guanábana (*A. muricata* L.) obtenidas de la empresa procesadora de pulpas "Pura Fruta", ubicada en la ciudad de Tunja. Se tomó una muestra representativa de 20kg. Los reactivos fueron grado analítico (Marcas Merck y Panreac).

**Análisis proximal de las semillas:** Las semillas, se lavaron con agua, para eliminar los residuos de pulpa adheridos; se extrajo la almendra y se secó a 40°C durante 24 horas. Posteriormente, se hizo una reducción de tamaño en un molino analítico (IKA A11 Basic) y la muestra fue tamizada, a través de malla 0,5mm. La harina obtenida se almacenó en un recipiente hermético, a temperatura ambiente (20°C), hasta la posterior determinación cuantitativa de la humedad (método oficial 945.09 B (AOAC, 2000), extracto etéreo, (920.39 C), proteína cruda, (979.09 B), fibra cruda, (962.09 E) y cenizas (923.03) (AOAC, 2000).

**Obtención de los aislados proteicos:** La extracción, se llevó a cabo a partir de la harina desengrasada (extracción soxhlet con cloroformo) de la almendra de las semillas de guanábana, para lo cual, fue necesario conocer el punto isoeléctrico (PI) de las proteínas presentes en la harina. Se realizó la curva de solubilidad, de acuerdo con la metodología de Adebowale & Lawal (2004), con algunas modificaciones. Se prepararon seis muestras mezclando 0,5g de semilla (molida y desengrasada), con 10mL de agua destilada, en 6 tubos diferentes. Las muestras fueron sometidas a agitación durante media hora, para su homogenización; seguidamente, se midió el pH de la solución y se ajustó a valores de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 y 12,0, mediante la adición de HCl 0,1M o NaOH 0,2M. Estas soluciones se mantuvieron durante una hora en agitación, para una adecuada homogenización; luego, se sometieron a centrifugación a 4000 rpm (centrífuga Eppendorf 5804), durante 20 minutos a 5°C, con el fin de separar las proteínas solubles de los demás componentes de la mezcla. El sobrenadante, se filtró y de éste se utilizó 1mL para la determinación de proteína soluble, que se realizó espectrofotométricamente mediante el método de Biuret (Gornall *et al.* 1949), utilizando como patrón proteico un estándar de albúmina bovina sérica (BSA), en un rango de concentraciones de 0,2 a 1,0mg/mL. Con los resultados obtenidos, se construyó la curva de solubilidad de las proteínas y se determinó el punto isoeléctrico, siendo éste el pH donde se presentó la menor solubilidad de proteína.

Posteriormente, se realizó la extracción de los aislados proteicos en ausencia (A0) y presencia (A1) de una solución salina de NaCl al 1%. Se mezclaron 20g de la harina con 400mL de agua destilada y 400mL de NaCl. Seguidamente, se ajustó el pH de las soluciones, a 12 con NaOH 0,2M y se dejaron en agitación durante 30 minutos. Las muestras, se sometieron a centrifugación (4000rpm) durante 20 minutos. Al sobrenadante obtenido, se le ajustó el pH hasta el punto isoeléctrico de la proteína, se centrifugó a 4000 rpm por 20 minutos y, el precipitado obtenido, se secó a 40°C por 24 horas. La cuantificación espectrofotométrica de la proteína, se llevó a cabo por el método de Biuret. El rendimiento, se determinó teniendo en cuenta el peso del aislado seco obtenido y el peso de harina desengrasada utilizada para la extracción (ecuación 1).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{gramos de harina desengrasada}}{\text{gramos de aislado seco}} \times 100$$

Ecuación 1

### Propiedades Funcionales de la harina desengrasada y los aislados proteicos

**Capacidad de absorción de agua y aceite:** Se empleó el método de Beuchat (1977), para la determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) y aceite (CAL). Se tomó un

gramo de la muestra y se mezcló con 10mL de agua destilada (y aceite, en otro tratamiento), durante 30 s. Luego, la muestra permaneció en reposo a temperatura ambiente ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) por 30 min; seguidamente, se centrifugó a 3000 rpm por 30 min. Se reportó el volumen por gramo de muestra del sobrenadante medido en una probeta de 10mL. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio para determinar la influencia de la fuerza iónica, sobre la capacidad de absorción de agua y aceite, variando la concentración de NaCl (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0M), en el medio de extracción.

**Propiedades emulsificantes:** La actividad y estabilidad emulsificante, se determinó usando el método de Neto *et al.* (2001). Se tomaron 5mL de una dispersión de la muestra en agua destilada (10mg/mL) y se homogenizaron con 5mL de aceite durante 1 min. Las emulsiones fueron centrifugadas a 1100 rpm por 5 min. Se midió la altura de la capa emulsificada y el contenido total del tubo (diámetro: 1cm, altura: 11cm). La actividad emulsificante (AE) fue calculada con la ecuación 2.

$$AE (\%) = \frac{\text{Altura de la capa emulsificada en el tubo}}{\text{Altura de contenido total del tubo}} \times 100$$

Ecuación 2 (Neto *et al.* 2001)

La estabilidad de la emulsión (EE) fue determinada por el calentamiento de ésta, a  $80^\circ\text{C}$  por 30 min, antes de centrifugar a 1100rpm por 5 min y se calculó, de acuerdo con la ecuación 3.

$$EE (\%) = \frac{\text{Altura de la capa emulsificada luego de calentar}}{\text{Altura de contenido total del tubo luego de calentar}} \times 100$$

Ecuación 3 (Neto *et al.* 2001)

**Propiedades espumantes:** Se utilizó el método de Coffman & García (1977), para la determinación de la capacidad (CE) y estabilidad espumante (EE) de las muestras analizadas. Una cantidad de muestra fue dispersa en 100mL de agua destilada; luego, esta suspensión fue batida vigorosamente por 2 min usando una licuadora (Black & Decker), a velocidad 2. Se anotaron los volúmenes antes y después del mezclado. El porcentaje de incremento fue calculado, de acuerdo con la ecuación 4.

$$CE = \frac{(V_2 - V_1)}{V_1} \times 100$$

Ecuación 4 (Coffman & García, 1977)

Donde,  $V_2$  es el volumen de la solución de proteína después de licuar y  $V_1$  es el volumen original de la solución. La EE fue determinada como el volumen de la espuma que permanece luego de 5 h, expresado como un porcentaje del volumen inicial de espuma.

**Diseño Experimental:** Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (aislados proteicos obtenidos A0 y A1). La unidad experimental fue el aislado obtenido por triplicado. Las variables de respuesta fueron las propiedades funcionales.

**Análisis estadístico de datos:** Los resultados fueron expresados como la media de tres determinaciones independientes. Las diferencias significativas entre las medias, se calcularon mediante el análisis de varianza de una vía y una prueba de comparación múltiple (diferencia mínima significativa de Fisher), con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis proximal de la almendra de la semilla:** La tabla 1 resume los resultados obtenidos en el análisis proximal de la harina de almendra de la semilla de guanábana. Al comparar los valores con otros obtenidos de la literatura de semillas de frutos tropicales, se evidencia que el contenido proteico en la semilla de guanábana (15,28%) es superior a los registrados para otras semillas, tales como mango (6,36%) (Nzikou *et al.* 2010), guanábana (8,5%, 2,4%) (Kimbonguila *et al.* 2010; Onimawo, 2002), guayaba (9,9%) (Bernardino-Nicanor *et al.* 2001), pero inferior en otras, como maracuyá (28,5%), guanábana (27,3%, 15,4%) (Fasakin *et al.* 2008; Marroquín-Andrade *et al.* 2011), melón (35,7%), calabaza (36,5%) y paprika (24,4%) (El-Adawy & Taha, 2001).

El contenido de humedad (4,5%) fue superior a semillas de maracuyá (2,3%), pero inferior a lo hallado por Kimbonguila *et al.* (2010) en guanábana (7,7%). Cabe resaltar que la muestra analizada, al presentar un contenido relativamente alto de humedad, puede tener una vida útil más corta que las otras semillas, ya que está más propensa al deterioro químico, enzimático y microbiológico.

El contenido de grasa (24,26%) es similar a lo obtenido por Fasakin *et al.* (2008) (22,6%), pero menor que lo hallado por Kimbonguila *et al.* (2010) (40%), en esta misma semilla, en melón (50,1%), calabaza (50,0%) y paprika (25,6%) (El-Adawy & Taha, 2001). Aunque no presenta un valor tan alto para ser fuente de lípidos, se resalta en la literatura la calidad de los aceites esenciales y los ácidos grasos, que pueden ser usados como aditivos aromáticos naturales, principalmente, en alimentos (Jirovetz *et al.* 1988) o como insecticidas (Manica, 1997). Aun así, los valores fueron altos comparados en semillas de mango (13%) (Nzikou *et al.* 2010) y en guayaba (2,4%) (Bernardino-Nicanor *et al.* 2001).

Las cenizas (2,3%) están en porcentaje similar a lo reportado para esta misma semilla (2,29%) (Fasakin *et al.* 2008) y mango (2,3%) (Nzikou *et al.* 2010), pero inferior a lo hallado en

Tabla 1. Análisis Proximal de la almendra de la semilla de guanábana, obtenida como desecho agroindustrial del procesamiento de pulpa de guanábana.

Análisis	Porcentaje <sup>a</sup> (%)
Humedad	4,5 ± 0,2
Proteína Cruda <sup>b</sup>	15,2 ± 0,5
Grasa Bruta	24,2 ± 0,5
Cenizas	2,3 ± 0,3
Fibra Cruda	31,9 ± 0,4
Carbohidratos Totales <sup>c</sup>	21,9

<sup>a</sup> Media ± desviación estándar; <sup>b</sup> Proteína cruda = %N x 6,25; <sup>c</sup> Los carbohidratos fueron estimados diferencia.

melón (3,6%), calabaza (3,21%) y paprika (4,32%) (El-Adawy & Taha, 2001).

La fibra cruda (31,90%) es inferior a la registrada para las semillas de maracuyá (37,7%), guanábana (43,4%) (Fasakin *et al.* 2008), paprika (34,9%) (El-Adawy & Taha, 2001) y guayaba (69,3%) (Bernardino-Nicanor *et al.* 2001), pero superior a lo reportado en semillas de mango (2,02%) (Nzikou *et al.* 2010), *Annona muricata* (5,2%) (Kimbonguila *et al.* 2010), melón (4,83%) y calabaza (4,43%) (El-Adawy & Taha, 2001).

Las variaciones encontradas en el análisis proximal pueden ser causadas por la diferencia de la variedad de la planta, el clima, el estado de maduración del fruto y las semillas. En todo caso, es evidente que el alto contenido en grasa y en proteínas encontrado en la harina de semillas de guanábana muestra la posibilidad de su uso, como materia valiosa en concentrado para animales (Fasakin *et al.* 2008). Marroquin-Andrade *et al.* (2011) ya habían señalado que el alto contenido de proteína en esta especie, mayor a la harina de otros

cereales, hace que sea un buen suplemento en dietas basadas en cereales.

**Obtención de los Aislados proteicos:** La figura 1 muestra la variación de la solubilidad de la harina desengrasada a diferentes pH. Se puede observar que el punto isoeléctrico (PI) de las proteínas está cercano a un pH=4, lo que está dentro del rango encontrado en otras semillas, como la guayaba (pH 5) (Bernardino-Nicanor *et al.* 2001). A valores de pH inferiores o superiores al PI, las proteínas tienen cargas netas positivas o negativas, respectivamente, que confieren mayor capacidad de interacción con el solvente. La mayor solubilidad se debe a la máxima carga neta que logran las proteínas; este comportamiento es característico de proteínas vegetales. En contraste con la menor solubilidad, lo cual, podría ser una limitante para ser empleada como aditivo en alimentos con pH medio, la solubilidad proteica es útil en productos alimenticios, donde se requieren propiedades, como gelificación, emulsificación y formación de espuma o donde la proteína estará en solución (Mizubuti *et al.* 2000).

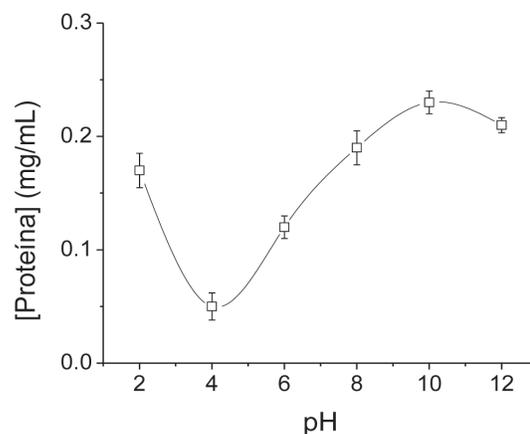


Figura 1. Curva de solubilidad de la fracción proteica de la harina desengrasada, obtenida de la almendra de la semilla de guanábana.

Una vez solubilizada la harina, en medio alcalino, se procedió a precipitar las fracciones proteicas a pH 4 (PI); el precipitado obtenido fue el aislado proteico. El rendimiento para A0 fue de 46% y para A1, de 46,3%. El contenido de proteína para A0 fue de 39,9% y para A1, de 63,3%. Los aislados proteicos presentaron mejores características químicas que la harina; por ejemplo, mayor riqueza proteica. Lo anterior indica que estas semillas pueden ser usadas para la extracción de aislados proteicos con una cantidad media de proteína en presencia de una solución salina de NaCl al 1%.

### Propiedades Funcionales de la harina desengrasada y los aislados proteicos

**Capacidad de absorción de agua:** La figura 2 muestra la variación de la CAA de la harina y los aislados proteicos (A0 y A1), obtenidos en medios con diferente fuerza iónica (NaCl

0 y 1,0%, respectivamente); el aislado proteico A0 tuvo un mejor desempeño que A1 y la harina a valores de fuerza iónica por encima de 0,4M de NaCl. Un incremento de la fuerza iónica disminuyó la CCA, lo cual, se puede atribuir al efecto de blindaje que ejerce el NaCl, debido a que satura las cargas electrostáticas presentes en la proteína. La capacidad de absorción de agua depende, principalmente, de la proteína y de algunos parámetros de ésta, como tamaño, forma, factores estéricos, balance hidrofílico-hidrofóbico de los aminoácidos en las moléculas, como también de los lípidos y carbohidratos. Según Hodge & Hosman (1976), las harinas con alta CAA tienen compuestos más hidrofílicos y es considerada una propiedad funcional de las proteínas, fundamental en alimentos viscosos, tales como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Granito *et al.* 2004).

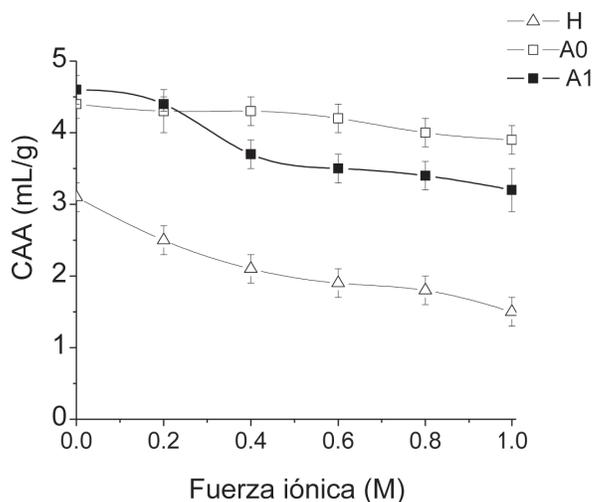


Figura 2. Efecto de la concentración de NaCl sobre la CAA de la harina desengrasada y los aislados proteicos (A0 y A1), obtenidos de la almendra de la semilla de guanábana.

**Capacidad de absorción de lípidos (CAL):** La figura 3 muestra la variación de la CAL en la harina y los aislados proteicos (A0 y A1), obtenidos en medios con diferente fuerza iónica (NaCl 0 y 1%, respectivamente). A1 tuvo un mejor desempeño que A0 y la harina desengrasada, en todo el rango de fuerza iónica evaluado. A medida que la concentración salina aumenta, se mejora notablemente la CAL; posiblemente, la habilidad para absorber grasa esté estrechamente ligada a los cambios conformacionales que provoca el NaCl en las proteínas extraídas. Este mecanismo se ha explicado como un entrapamiento físico de aceite (Kinsella, 1979). La absorción de aceite es importante en la tecnología de alimentos,

en productos congelados precocidos listos para freír, en galletas y en algunos platos a base de cereal, por lo cual, se puede sugerir el uso de las harinas vegetales, en este tipo de productos (Ramírez & Pacheco, 2009). Las harinas de semillas son útiles potencialmente en la interacción estructural en los alimentos, en especial, en la retención del flavor, mejoramiento de la palatabilidad y aumento de la vida útil en productos de panadería o en derivados cárnicos, donde la absorción de grasa es deseable (Fennema, 2000).

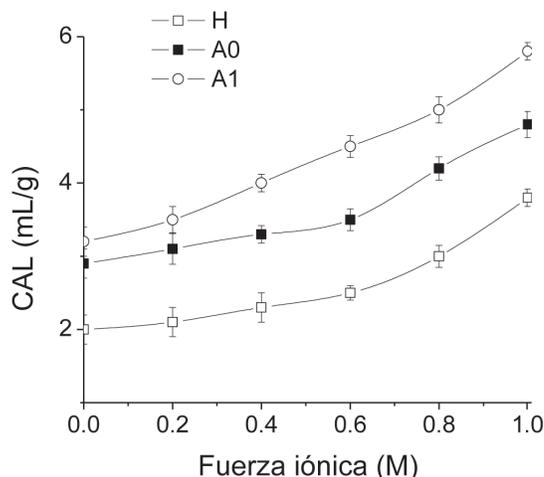


Figura 3. Efecto de la concentración de NaCl sobre la CAL de la harina desengrasada y los aislados proteicos (A0 y A1), obtenidos de la almendra de la semilla de guanábana.

**Actividad y estabilidad emulsificante (AE y EE):** Se observó que la harina tiene una mayor actividad emulsificante que los aislados proteicos A0 y A1 (Tabla 2). Las propiedades emulsificantes están relacionadas con la cantidad de proteína soluble e insoluble y de otros componentes, como los polisacáridos (McWatters & Cherry, 1977). La capacidad de formar emulsiones depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la harina (Khalid *et al.* 2003). La acción de las proteínas en las

harinas, como emulsificantes, es influenciada por la concentración de proteína, la velocidad de mezcla, el tipo de aceite y el tipo de sistema de emulsificación. Esta propiedad es de gran importancia para el uso del producto en aderezos para ensaladas y para productos cárnicos (Bushway *et al.* 1984). El desplegamiento de las proteínas en la interfase agua/aceite juega un papel importante en la capacidad y en la estabilidad emulsificante, debido al aumento de la hidrofobicidad (Jayaprakasha & Brueckner, 1999).

Tabla 2. Actividad y estabilidad emulsificante de la harina desengrasada y los aislados proteicos de la almendra de la semilla de guanábana.

Muestra	AE (%)	EE (%)
Harina	47,55 ± 0,12	48,35 ± 0,14
Aislado NaCl 0% (A0)	37,41 ± 0,21	45,68 ± 0,11
Aislado NaCl 1% (A1)	43,23 ± 0,16	45,07 ± 0,18

La EE de la harina desengrasada fue mayor que la obtenida para los aislados proteicos. La estabilidad emulsificante de las proteínas está relacionada con su habilidad para reducir la tensión interfacial entre el aceite y el agua en la emulsión. La actividad superficial es una función de la habilidad de la proteína de migrar, de absorber, de desplegarse y de reorganizarse en una interfase (Oshodi & Ojokan, 1997).

Las propiedades emulsificantes de las proteínas dependen, principalmente, de dos efectos: (1) a una disminución

significativa en la energía interfacial, debido a la absorción de la proteína en la interfase aceite/agua y, (2) a la barrera energética, estructural, mecánica y electrostática causada por la capa interfacial, que se opone a los procesos de desestabilización (Wagner & Guegen, 1995).

La sal puede afectar las propiedades emulsificantes por dos mecanismos: (1) el NaCl puede reducir la repulsión electrostática entre las gotas de la emulsión y, (2) la concentración de electrolitos en altas concentraciones

pueden alterar la organización estructural de las moléculas de agua, lo que perturba la resistencia de las interacciones hidrofóbicas entre los grupos no polares (McClements, 1999).

**Capacidad y estabilidad espumante (CE y EES):** La harina desengrasada no desarrolló espuma, posiblemente, debido al bajo contenido de proteína que tiene; sin embargo, en los aislados se evidenció un porcentaje de volumen incrementado de 2,9%. La EES de A0 y A1 duró solamente 30 min. La capacidad para formar espuma depende de la cantidad de proteínas presentes, de su estructura y de la habilidad relativa de esas proteínas para desnaturalizarse, precipitar y disminuir la tensión superficial en la interface aire-líquido de la espuma, esto indica que se necesita buena cantidad de proteína, para que haya capacidad espumante.

Algunos autores (Akintayo *et al.* 1998) han relacionado una buena capacidad espumante con la flexibilidad de las moléculas de proteína, con la reducción de la tensión superficial y con una cantidad alta de proteína globular ordenada, lo cual, dificulta relativamente la desnaturalización superficial, que es la que lleva a una baja formación de espuma. La razón por la que las harinas son capaces de producir espuma es que las proteínas en las harinas tienen una superficie activa. Las proteínas solubles pueden reducir la tensión superficial en la interfase entre las burbujas de aire y el líquido que las rodea, de esta forma, se obstruye la coalescencia. Además, las moléculas de las proteínas pueden desplegarse e interactuar unas con otras para formar una película o multicapa de proteína, con un incremento de la flexibilidad de la interfase aire-líquido. Como resultado, es más difícil para las burbujas romperse y la espuma es más estable (Adebowale & Lawal, 2004).

Los aislados proteicos obtenidos de la almendra de la semilla de guanábana exhibieron propiedades funcionales de interés en la industria de los alimentos, tales como capacidad de absorción de agua y lípidos y capacidad y estabilidad emulsificante. Adicionalmente, la almendra puede ser una fuente de fibra y grasa cruda, lo que se puede constituir en una disminución de disposición de residuos agroindustriales y en un ingreso extra, para los procesadores de pulpa de guanábana.

**Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Este estudio fue financiado por la Escuela de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ADEBOWALE, K.; LAWAL, O. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) jack bean (*Canavalia ensiformis*) and Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Res Int.* 37:355-365.
2. AKINTAYO, E.; OSHODI, A.; ESUOSO, K. 1998. Effects of NaCl, ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. *Food Chem.* 64:1-6.
3. AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis* (16th Ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. p.777-787.
4. AWAN, J.A.; KAR, A.; UDOUHO, P.J. 1980. Preliminary studies on the seeds of *Annona muricata*. *Plant Foods Hum. Nutr.* 30:163-168.
5. BADRIE, N.; SCHAUSS, A. 2009. Soursop (*Annona muricata* L.): Composition, Nutritional Value, Medicinal Uses and Toxicology. En: *Bioactive Foods in Promoting Health*. Publisher: Academic Press: Oxford. p.621-643.
6. BERNANDINO-NICANOR, A.; ORTIZ, M.A.; MARTÍNEZ A., A.L.; DÁVILA, O.G. 2001. Guava seed protein isolate: functional and nutritional characterization. *J. Food Biochem.* 25(1):77-90
7. BEUCHAT, L.R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J. Agr. Food Chem.* 25:258-261.
8. BUSHWAY, A.; WILSON, A.; HOUSTON, L.; BUSHWAY, R. 1984. Selected properties of the lipid and protein fractions from Chia seed. *J. Food Sci.* 49(2):555-567.
9. COFFMAN, C.W.; GARCÍA, V.V. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from Mung bean flour. *J. Food Technol.* 12:473-484.
10. EL-ADAWY, T.; TAHA, K. 2001. Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chem.* 74: 47-54.
11. FASAKIN, A.O.; FEHINTOLA, E.O.; OBJOLE, O.A.; OSENI, O.A. 2008. Compositional analyses of the seed of soursop, *Annona muricata* L., as a potential animal feed Supplement. *Sci. Res. Essays.* 3(10):521-523.

12. FENNEMA, O. 2000. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. España. p.434-444.
13. GORNALL, A.G., BARDAWILL, C.J.; DAVID, M.M. 1949. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. J. Biol. Chem. 177:751-756.
14. GRANITO, M.; GUERRA, M.; TORRES, A.; GUINAND, J. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. Interciencia/Carcas. 29:521-526.
15. HODGE, J.C.; HOSMAN, E.M. 1976. Carbohydrates. In: Fennema, R.O. (ed.) Principles of Food Science. Part 1. Food Chemistry. Dekker, New York. p.97-200.
16. JAYAPRAKASHA, H.; BRUECKNER, H. 1999. Whey protein concentrate: A potential functional ingredient for food industry. J. Food Sci Tech. 36:189-204.
17. JIROVETZ, L.; BUCHBAVER, G.; NGASSOUM, M.B. 1988. Essential oil compounds of the *Annona muricata* fresh fruit pulp from Cameroon. J Agr Chem. 46: 3719-3720.
18. KHALID, E.; BABIKER, E.; EL TINAY, A. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. Food Chem. 82:360-369.
19. KIMBONGUILA, A.; NZIKOU, J.M.; MATOS, L.; LOUMOUAMOÛ, B.; NDANGUI, C.B.; PAMBOÛ-TOBI, N.P.G.; ABENA, A.A.; SILOÛ, Th.; SCHER, J.; DESOBRY, S. 2010. Proximate composition and physicochemical properties of the seeds and oil of *Annona muricata* grown in Congo-Brazzaville. Res. J. Environ. Earth Sci. 2(1):13-18.
20. KINSELLA, J.E. 1979. Functional properties of soy proteins. J. Am. Chem. Soc. 56:242-258.
21. LIADAKIS, G.N.; TZIA, C.; OREOPOÛLI, V.; THOMOPOÛLUS, C.D. 1995. Protein isolation of tomato seed meal, extraction optimization. J. Food Sci. 60:477-482.
22. LOCK, O.; ROJAS, R. 2003. Química y farmacología de *Annona muricata* Linn. Rev. Quím. 8(2):23-28.
23. MANICA, I. 1997. Taxonomic, Morphology and Anatomiprocedinngs of I Brazilian Symposium on Annonaceous. Brasil: Universidade Estadual do Suroeste da Bahia. Depto e Fitotecnia e Zootecnia. Vitória da conavista Bahia. p.20-35.
24. MARROQUÍN-ANDRADE, L.; CUEVAS-SÁNCHEZ, J.; GUERRA, D.; REYES, L.; REYES-CHUMACERO, A.; REYES-TREJO, B. 2011. Proximate composition, mineral nutrient and fatty acids of the seed of llama, *Annona diversifolia* Saff. Sci Res. Essays. 6(14):3089-3093.
25. McCLEMENTS, D.J. 1999. Emulsion stability. In: Hasenhuettl, G.; Hartel, R. (eds). Food emulsions: Principles, practice, and techniques. Boca Raton, London, New York, Washington, DC, USA: CRC Press. p.185-233.
26. McWATTERS, K.H.; CHERRY, J.P. 1977. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, fieldpea and pecan flours. J. Food Sci. 42:1444-1450.
27. MIZUBUTI, I.; JÚNIOR, O.; OLIVEIRA, L.; DA SILVA, R.; LOUKO, E. 2000. Propriedades funcionais da farinha e concentrado proteico de Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). Arch. Lat. Nutr. 50:274-280.
28. NETO, V.Q.; NARAIN, N.; SILVIA, J.B.; BORA, P.S. 2001. Functional properties of raw and heat-processed cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) kernel protein isolate. Nah. 45:258-262.
29. NZIKOU, J.M.; KIMBONGUILA, A.; MATOS, L.; LOUMOUAMOÛ, B.; PAMBOÛ-TOBI, N.P.G.; NDANGUI, C.B.; ABENA, A.A.; SILOÛ, TH.; SCHER, J.; DESOBRY, S. 2010. Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*). Res. J. Environ Earth Sci. 2(1):31-35.
30. ONIMAWO, I.A. 2002. Proximate composition and selected physicochemical properties of the seed, pulp and oil of soursop (*Annona muricata*). Plant Foods Hum. Nutr. 57:165-171.
31. OSHODI, A.; OJOKAN, E. 1997. Effect of salts on some of the functional properties of bovine plasma protein concentrate. Food Chem. 59:333-338.
32. PSZCZOLA, D. 2004. Ingredients of food technology. J. Food Sci. 58:56-69.
33. RAMÍREZ, A.; PACHECO DE DELAHAYE, E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. INCI. 34(4):293-298.
34. RAKOSKY, J. 1989. Protein Additives in Foodservice Preparations; AVI Book, Van Nostrand Reinhold: New York. 258p.

35. TZENG, Y.M.; DIOSADY, L.L.; RUBIN, L.J. 1990. Production of canola protein materials by alkaline extraction, precipitation, and membrane processing. *J. Food Sci.* 55:1147-1151. Recibido: Julio 24 de 2013  
Aceptado: Abril 29 de 2014
36. WAGNER, J.; GUEGUEN, J. 1995. Effect of dissociation, deamination and reducing treatment on structural and surface active properties of soy glycinin. *J. Agric. Food Chem.* 43:1993-2000.

Como citar:

Chaparro, S.P.; Tavera, M.L.; Martínez, J.J.; Gil, J.H. 2014. Propiedades funcionales de la harina y de los aislados proteicos de la semilla de guanábana (*Annona muricata*). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 151-159.



# RESISTENCIA A ACARICIDAS EN *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* DE ALGUNAS EXPLOTACIONES GANADERAS DE COLOMBIA

## ACARICIDAL RESISTANCE OF *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* IN SOME COLOMBIAN CATTLE FARMS

Alejandra Araque<sup>1</sup>, Sandra Ujueta<sup>2</sup>, Rodrigo Bonilla<sup>3</sup>, David Gómez<sup>4</sup>, Juan Rivera<sup>5</sup>

<sup>1</sup> MVZ M.Sc. Farmacología. Docente Investigador, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A calle 222 No. 57-33, Bogotá, D.C. Colombia. E-mail: aaraque@udca.edu.co <sup>2</sup> MV M.Sc. Microbiología. Docente Investigador Facultad de Ciencias Pecuarias U.D.C.A. E-mail: sujueta@udca.edu.co <sup>3</sup> MV. Director Técnico Ganadería. Laboratorios CARVAL de Colombia. E-mail: electrónico: rodrigo.bonilla@carval.com.co <sup>4</sup> Estudiante MVZ Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, U.D.C.A, e-mail: david.leonardo.gomez@gmail.com <sup>5</sup> Estudiante MVZ, U.D.C.A; e-mail: yusebastian@hotmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 161-170, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El presente estudio correspondió a una evaluación de susceptibilidad de las garrapatas del ganado (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) a dos acaricidas, en 71 explotaciones colombianas, ubicadas en diferentes regiones del país, con diferentes sistemas de producción y con una población bovina variable. Se recolectaron y se evaluaron muestras de la garrapata común del ganado, sometiénolas a la prueba de resistencia recomendada por la FAO (Prueba de Inmersión de Adultas). De igual forma, se realizó una entrevista semiestructurada, donde se recolectó información para caracterizar las explotaciones, en aspectos de manejo de los acaricidas. Para tabular y analizar los datos, se empleó el programa de computación Excel de Microsoft Office (2010) y R-UCA, para recodificar las variables y generar gráficos de mortalidad y eficacia de los agentes acaricidas, etión y amitraz. Como resultado, se destaca que en el 97% de las explotaciones se presenta resistencia a el uso de amitraz y en el 52% al uso de etión, evidenciando la pérdida de la eficacia de este tipo de compuestos acaricidas, en el control de garrapatas en bovinos.

Palabras clave: Ectoparásitos, garrapatas, prueba Inmersión adultas (PIA), amitraz, etión, antiparasitarios.

### SUMMARY

Problems related to parasitosis, such as ectoparasites, including ticks, are broad and important in veterinary practice due to increasing resistance of the indiscriminate

use of acaricides. The present study corresponded to a survey on cattle tick (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) susceptibility to two acaricides conducted in 71 ranches located in different Colombian regions, with different production systems and variable cattle population. Field samples of the cattle tick were collected and tested by the Adult Immersion Test recommended by FAO. Also, a semi-structured interview was conducted, for collecting information to characterize some aspects of acaricide management in cattle ranches. The computer program Microsoft Office Excel (2010) was used to tabulate and analyze data, and R-UCA was used to recode variables and generate graphs of tick mortality and efficacy of the acaricides amitraz and ethion. It is highlighted that 97% and 52% of the ranches showed resistance to amitraz and ethion, respectively, evidencing a loss of efficacy by antiparasitic molecules to control cattle ticks.

Key words: Ectoparasites, adult immersion test (AIT), amitraz, ethion, antiparasitic drugs.

### INTRODUCCIÓN

Los parásitos internos y externos del ganado continúan siendo una de las principales causas de pérdidas económicas en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Pérez, 2003; Nari, 2005); Las afecciones parasitarias son consideradas como causa importante de déficits en la productividad ganadera, debido a la morbilidad y la mortalidad que provocan en los animales, alteraciones reproductivas y altos costos, ocasionados por su control, entre otros (Nari,

2003). La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888), representa un desafío para los productores de ganado, ya que su ciclo de vida y amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales favorecen el rápido desarrollo de resistencia a los acaricidas (Guerrero *et al.* 2012). Esta garrapata dura, de un solo hospedador, está presente en las zonas cálidas y bajas, aunque su adaptación es cada vez mayor a pisos térmicos más altos (Barker & Murrell, 2004; Cortés *et al.* 2010).

Entre los efectos de la actividad patógena de esta garrapata, se encuentran la pérdida de peso, disminución en la producción de leche, daños en las pieles favoreciendo la aparición de miasis y la transmisión de agentes productores de enfermedades, como babesiosis y anaplasmosis (Linares, 2010), particularmente, en las regiones tropicales y subtropicales. Se ha estimado que el 80% de la población bovina del mundo está expuesta a infestación por garrapatas (FAO, 1984).

Una garrapata adulta ingurgitada provoca la pérdida, aproximadamente, de 1g diario de peso vivo en el animal (Jonsson *et al.* 2006) y puede llegar a ingerir de 2 a 3mL de sangre, durante toda su vida parasitaria (Betancourt & Rodríguez, 2003), favoreciendo la presentación de alteraciones en la productividad y en la salud de bovinos. Las pérdidas económicas mundiales por garrapatas fueron estimadas en US\$7 billones y de esos, un billón de dólares corresponde a Latinoamérica (Castro *et al.* 2010); múltiples estudios en diversos países han evaluado el impacto de la infestación por garrapatas en la productividad bovina (FAO, 1984; Späth *et al.* 1994, 1994a).

La identificación de moléculas con propiedades acaricidas condujo rápidamente a la adopción de acaricidas químicos, como el método más usado para el control de garrapatas (Guerrero *et al.* 2012). Durante las últimas cuatro décadas, el desarrollo de productos garrapaticidas de gran eficacia y poder residual permitió al ganadero disponer de una herramienta de control práctica y adaptable, a diferentes sistemas de producción. Estas características, sumadas a una disminución de la toxicidad hacia los humanos en los más modernos grupos químicos, crearon un falso sentido de seguridad en el productor, quien sustituyó el diagnóstico y el asesoramiento profesional por la casi exclusiva utilización de fármacos (Díaz, 2012).

Los agentes acaricidas presentaron una evolución, tanto en el principio activo como en la vía de aplicación. Al comienzo, se realizaban exclusivamente por inmersión, actuando los principios activos por contacto directo y las formulaciones presentadas eran a base de organofosforados; luego, por su menor toxicidad y mayor eficacia, aparecen alternativas de tratamiento con piretroides sintéticos y diformamidinas. En la actualidad, el control se realiza con agentes de administra-

ción parenteral o derrame dorsal (fipronilo, fluzauron, lactonas macrocíclicas, entre otros) (Cuore *et al.* 2008).

Muchos productores, frente al problema de disminución de eficiencia, cambian el producto sin criterio técnico, asesorado por el comercio: aumentan la dosis y disminuyen el intervalo entre baños, terminando con una frecuencia semanal y, únicamente, por último, recurren a un profesional veterinario, cuando la resistencia ya está instalada y sea más difícil su manejo (Cuore *et al.* 2012).

Es así, como la resistencia de diferentes especies de garrapatas a los productos garrapaticidas existe en la mayor parte de las regiones del mundo, donde se ha realizado control químico y es consecuencia de su uso inadecuado (Pereira *et al.* 2008).

El futuro de nuevos antiparasitarios, no sólo se encuentra comprometida por el progresivo aumento de los casos de resistencia y los crecientes costos de investigación y de desarrollo, sino también por cierta falta de conocimiento y de competencia para el descubrimiento de nuevas moléculas (Nari, 2003).

Los fallos operacionales, la lentitud y el escaso éxito de las campañas de erradicación de garrapatas que se observan en algunos países, como Australia, México, Puerto Rico, Uruguay, Cuba (FAO, 1989 b,c,d,e; Crom, 1992), confirman las dificultades que tienen los productores para acceder al uso de una estrategia que les permita mitigar o controlar el daño que causan las garrapatas a sus explotaciones.

La FAO ha incluido en sus recomendaciones el uso de las pruebas de inmersión de adultas (PIA), para las investigaciones de resistencia a los acaricidas, (FAO, 2004); sin embargo, existen otros métodos como la prueba del paquete de larvas y la inmersión de larvas (Baxter *et al.* 1999).

En Colombia, aun cuando no se han realizado estudios nacionales para determinar la extensión de la situación de resistencia, existen trabajos de carácter local o regional que visualizan el problema, encontrando que está presente en diversas regiones e, incluye, los acaricidas más utilizados (Díaz, 2012). Varios autores hallaron resistencia a organofosforados (OP) y piretroides sintéticos (PS), en departamentos, tales como Antioquia, Meta, Córdoba, Huila, Valle y Tolima (Betancourt, 1993; Benavides *et al.* 2000a, 2000b). Además, un estudio realizado en 1999, en los departamentos del Tolima, Huila y suroccidente de Cundinamarca, permitió conocer problemas de baja efectividad de acaricidas, en el 30% de los ganaderos de esta región, lo que obligaba a realizar baños garrapaticidas, con una alta frecuencia (Díaz *et al.* 2000).

El presente estudio contempló el análisis de la situación de resistencia hacia dos moléculas acaricidas: amitraz y etión, de uso común en Colombia, para el control de la garrapata *R. (B.) microplus*, a partir del servicio de evaluación de eficacia de productos acaricidas ofrecido a productores y empresas farmacéuticas, a través de la PIA. También, incluyó el análisis descriptivo de los factores relativos al manejo de los acaricidas, mediante una entrevista semiestructurada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación, se desarrolló en el marco del Programa Universidad–Empresa, en el laboratorio de Microbiología en la U.D.C.A, que ofrece el servicio de evaluación *in vitro* de la eficacia de acaricidas usados en el control de *R. (B.) microplus*, identificadas según las claves taxonómicas de Caeiro (2006), para prestar asesoría en el control integral de garrapatas, bajo criterios técnicos y científicos.

El estudio fue de tipo transversal para la detección de resistencia a etión (organofosforado) y amitraz (diformamidina), en las poblaciones de garrapatas provenientes de las explotaciones que consultaron por la eficacia de estos productos. Las muestras incluidas en el estudio fueron seleccionadas por conveniencia, de acuerdo con las explotaciones de bovinos que solicitaron, entre enero de 2009 y diciembre de 2011, el servicio de asesoría técnica en el control de garrapatas. Las 71 explotaciones estudiadas cumplieron con los criterios de selección relacionados con número mínimo de 50 hembras adultas ingurgitadas (teleoginas) viables, inexistencia de tratamiento acaricida de contacto o endectocida por un periodo mínimo de un mes y encuesta, debidamente diligenciada, en el formato propuesto.

La recolección y el manejo de las muestras de garrapatas, se realizó según protocolos FAO (1999, 2004), orientando a los asistentes técnicos sobre la necesidad de recolectar hembras adultas ingurgitadas de la mayor cantidad de ganado, preferentemente, en horas de la mañana, de forma manual, para no causarles daño; almacenadas en envases limpios, debidamente identificados, con orificios de ventilación y una gasa humedecida. Se transportaron en el menor tiempo posible o incluyendo bolsas refrigerantes envueltas en papel para su transporte hasta el laboratorio. Las garrapatas ingurgitadas, viables y que no hubieran ovipositado, fueron seleccionadas y sometidas en el laboratorio a la prueba de inmersión de adultas (PIA), descrita por Drummond *et al.* (1973) y adaptada por Jonsson *et al.* (2007).

La prueba consistió en la inmersión a concentraciones comerciales indicadas en el manejo de los agentes acaricidas (208ppm, para amitraz y 664ppm, para etión), en relación con el efecto evidenciado en la postura y la viabilidad de los huevos. Las hembras ingurgitadas fueron lavadas con

agua posterior a su colecta, para eliminar residuos de contaminantes que interfirieran con la prueba; cada acaricida fue probado con mínimo dos réplicas, 10 hembras por réplica. Cada réplica, se colocó en 20mL de agua (control) o de 20mL de cada uno de los acaricidas; permanecieron en la solución a una temperatura de 25°C, por un periodo de 5 minutos, después fueron removidas, secadas con papel absorbente y colocadas en cajas de petri sobre cinta adhesiva, para incubación durante siete días, a temperatura entre 25 y 30°C, con un fotoperiodo de 12 horas luz:12 horas de oscuridad y humedad del 85-90° C. El grupo control fue tratado únicamente con agua y mantenido bajo iguales condiciones de laboratorio (Drummond *et al.* 1973; Jonsson *et al.* 2007).

Posteriormente, se realizó el pesaje de la postura por producto y por controles, colocando las posturas en frascos con tapón de algodón, que se ubicaron verticalmente en incubación. La evaluación de la eclosión, se efectuó por medio de una lectura visual en términos de porcentaje, tomando el promedio de tres lecturas individuales.

A los siete días de incubación, se estimó el porcentaje de mortalidad a los 7 días del montaje de la prueba y la oviposición, utilizando las siguientes formulas (Álvarez *et al.* 2008):

$$\text{Mortalidad} = \frac{\# \text{ de garrapatas muertas}}{\sum \text{ garrapatas}} \times 100$$

$$\text{Oviposición} = \frac{\# \text{ de garrapatas tratadas que ovipositaron}}{\# \text{ de garrapatas que ovipositaron en el control}} \times 100$$

Se calculó la eficiencia reproductiva (ER), según cada acaricida y el control (Drummond *et al.* 1973):

$$\text{ER} = \frac{\text{Peso de los huevos}}{\text{Peso de las garrapatas}} * \% \text{ Eclosión} * 20.000$$

Se calculó la Eficacia del producto (EP), según cada acaricida (Abbot, 1925; Bravo *et al.* 2008):

$$\text{EP} = \frac{\text{ER control} - \text{ER del grupo tratado}}{\text{ER del grupo control}} * 100$$

En todas las explotaciones del estudio, se aplicó una entrevista semiestructurada, para la captura de datos sobre la identificación y la ubicación, el manejo de los productos acaricidas (uso de indicaciones del producto, número de animales por bomba, frecuencia de baños, rotación de productos) y la percepción de la eficacia de los productos acaricidas.

El estudio, de tipo transversal y descriptivo, contempló el análisis de las variables relativas a la resistencia de cada producto por población de garrapatas y explotación, ubicación de las explotaciones, manejo y percepción de los productos acaricidas con los programas estadísticos de Microsoft Excel 2010, STATGRAPHICS Plus y R-UCA (2008), (R D Core Team, 2009). También, se determinó la mediana (Me), medida de tendencia central, la cual, no es afectada por valores extremos (Dawson & Trapp, 2002), que expresa un comportamiento de mayor exactitud respecto a la molécula estudiada, acompañado del Error Mediano (EM).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de garrapatas provinieron de 71 explotaciones de ganado bovino, ubicadas en cinco de las seis regiones naturales de Colombia; procedieron de fincas de la región Andina (73%), de las regiones de la Orinoquia (10%), región

del Pacífico (10%), región de la llanura del Caribe (4%) y de la región de la Amazonía (3%). De las muestras de la región Andina, 31% procedieron del departamento de Santander, seguido por el departamento de Cundinamarca, 21%; Antioquia, 15%; Tolima, 13%, con el 6%, los departamentos de Quindío, de Caldas, de Huila y de Boyacá, apenas el 2%.

La ubicación de las fincas de procedencia de las garrapatas coincide con la distribución de la ganadería nacional (Fedegan, 2006; Contexto Ganadero, 2013) y las condiciones de precipitación promedio mensual de 208,1 mm (Dprom 84,7 mm), temperatura promedio 22,1°C y altitud promedio de 1140 msnm (Tabla 1) de las fincas, con la distribución reportada del ectoparásito en trabajos previos, en los que se ha encontrado en Colombia, entre 0 y 2600 msnm (Betancourt *et al.* 1992) y con probabilidad alta de hallar esta especie, en altitudes hasta 2.903 msnm (Cortés *et al.* 2010).

Tabla 1. Condiciones de precipitación, temperatura y altitud de los predios de los que proceden las muestras de garrapatas.

Precipitación promedio/mes	No. Explotaciones y (%)	Rango de temperatura promedio (°C)	Temperatura promedio (°C)	msnm
45 mm	5 (7,0%)	16,7-22,6	19,4	1230-1900
135 mm	30 (42,3%)	13,6-28,5	21,4	10-2100
225 mm	14 (19,7%)	19,2-28,5	24,3	156-1550
315 mm	20 (28,2%)	17,8-29,2	22,6	10-1900
525 mm	2 (2,8%)	16,5-20,1	18,3	1460-2200
Total	71 (100%)			

De acuerdo con el análisis de los datos obtenidos, a través de las entrevistas (71), 56% de los productores perciben una aparente pérdida de eficacia de los agentes acaricidas que emplean en cada explotación, considerando el 46%, de estos, que la actividad acaricida sobre el control de la garrapata es "regular" o parcialmente aceptable; 10%, "mala" o deficiente, mientras que el 41%, considera la actividad acaricida como aceptable o "buena" y, únicamente el 3%, percibe que es "excelente", relacionada esta última, con un completo y esperado control de la garrapata en el animal.

Respecto al manejo de los productos, los ganaderos entrevistados usan bomba de espalda manual, con capacidad de 20L; el 70%, realiza los baños según las indicaciones del laboratorio farmacéutico del producto; un 5%, según indicaciones del asistente técnico y, un 25%, procede con los baños según indicaciones propias, sumado al uso de concentraciones mayores a las indicadas o a la combinación de diferentes preparados acaricidas. El 41% de las explotacio-

nes bañan entre 4 y 6 animales por bomba; 44%, entre 7 y 10; 10%, entre 11-20 animales y, el 1% de las explotaciones, llegan a bañar más de 20 animales por bomba. Teniendo en cuenta que cada bovino adulto debe ser bañado con 3 a 4L de la solución y la capacidad de la bomba, se observa que menos del 50% de las explotaciones que emplean la diformamidina y organofosforados, cumplen con esta indicación.

Respecto a los intervalos entre baños, el 6% de las explotaciones realiza el baño cada 7 días; el 25%, baña a los animales cada 8 a 15 días, con un promedio de 36 baños/año; el 12%, cada 16-21 días, con un promedio de 16 baños/año; el 34%, lo realiza cada 22 a 30 días, con un promedio de 12 baños/año; el 15%, lo efectúa en un periodo mayor a 31 días y, el 8%, realiza los baños según la necesidad de uso del agente acaricida, debido a la presencia del ectoparásito en los animales. El 7% de productores cambian de grupo químico del acaricida cada 30 días; el 20%, entre 31 y 60 días; el 12% lo cambian cada 61 a 120 días; el 26%, en un

tiempo mayor a 121 días; el 26% no ha cambiado de grupo hace más de un año y, el 9% de los productores, cuando el producto no funciona.

Se pudo deducir que los productores emplean diferentes estrategias de manejo de los productos acaricidas que coincide con su regular percepción sobre la eficacia de éstos y, posiblemente, en un intento por mejorar la eficacia de los mismos. Toman diversas medidas, como el incremento de la dosis o la frecuencia de aplicación, inclusive, hasta alcanzar límites tóxicos perjudiciales para el animal, práctica seguida por el remplazo arbitrario de grupos químicos y el correspondiente aumento en el costo de tratamientos. Buscan mejorar el control, aunque lo recomendado sea utilizar las dosis y las concentraciones adecuadas de acaricidas, para evitar, tanto la sub-dosificación como la sobredosificación en el ganado, ya que ambas producen resistencia (González *et al.* 2011).

Al momento de realizar el baño por aspersión es importante asegurar que el producto se dosifique correctamente, de acuerdo con el peso del animal, siguiendo las recomendaciones del laboratorio farmacéutico, para el correcto empleo de la formulación. Los animales, se tienen que saturar con el producto, especialmente, en la región axilar, zona inguinal y orejas, garantizando un buen cubrimiento del cuerpo, lo que se logra aplicando 1L de solución garrapaticida, por cada 100kg de peso vivo, usando las boquillas adecuadas de los equipos de aplicación y sujetando, adecuadamente, el animal (Benavides *et al.* 2000b; Rodríguez *et al.* 2006).

Puesto que el desarrollo de resistencia en artrópodos depende de la frecuencia de aplicación de los insecticidas, así

como de los ciclos de vida de los insectos (Rodríguez-Vivas *et al.* 2012), el manejo para retrasar la resistencia, incluye, la disminución en la frecuencia de aplicaciones, a través de todo el año. En el mismo sentido, Nari (2003) menciona que para garrapatas en Colombia, las fincas que realizaban más de 12 aplicaciones al año, en particular de piretroides sintéticos, poseían un riesgo dos veces mayor de presentar resistencia, que las que cumplían menos de este número de aplicaciones al año y Jonsson *et al.* (2000) encontraron, para amitraz, que más de cinco aplicaciones por año, incrementan las probabilidades de desarrollo de resistencia.

El uso racional de antiparasitarios de uso externo, incluye no sólo la disminución en la frecuencia de aplicaciones, a través de todo el año, sino la rotación de productos, ya que aparentemente no existe resistencia cruzada entre organofosforados y diformamidas, lo cual, que retrasa el desarrollo de resistencia (Alonso *et al.* 2006).

#### Prueba de inmersión de adultas (PIA).

**Mortalidad.** De acuerdo con el criterio de interpretación de los resultados (eficacia >90%) (FAO, 2004), se identificó que, únicamente el 1% de las muestras provenientes de las explotaciones incluidas en el estudio, presentaron una mortalidad entre 91 y 100%, para amitraz (Me 30%) y el 13%, para etión (Me: 55%). En la tabla 2, se muestran los porcentajes de mortalidad agrupados por tratamiento y por rango, donde se observa una mayor mortalidad para amitraz, en los rangos inferiores, a diferencia del etión, mayor mortalidad, en los rangos superiores. El control negativo no superó el rango de 0-10% de mortalidad, asegurando así la correcta manipulación del material biológico (Gallardo & Morales, 1999).

Tabla 2. Porcentaje de predios por rango de mortalidad y por tratamiento, mediante la prueba de inmersión de adultas (PIA).

Rango de mortalidad (%)	Tratamiento		
	Amitraz	Etión	Control
0%	6%	0%	69%
0,1-10%	15%	8%	31%
11-20 %	17%	13%	0%
21-30 %	20%	4%	0%
31-40 %	17%	13%	0%
41-50 %	6%	10%	0%
51-60 %	8%	10%	0%
61-70 %	4%	11%	0%
71-80 %	6%	10%	0%
81-90 %	0%	8%	0%
91-100%	1%	13%	0%

El amitraz que fue utilizado en forma masiva como alternativa de control a principios de los años 90, a causa de la dispersión de la resistencia de *R. (B.) microplus* a los piretroides y, posteriormente, dentro de los programas intensivos para el control del ectoparásito en algunas explotaciones (Soberanes *et al.* 2002), mostró en el estudio baja mortalidad. Esto es debido al uso intensivo e indiscriminado de la molécula, ocasionando una fuerte presión de selección, que elimina los individuos susceptibles, convirtiéndose así el manejo de los productos, en el principal agente de selección.

En general, los resultados obtenidos durante el estudio muestran baja eficacia de los acaricidas, siendo estos re-

sultados no esperados para el amitraz (mortalidad <30%) y etión (mortalidad <55%), puesto que se esperarían porcentajes aceptables, mínimo del 90%, considerando el mecanismo de acción de estos principios activos, encargados de afectar directamente el estadio adulto de la garrapata (Petrie *et al.* 2006; Nari, 2005).

**Oviposición.** En las garrapatas tratadas, se observó un mejor comportamiento del etión respecto a la oviposición, 24% de las explotaciones, en un rango entre 61 y 100%, mientras que para el amitraz, el porcentaje de oviposición fue mayor, 70% de las explotaciones, entre 61 y 100%. Los valores de porcentaje de oviposición de los huevos de las garrapatas por tratamiento y rango, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de predios por rango de oviposición y por tratamiento, mediante la prueba de inmersión de adultas (PIA).

Rango de oviposición (%)	Tratamiento		
	Amitraz	Etión	Control
0 %	0%	11,3%	0%
0.1-10%	1,4%	4,2%	0%
11-20%	1,4%	14,1%	0%
21-30%	4,2%	21,1%	0%
31-40%	8,5%	8,5%	0%
41-50%	7%	4,2%	0%
51-60%	7%	12,7%	0%
61-70%	14,1%	8,5%	0%
71-80%	18,3%	5,6%	0%
81-90%	16,9%	7%	0%
91-100%	21,1%	2,8%	100%

Era de esperar que el porcentaje de oviposición encontrado para el amitraz fuera mucho menor que el observado en el estudio, debido a que la molécula tiene la capacidad de inhibir la oviposición en las hembras ingurgitadas, interfiriendo con su ciclo evolutivo en particular (Bravo *et al.* 2008); además, incluye otros mecanismos de acción que afectan el proceso de oviposición y la eclosión, tales como la acción de la octopamina, neuromodulador involucrado en el comportamiento reproductivo de los artrópodos, por actividad sobre receptores específicos en el oviducto, lo cual, potencia la acción letal de la molécula (Alonso *et al.* 2006; Botana *et al.* 2002).

**Eclosión.** Porcentajes de eclosión de los huevos de las garrapatas, mayores al 51%, se observaron en el 74,5% de las garrapatas tratadas con amitraz y, en el 16,9%, de las explotaciones tratadas con etión. Los valores de porcentaje de

eclosión de los huevos de las garrapatas por tratamiento y por rango, se presentan en la tabla 4.

Los datos obtenidos durante el estudio muestran que el porcentaje de eclosión es elevado para los huevos de las garrapatas tratadas con amitraz, puesto que al haber sido expuestos al tratamiento se esperaba que no se presentara oviposición o que los huevos no mostraran viabilidad para eclosionar, demostrando así efecto acaricida.

**Eficacia.** Del total de explotaciones incluidas en el estudio, únicamente para el 4,2% de las muestras de garrapatas tratadas con amitraz y para el 56% de las muestras de garrapatas tratadas con etión, los acaricidas mostraron una eficacia de producto superior al 90%, es decir, que solamente en tres explotaciones incluidas en el estudio, el amitraz mostró efectividad en el control de las garrapatas y, en 40 explota-

ciones, para el etión. En dos explotaciones (2,8%), se observó eficacia simultánea de los dos productos amitraz y etión, confirmándose así, la pérdida de eficacia de los productos estudiados, sobre las poblaciones de garrapatas analizadas.

Tabla 4. Porcentaje de predios por rango de eclosión y por tratamiento, mediante la prueba de inmersión de adultas (PIA).

Rango de eclosión (%)	Tratamiento		
	Amitraz	Etión	Control
0%	0%	18,3%	0%
0,1-10%	1,4%	18,3%	0%
11-20%	1,4%	11,3%	0%
21-30%	4,2%	4,2%	0%
31-40%	8,5%	16,9%	0%
41-50%	9,9%	14,1%	1,4%
51-60%	23,9%	4,2%	1,4%
61-70%	21,1%	9,9%	11,3%
71-80%	22,5%	2,8%	45,1%
81-90%	7%	0 %	38%
91-100%	0%	0 %	2,8%

Para clasificar como eficaz a un garrapaticida debe tener un rango mayor a 90% de eficacia, nivel mínimo aceptado internacionalmente por la FAO (Bravo *et al.* 2008). Considerando la evaluación de los productos acaricidas sobre las garrapatas por explotación, aunque se evidencia un mejor

comportamiento del etión sobre el amitraz, los resultados son preocupantes. Requieren el diseño de un plan estratégico orientado al uso racional y acorde con la situación particular, respecto al desarrollo de resistencia en cada población de garrapatas. Los valores de eficacia de producto (EP) para cada tratamiento y rango, se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de predios por rango de eficacia y por tratamiento, mediante la prueba de inmersión de adultas (PIA).

Rango de eficacia (%)	Tratamiento	
	Amitraz	Etión
0%	0%	0%
0.1-10%	1,4%	0%
11-20%	8,5%	0%
21-30%	4,2%	0%
31-40%	19,7%	0%
41-50%	14,1%	5,6%
51-60%	11,3%	1,4%
61-70%	19,7%	9,9%
71-80%	9,9%	11,3%
81-90%	7%	15,5%
91-95%	1%	8%
96-100%	3%	48%

De acuerdo con la prueba de inmersión de adultas y los parámetros analizados, mortalidad, porcentaje de oviposición, porcentaje de eclosión y eficacia de producto, se confirma la percepción en campo de los productores sobre la falta de eficacia de productos acaricidas, tras su uso indiscriminado y cotidiano. Se demuestra la pérdida considerable de eficacia de las dos moléculas, amitraz y etión, para las explotaciones analizadas, manteniéndose para algunas de las explotaciones (56%), el etión como opción acaricida, pero descartando el uso del amitraz, para el control de poblaciones de garrapatas en la mayoría (97%) de las explotaciones.

El fenómeno de resistencia en poblaciones de garrapatas aparece paulatinamente como resultado del uso indiscriminado y errado de las moléculas en campo (FAO, 2004).

De acuerdo con lo anterior, se hace imperativo generar estrategias que conlleven al uso racional de antiparasitarios, apoyadas en el uso del laboratorio para el diagnóstico de eficacia y en la observación, análisis sistemático y seguimiento de la situación en campo, como herramienta pertinente y oportuna al alcance del productor ganadero, para orientar el uso adecuado y particular de las moléculas en su explotación, que redundará en la disminución del desarrollo de resistencia, en poblaciones de garrapatas.

**Agradecimientos:** Al laboratorio de microbiología de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A; a laboratorios CARVAL de Colombia; A María Teresa Ríos y John Jairo Gómez, por el apoyo estadístico. **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. ABBOTT, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:256-257.
2. ALONSO, A.; RODRÍGUEZ, I.; FRAGOSO, H. 2006. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. *Arch. Med. Vet. UACH.* 38(2):105-113.
3. ÁLVAREZ, V.; LOAIZA, J.; BONILLA, R.; BARRIOS, M. 2008. Control in vitro de garrapatas (*Boophilus microplus*; Acari: Ixodidae) mediante extractos vegetales. *Rev. Biol. Trop.* 56(1):291-302.
4. BARKER, S.C.; MURRELL, A. 2004. Systematics and evolution of ticks with a list of valid genus and species names. *Parasitology.* 129:S15-36.
5. BAXTER, G.; GREEN, P.; STUTTEN, M.; BARKER, S. 1999. Detecting resistance to organophosphates and carbamates in the cattle tick, *Boophilus microplus*, with a propoxur based chemical test. *Exp. Appl. Acarol.* 23:907-914.
6. BENAVIDES, E.; ROMERO, N.; RODRÍGUEZ, J. 2000a. Situación actual de resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a acaricidas en Colombia. Segunda entrega Carta Fedegan. 60:13-18.
7. BENAVIDES, E.; ROMERO, N.; RODRÍGUEZ, J. 2000b. Situación actual de la resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a acaricidas en Colombia. Recomendaciones de manejo integrado. Carta Fedegan. 61:14-24.
8. BETANCOURT, J.A.; GARCÍA, O.; ROQUEME, L.; NAVARRETE, M. 1992. Distribución y niveles de infestación por garrapatas en bovinos de Córdoba, noroeste de Sucre y noroeste de Antioquia. *Revista ICA.* 27:63-76.
9. BETANCOURT, A. 1993. Susceptibilidad de varias cepas de la garrapata *Boophilus microplus* a diferentes acaricidas. *Rev. Cebú.* 22:53-55.
10. BETANCOURT, J.; RODRÍGUEZ, C. 2003. Estudios sobre identificación y control de garrapatas de bovinos en el departamento de Cauca. *Rev. Regional Noveidades Tecnicas.* 3:38-43.
11. BOTANA, L.; LANDONI, F.; JIMÉNEZ, G. 2002. Farmacología y Terapéutica Veterinaria. U. Santiago de Compostela, España: Mc Graw Hill Interam. 715p.
12. BRAVO, M.; CORONADO, A.; HENRÍQUEZ, H. 2008. Eficacia in vitro del amitraz sobre poblaciones *Boophilus microplus* provenientes de explotaciones lecheras del estado Lara, Venezuela. *Zoot. Trop.* 26(1):35-40.
13. CAEIRO, V. 2006. Reflexão sobre a taxonomia actual dos Ixodidae. A sistemática morfológica versus sistemática molecular - o género *Rhipicephalus* e o género *Boophilus*. *Rev. Portug. Cienc. Vet.* 101(557-558):37-39.
14. CASTRO, J.; RIFRAN, G.; PIAGGIO, G.; SCHUMAKER, T. 2010. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to Fipronil in Uruguay evaluated by in vitro bioassays. *Vet Parasitol.* 7:169-172.

15. CONTEXTO GANADERO. 2013. Listado con la distribución del inventario ganadero en el país. Disponible desde Internet en: <http://contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/presentan-nuevo-listado-con-la-distribucion-del-inventario-ganadero-en-el-pais> (con acceso 06/11/2013).
16. CORTÉS, J.; BETANCOURT, J.; ARGÜELLES, J.; PULIDO, L. 2010. Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del Altiplano cundiboyacense (Colombia). Rev. Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropec. 11(1):73-84.
17. CROM, R. 1992. Eradication of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in Puerto Rico. Ann. NY Acad. Sci. 653:64-71
18. CUORE, U.; ALTUNA, M.; CICERO, L.; FERNÁNDEZ, F.; LUENGO, L.; MENDOZA, R.; TRELLES, A. 2012. Aplicación del tratamiento generacional de la garrapata en la erradicación de una población multirresistente de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en Uruguay. Rev. Vet. (Montevideo). 48(187):5-13.
19. CUORE, U.; CARDOZO, H.; TRELLES, A.; NARI, A.; SOLARI, M. 2008. Características de los garrapaticidas utilizados en Uruguay. Eficacia y poder residual. Rev. Vet. (Montevideo). 43(169):13-24.
20. DAWSON, B.; TRAPP, R.G. 2002.. Bioestadística Médica. 3ª ed. México, D.F. Editorial El Manual Moderno. 367p.
21. DÍAZ, E. 2012. Mecanismos moleculares y bioquímicos de resistencia a acaricidas en la garrapata común de los bovinos *Rhipicephalus microplus*. Rev. Col. Cienc. Animal. 5(1):72-81.
22. DÍAZ, E.; BENAVIDES, E.; PARRA, H.; ARCOS, C.; RIVEROS, E.; JARAMILLO, F.; LONDOÑO, E. 2000. Investigación epidemiológica de las principales limitantes parasitarias en explotaciones ganaderas del Tolima, Huila y suroccidente de Cundinamarca. Informe final proyecto PRONATTA-CORPOICA.
23. DRUMMOND, R.; ERNST, S.; TREVINO, J.; GLADNEY, W.; GRAHAM, O. 1973. *Boophilus annulatus* and *Boophilus microplus*: Lab. Test of Insecticides. J. Econ. Entomol. 66:130-133.
24. FAO. 1984. Ticks and tick borne disease control. A practical field manual. Rome, I Tick Control. 299p.
25. FAO. 1989a. Economics of tick eradication in Puerto Rico. Animal Production and Health Paper. Rome. 75:91-93.
26. FAO. 1989b. History of tick eradication in Puerto Rico. Animal Production and Health Paper. Rome; Module 1: Ticks 71:8-15.
27. FAO. 1989c. The campaign against *Boophilus* spp. in Mexico: benefits, problems and prospects. An. Prod. Health Paper; Rome. 25:16-27.
28. FAO. 1989d. History of tick eradication in Uruguay. An. Prod. Health Paper; Rome. 75:45-59.
29. FAO. 1989e. History of tick control and eradication in the Republic of Cuba. An. Prod. Health Paper; Rome. 75:60-73.
30. FAO. 1999. Resistance of ecto- and endo-parasite: current and future solution, 67th General sesión. Int. Comité. OIE. Paris. p.17-21.
31. FAO. 2004. Guideline resistance management and integrated parasite control in ruminants. Acaricide resistance: diagnosis, management and prevention Agr. Dept. Animal Production and Health Division. Roma, Italia. p.25-77.
32. FEDERACIÓN COLOMBIANA DE GANADEROS – FEDEGAN-. 2006. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. Por una ganadería moderna y solidaria. Ed. Sanmartín Obregón y Cía. Colombia. 296p.
33. GALLARDO, J.S.; MORALES, J. 1999. *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae): Preoviposición, ovoposición, incubación de los huevos y geotropismo. Bioagro. 11(3):77-87.
34. GONZÁLEZ, A.; TAPIAS, D.; PÉREZ, M.; CARVAJALINO, M.; VELANDIA, D.; BORGES, R. 2011. Evaluación de Acaricidas para el control de garrapatas (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) que afectan al ganado bovino de doble propósito usando modelos lineales generalizados. Rev. Fac. Agr. LUZ. 28:487-502.
35. GUERRERO, F.; LOVIS, L.; MARTINS, J. 2012. Acaricide resistance mechanisms in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Rev. Bras. Parasit. Vet. 21(1):1-6.
36. JONSSON, N.N.; MAYER, D.G.; GREEN, P.E. 2000. Possible risk factor on Queensland dairy farms for acari-

- cide resistance in cattle tick (*Boophilus microplus*). Vet. Parasitol. 88:79-92.
37. JONSSON, N.; MILLER, R.; ROBERTSON, J. 2007. Critical evaluation of the modified-adult immersion test with discriminating dose bioassay for *Boophilus microplus* using American and Australian isolates. Vet. Parasitol. 146:307-313.
38. JONSSON, N.; HOLDSWORTH, P.; KEMP, D.; GREEN, P.; PETER, R.; BRUIN, C.; VERCRUYSSSE, J. 2006. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guidelines for evaluating the efficacy of acaricides against ticks (Ixodidae) on ruminants. Vet. Parasitol. 136(1):29-43.
39. LINARES VILLALBA, S.E. 2010. Manejo integral de las garrapatas una propuesta eficiente y sostenible con el medio ambiente. Agronomía, 16(2):13-21.
40. NARI, A. 2003. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. Estudio FAO.
41. NARI, A. 2005. Estado actual de la resistencia de *Boophilus microplus* en América Latina y el Caribe. Perspectivas de aplicación del control integrado. Roma, Italia: FAO.
42. PEREIRA, M.C.; LABRUNA, M.B.; SZABÓ, M.P.; KLA-FKE, G.M. 2008. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Biología, control e resistencia. 1ª. Ed. São Paulo MedVet Livros. vol. 1. 169p.
43. PÉREZ, C. 2003. Revisión. Consideraciones sobre el manejo de la resistencia y control integrado de la garrapata (*Boophilus microplus*). Disponible desde Internet en: <http://www.mgap.gub.uy/DGSG/InformacionTecnica/Garrapata/RevisionManejodeResistenciaCIG.pdf> (con acceso 14/02/2012).
44. PETRIE, A.; WATSON, P. 2006. Statistics for Veterinary and Animal Science (2<sup>nd</sup> Ed.). Iowa, USA: Blackwell Publishing. 299p.
45. R DEVELOPMENT CORE TEAM (R D Core Team), 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible desde Internet en: <http://www.R-project.org> (con acceso 14/02/2012).
46. RODRÍGUEZ, R.; ALONSO, M.; RODRÍGUEZ, F.; FRAGOSO, H.; SANTAMARIA, V.; ROSARIO, R. 2006. Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, México. Vet. Parasitol. 136:335-342.
47. RODRÍGUEZ-VIVAS, R.; HODGKINSON, J.; TREES A. 2012. Resistencia a los acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: situación actual y mecanismos de resistencia. Rev Mex. Cienc. Pec. 3(Supl 1):9-24.
48. SOBERANES, N.; SANTAMARIA, M.; FRAGOSO, H.; GARCÍA, Z. 2002. Primer caso de resistencia al Amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. Rev. Técn. Pec. 40(1):81-92.
49. SPÄTH, E.; GUGLIELMONE, A.; SIGNERINI, A.; MANGOLD, A. 1994. Estimación de las pérdidas económicas directas producidas por la garrapata *Boophilus microplus* y las enfermedades asociadas en la Argentina. Primera Parte. Vet. Rural. 23:341-360.
50. SPÄTH, E.; GUGLIELMONE, A.; SIGNERINI, A.; MANGOLD, A. 1994a. Estimación de las pérdidas económicas directas producidas por la garrapata *Boophilus microplus* y las enfermedades asociadas en la Argentina. Segunda Parte. Vet. Rural. 23:389-396.

Recibido: Marzo 21 de 2013

Aceptado: Abril 28 de 2014

#### Como Citar:

Araque, A.; Ujueta, S.; Bonilla, R.; Gómez, D.; Rivera, J. 2014. Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1):161-170.

# DESINTOXICACIÓN DE LA TORTA DE *Jatropha curcas* L. COMO POSIBLE ALTERNATIVA DE ALIMENTO PARA GANADO BOVINO EN EL CARIBE COLOMBIANO

## DETOXIFICATION OF *Jatropha curcas* L. SEED MEAL AS POSSIBLE ALTERNATIVE LIVESTOCK FEED IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN

Betty Jarma Arroyo<sup>1</sup>, Yenis Vanegas O<sup>1</sup>, Marcelo Francisco Pompelli<sup>2</sup>, Carlos Garrido P<sup>3</sup>, Egídio Bezerra Neto<sup>4</sup>,  
Alfredo Jarma Orozco<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ingeniera Agroindustrial, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, e-mail: betyca1@hotmail.com; <sup>2</sup>Ph.D. Fisiología de Plantas, Universidad Federal de Pernambuco, Brasil, e-mail: mfpompelli@gmail.com; <sup>3</sup>Ingeniero Químico, Profesor Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, e-mail: carrgar1@hotmail.com; <sup>4</sup>Ph.D. Bioquímica Vegetal, Universidad Federal Rural de Pernambuco, Brasil, e-mail: egidiobn@yahoo.com.br; <sup>5</sup>Ph.D. Fisiología de Cultivos, Profesor Facultad Ciencias Agrícolas Universidad de Córdoba, Montería, Colombia, e-mail: ajarma24@yahoo.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 171-178, Enero-Junio 2014

### RESUMEN

*Jatropha curcas* L es una planta tropical y se utiliza, actualmente, como fuente de biodiesel. La torta, después de la extracción de aceite, es rica en proteínas y es una fuente potencial de alimento para el ganado; sin embargo, está compuesta por un grupo de sustancias tóxicas, incluyendo ésteres de forbol (PMA) y algunos otros antinutrientes. En esta investigación, se aplicaron diferentes métodos de desintoxicación en la torta desgrasada de *J. curcas*, para eliminar o reducir a un nivel aceptable o permitido, la concentración de PMA, taninos y saponinas. La metodología incluyó tres tratamientos químicos, etanol, metanol e hidróxido de sodio/hipoclorito de sodio. Los dos primeros, con radiación térmica seca y, el tercero, con radiación térmica húmeda (agua). Se realizó un análisis físico-químico, para caracterizar el contenido de fibra, de proteínas solubles, de extracto etéreo, de nitrógeno y de carbohidratos solubles. Las desintoxicaciones actuaron, de tal manera, que los niveles de actividad de antinutrientes se vieron altamente afectados ( $p < 0.05$ ). Los tratamientos con metanol e hipoclorito de sodio/hidróxido de sodio, arrojaron un contenido de proteínas total de 33,99% y 18,77%, respectivamente, mientras que con etanol, un total de 64,68%, dejando una torta con un nivel aceptable, de acuerdo con los requisitos exigidos para la alimentación de ganado. La reducción en el contenido de PMA en las muestras fue exitoso; las desintoxicaciones con metanol, hidróxido de sodio/hipoclorito de sodio, redujeron el contenido final

en un porcentaje de 99,80% y 99,85%, respectivamente; no obstante, la desintoxicación con etanol dio un estricto valor de 99,96%, caracterizándose como la mejor opción.

Palabras clave: Ésteres de forbol (PMA), antinutrientes, piñón manso, agroindustria.

### SUMMARY

*Jatropha curcas* L. is a tropical plant presently used as a source of biodiesel; the cake, after oil extraction is rich in protein and is a potential source for livestock feed. However, this resultant cake is compound by a group of toxic substances, including phorbol esters (PMA), and some other antinutrients. In this investigation, were applied different methods of detoxification on the defatted cake of *J. curcas* using three chemical treatments, ethanol, methanol (both with dry thermal radiation), and sodium hydroxide / sodium hypochlorite with wet thermal radiation (water) to eliminate or reduce to a tolerable and permissible level the concentration PMA, tannins, and saponins. A physical-chemical analysis was performed to characterize the fiber content, soluble protein, lipids, nitrogen and soluble carbohydrates. The detoxification acted in a way that the activity levels of antinutrients were highly affected ( $p < 0.05$ ). Treatments with methanol and sodium hydroxide/sodium hypochlorite showed a low percentage on the protein content, 33.99% and 18.77% respectively, while the detoxification with ethanol

reduced to 64.68%, leaving a cake in a highly acceptable level, according to the requirements for livestock feed. The reduction on the content of PMA in the samples was also successful; detoxified samples with methanol and sodium hydroxide/sodium hypochlorite, reduced the final content by a percentage of 99.80 % and 99.85% respectively, while detoxification with ethanol gave a strictest value of 99.96%, leaving this latter as the best option again.

Key words: Phorbol esters (PMA), antinutrients, purging nut, agribusiness.

## INTRODUCCIÓN

*Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) es un arbusto de usos múltiples y gran importancia económica, debido a varios usos potenciales industriales y medicinales (Lim 2010; Kalam *et al.* 2012). Investigadores consideran la *J. curcas* como una alternativa a los combustibles fósiles, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Behera *et al.* 2010). En la actualidad, la especie puede contribuir a la disponibilidad de energías renovables, pues desenvuelve un papel importante en la producción de biodiesel, ya que no es tóxico con la naturaleza en comparación al petro-diesel (Pandey *et al.* 2012).

El contenido de aceite en las semillas es de alrededor de 30-40% y la torta puede contener hasta 60% de ácidos grasos, en patrones similares a los aceites comestibles (Pompelli *et al.* 2010). La composición y el porcentaje de los aminoácidos esenciales y el contenido mineral de la pasta resultante de la extracción de aceite puede ser comparada con pastas similares, utilizadas como forraje (Makkar *et al.* 2008); no obstante, debido a diversos principios tóxicos, como la lecitina (curcina), ésteres de forbol, saponinas, inhibidores de proteasas y fitatos, el aceite, la semilla o la pasta resultante de la extracción de aceite, aún no puede ser utilizado en la nutrición animal o humana (Rakshit *et al.* 2008; Devappa *et al.* 2010); su uso puede conducir a la promoción de tumores, proliferación celular, activación de plaquetas de la sangre, mitogénesis de linfocitos, eritema de la piel, producción de prostaglandinas y estimulación de la desgranulación de los neutrófilos (Saetae & Suntornsuk, 2011).

La resistencias de los ésteres de forbol a las condiciones térmicas e, incluso, a la ebullición del aceite, ha llevado a investigaciones para la detoxificación de estas semillas, mediante la extracción con solventes orgánicos y con tratamientos químicos combinados. Diversos autores, como Aregheore *et al.* (2003), Martínez *et al.* (2006) y Rakshit *et al.* (2008), han empleado etanol, metanol, álcalis [NaOH y Ca (OH)<sub>2</sub>], combinaciones alcohol-álcalis, etanol-NaHCO<sub>3</sub> y NaOH-NaClO, reportando disminuciones por encima del 40%, en el contenido de ésteres de forbol. Desintoxicaciones por mé-

todos térmicos han reportando disminuciones en actividad de antinutrientes, por tratamientos secos y disminución en la actividad de lectina, por tratamiento húmedo, a partir de los 30 minutos de cocción (Rakshit *et al.* 2008).

A pesar de encontrarse numerosos trabajos en la desintoxicación de la torta son muy escasos los experimentos que han evaluado la pérdida de contenido nutricional en el producto tratado; no obstante, se han realizado pruebas *in vitro* para conocer la toxicidad del producto detoxificado.

Esta investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de la combinación de tratamientos químicos y físicos para la eliminación o disminución de sustancias tóxicas presentes en la torta de semillas de *J. curcas*, principalmente, esteres de forbol, saponinas y taninos. Se realizaron análisis fisico-químicos (proximales), para conocer si la torta detoxificada cumplía con las características y la composición necesaria para adaptarla como alimento de consumo animal; lo anterior, con el fin de identificar procesos agroindustriales potenciales, que faciliten el aprovechamiento integral de la planta, sustancialmente, los altos contenidos proteicos en la torta, para su uso seguro, como alimento para ganado bovino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Metodologías y análisis:** En esta investigación, se trabajó con una torta de semillas desgrasadas de origen brasilero de *J. curcas*, resultante de la obtención de biodiesel, suministrado por el Centro de Tecnologías Estratégicas del Nordeste (CETENE), ubicado en la ciudad de Recife, Brasil. La torta fue dividida en doce porciones, tres partes para cada desintoxicación y tres para mantenerlas como testigo para efectos del diseño experimental; todas fueron rotuladas y guardadas a temperatura controlada.

Para la desintoxicación, se evaluaron tres metodologías: i) desintoxicación con etanol al 92%, basada en los resultados publicados por Makkar *et al.* (1997) y aplicación de radiación térmica seca de 74°C x 48 horas; ii) metanol al 92%, con base en los resultados reportados por Aregheore *et al.* (2003), empleando radiación térmica seca a 100°C x 48 horas (Martínez *et al.* 2006); iii) NaOH (1M) - NaClO (5%), de acuerdo con lo propuesto por Aregheore *et al.* (2003), aplicando radiación térmica húmeda de 121°C x 20 minutos y radiación térmica seca de 100°C x 2 horas; en este tratamiento, se requirió de numerosas lavadas hasta controlar el pH (7-7,5) y eliminar cualquier residuo del solvente. Al igual que las anteriores, la muestra fue enfriada, marcada y guardada en temperatura controlada.

Luego de efectuadas estas metodologías, se realizaron análisis proximales de humedad (AOAC 841.78/ 2005), cenizas (AOAC 923.03/1980), lípidos y fibras (Barreto & Bezerra,

2004), carbohidratos solubles totales (Dubois *et al.* 1956), proteínas solubles (Bradford, 1976), nitrógeno (ASTM, 1994 - Método D3590), con el fin de conocer el valor nutricional del producto (Fennema *et al.* 2010) y tres técnicas analíticas, para determinar la toxicidad final de la torta, en la que se caracterizó:

**Saponinas y Taninos:** Las saponinas, se determinaron cualitativa y semi-cuantitativamente y los taninos, cualitativamente, ambos de acuerdo a la metodología descrita por Pompelli *et al.* (2011).

**Ésteres de forbol:** Determinación cualitativa y cuantitativa, mediante HPLC mg/g forbol -12 miristato -13 acetato (PMA) (Makkar & Becker, 1997).

Para la determinación del PMA, se empleó un Micro High-performance liquid chromatography (HPLC), marca Thermo SCIENTIFIC, compuesto por una bomba accelera 600, auto-muestrador y detector Photo Diode Array (PDA), con una micro columna Hypersil GOLD de 50 x 2,1mm y 1,9 $\mu$ m, de fase inversa. Para la fase móvil, se aplicó el gradiente definido por Makkar & Becker (1997), modificado. Se trabajó con agua tipo HPLC, con 1,75% de ácido O-fosfórico 85% (solvente A) y Acetonitrilo (solvente B), con un flujo 200  $\mu$ l/min. El volumen de muestras fue de 1  $\mu$ l, para ello se usó un gradiente y una muestra patrón, pura: (PMA) Forbol 12-miristato 13-acetato  $\geq$  99%, (TLC) líquido, de la empresa Sigma Aldrich®.

La cuantificación del PMA, se realizó a una longitud de onda 250nm a una temperatura de 25-26°C.

**Análisis estadísticos de los resultados:** Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza bajo la estructura de un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, en el cual, se evaluaron los tratamientos químicos. La unidad experimental (UE) estuvo compuesta por doce (12) muestras. Cada tratamiento químico constó de tres repeticiones y una muestra testigo con igual repeticiones, para un total de 12 muestras. La información fue analizada estadísticamente, a través del Statistical Analysis System (SAS) y el programa Statgraphics versión 2.1; se utilizó como prueba de comparación de media la diferencia mínima significativa (DMS), en niveles significantes de 5 y 1%. Las interacciones que resul-

taron significativas o altamente significativas, se descomposieron gráfica y numéricamente, a través de un ANOVA, con la tasa de varianza F significativa al 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la desintoxicación, los tratamientos con etanol y con metanol mostraron semejanzas de comportamiento, desde la adición del solvente hasta el resultado final, después de aplicar los tratamientos térmicos; en las dos muestras, el material de ambas se compactó, dejando una apariencia de "suelo árido".

En el tratamiento con NaOH-NaClO, se observó que al adicionarle NaOH, aparecía un poco de efervescencia durante pocos segundos ( $\pm$  3); al añadirle NaClO, se desprendía un olor fuerte parecido al olor del amoníaco. Esta desintoxicación dio como resultado una torta maleable y pastosa (características que fueron conservadas hasta el momento previo de secado en el horno).

### Composiciones proximales

**Contenido de humedad y ceniza:** En este caso, se obtuvieron valores aceptables, todos inferiores al 5%, que están dentro de los parámetros de normalidad/aceptabilidad, para este tipo de alimentos. Esto permite obtener un producto que puede ser almacenado por tiempo definido y condiciones poco controladas; sin embargo, se debe tener en cuenta que los valores de humedad pueden variar según los tiempos y las condiciones de secado. El contenido de humedad de un grano, según Cayón (1996), se ve afectado por varios factores, entre ellos, la madurez del grano, la humedad de la cosecha y la temperatura y el porcentaje de humedad relativa de almacenamiento, es decir, que el ambiente en donde se almacena la torta posee alta humedad relativa, se puede absorber y aumentar el contenido de humedad.

El porcentaje de cenizas de las muestras también se ubica dentro del límite permisible, menor a 10% (Akintayo, 2003), pues depende de la composición del material y el porcentaje del mismo que está asociado al contenido de otros minerales, como potasio, sodio, fósforo (Tabla 1).

Tabla 1. Características proximales de diferentes tratamientos de detoxificación de la torta de semillas de *Jatropha curcas*.

Metodologías	Humedad (%) Media $\pm$ D.E.	Cenizas (%) Media $\pm$ D.E.
Testigo	3,17 $\pm$ 0,09 <sup>c</sup>	0,11 $\pm$ 0,008 <sup>b</sup>
Etanol	0,44 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,10 $\pm$ 0,005 <sup>b</sup>
Metanol	0,35 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	0,07 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>
NaOH - NaClO	0,36 $\pm$ 0,19 <sup>b</sup>	0,06 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>

\*D.E: Desviación estándar;  $P \leq 0.00001$ ,  $P \leq 0.0005$ , respectivamente. Resultados con igual letra son estadísticamente iguales.

**Contenido de lípidos:** El porcentaje de lípidos se vio altamente afectado por los tratamientos de detoxificación con etanol y con metanol, reduciendo la concentración en un 59 y 54,42%, respectivamente. Esto se puede deber a que el pequeño tamaño del grupo hidroxilo alcohólico en los dos solventes es soluble en entornos, tanto acuosos como lípidos (King *et al.* 2009) y que en los lavados, que exigían cada uno de los tratamientos, se hayan descartado también contenido de ácidos grasos: el 41,07%, para etanol y 45,58%, para metanol; no obstante, la muestra desintoxicada con NaOH-NaClO, arrojó una disminución significativamente desproporcional ( $p < 0,05$ ) en comparación con las otras dos metodologías, disminuyendo el valor lipídico, en un 90,3% y eliminando, casi por completo, la presencia de ácidos grasos, que se encontraban en la muestra. Este bajo contenido puede ser por consecuencia de diversos factores, uno de ellos, es que el hidróxido de sodio (catalizador básico) haya actuado como detergente (Lakatos & Oliveira 2001), separando las suciedades del sustrato sobre el que estaban retenidas y saponificando los ácidos saturados presentes en la torta, de tal manera, que el elevado porcentaje inicial de la torta se haya reducido casi en su totalidad (Tabla 2).

**Contenido de fibra cruda:** Se observó un aumento parcial en el contenido de fibras de la muestra tratada con etanol (10% más que el testigo), lo que se puede deber a que la selección de la muestra se hizo con base a una torta que, probablemente, no presentaba la misma homogeneidad en su textura (alta heterogeneidad). Lo anterior puede ser consecuencia del proceso de obtención del biodiesel, que

prioriza este objetivo (combustible) y no la calidad final de la torta, que es considerada subproducto (Tabla 2).

**Contenido de nitrógeno:** Las muestras desintoxicadas con metanol y NaOH-NaClO redujeron el contenido de nitrógeno, a una proporción de 29,7 y 26,7%, respectivamente; las elevadas condiciones térmicas a los que fueron sometidos estos dos tratamientos pueden argumentar la reducción excesiva de la proteína (Badui, 2006), pues al ser termolábiles, fueron crucialmente afectadas por estas dos metodologías. Estos valores indican que las desintoxicaciones degradaron, de tal manera el contenido de proteína cruda, que dejaron valores inaceptables, según la Norma General del Codex para Productos Proteínicos Vegetales (Ppv) - Codex Stan 174 - 1989 (FAO OMS, 2006), que justifica un valor mínimo de 40%, según el estándar de la misma (Tabla 2); no obstante, la muestra detoxificada con etanol, redujo un 18,96% del nitrógeno inicial comparada con la muestra testigo, dejando un elevado contenido (81,08% N) y de proteína cruda. Aunque esta metodología también exigía tratamiento térmico, la exposición fue menor, tanto en tiempo como en temperatura, por lo que la reducción en nitrógeno fue menor.

**Contenido de proteínas solubles y carbohidratos solubles totales:** Las proteínas son moléculas termolábiles, inestables a cambios de temperaturas altas, lo que conduce a la degradación de las mismas (Badui, 2006). Los tratamientos que tuvieron mayor radiación y exposición térmica (metanol y NaOH-NaClO), arrojaron los valores más bajos de proteína con un contenido final de 33,97% y 18,76%, para cada una.

Tabla 2. Valores promedio ( $\pm$  desviación estándar D.E.) de lípidos, fibras, nitrógeno (%), proteínas solubles y carbohidratos solubles totales en torta de semilla de *Jatropha curcas*, sometida a tratamientos de desintoxicación químico/físicos.

Metodologías	Lípidos	Fibras	N* (%)	PST (g.kg <sup>-1</sup> MS)	CST (mmol/kg MS)
Testigo	15,50 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>	37,36 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	44,83 $\pm$ 0,72 <sup>a</sup>	12,08 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	383,22 $\pm$ 42,58 <sup>a</sup>
Etanol	6,36 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	41,30 $\pm$ 1,85 <sup>a</sup>	36,33 $\pm$ 0,88 <sup>b</sup>	7,82 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	163,59 $\pm$ 7,00 <sup>b</sup>
Metanol	7,06 $\pm$ 0,85 <sup>b</sup>	18,70 $\pm$ 0,81 <sup>b</sup>	13,33 $\pm$ 0,33 <sup>c</sup>	4,10 $\pm$ 0,28 <sup>c</sup>	102,23 $\pm$ 10,86 <sup>b</sup> <sup>c</sup>
NaOH - NaClO	1,50 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	16,63 $\pm$ 1,50 <sup>b</sup>	12,00 $\pm$ 1,52 <sup>c</sup>	2,26 $\pm$ 0,11 <sup>d</sup>	34,00 $\pm$ 5,42 <sup>c</sup>

\*N: Nitrógeno; PST: Proteínas solubles totales; CST: Carbohidratos solubles totales; D.E: Desviación estándar;  $P \leq 0.00001$  en las muestras. Resultados con igual letra son estadísticamente iguales. \* MS= Masa seca.

En la detoxificación con etanol, la reducción de proteína fue de un 35,31%, dejando un contenido final total de 64,68%, valor satisfactorio para la elaboración de una dieta para ganado bovino (FAO OMS, 2006).

La importancia de la conservación de la proteína en los tratamientos de detoxificación radica en que los microorganismos también digieren la proteína por acción enzimática y la convierten en ácidos grasos volátiles y amoníaco; las bacterias utilizan el amoníaco para nutrirse y sintetizar su propia proteína celular que, a la larga, será la fuente principal de aminoácidos para el rumiante, cuando los microorganismos son digeridos en el tracto digestivo del animal (Robles, 2008).

El tratamiento con NaOH-NaClO presenta una disminución abrupta de carbohidratos, pues reduce su contenido once veces más si se compa con la muestra testigo, dando como resultado una torta pobre de contenido (8,87%). Lo anterior, puede ser consecuencia de la alta afinidad de los átomos de carbono (unidos a otros grupos funcionales como carbonilo e hidroxilo) con los solventes, que pudo haber llevado a cabo un hidrólisis simple o simplemente actuaron como agente reductor (Badui, 2006).

Entre tanto, aunque la reducción con metanol fue menor (26,07%), no es un porcentaje suficiente para el aporte y el almacenamiento de energía para el ganado, pues debe estar entre el 50 y 80% de carbohidratos (Wattiaux, 2012), lo que hace que se conviertan en tratamientos inconvenientes (Tabla 2).

Es importante que la cantidad de carbohidratos solubles en las muestras sea relativamente alta, pues de esto depende, en gran parte, la calidad de la nutrición animal, ya que son convertidos rápidamente en ácidos grasos volátiles y son fuente inmediata de energía, para la multiplicación de la flora ruminal (Robles, 2008). Por lo anterior, La muestra detoxificada con etanol está un poco más cerca de los parámetros establecidos, pues arrojó un valor de 42,68%, dejando esta opción más accesible y favorable que las anteriores.

**Valoración tóxica:** El contenido tóxico de la muestra, se determinó con base en los resultados del contenido de ésteres de forbol, presencia de saponinas y de taninos. Los valores obtenidos de las pruebas se muestran en la tabla 3.

Las muestras de *J. curcas* sin desintoxicar, presentaron un elevado contenido del metabolito 12-miristato 13-ace-

Tabla 3. Contenido de ésteres de forbol, saponinas y taninos en torta de semilla de *Jatropha curcas*, sometida a tratamientos de desintoxicación químico/físicos.

Metodologías	Contenido de ésteres de forbol (mg/Kg)	Presencia de saponinas	Presencia de taninos
Testigo	204,60 <sup>a</sup>	Positiva	Negativa
Etanol	0,07 <sup>b</sup>	Negativa	Negativa
Metanol	0,40 <sup>b</sup>	Negativa	Negativa
NaOH-NaClO	0,29 <sup>b</sup>	Positiva	Negativa

\* Resultados con igual letra son estadísticamente iguales.

tato, corroborando la necesidad de desintoxicación de la misma.

En cuanto a la ausencia de taninos en todas las muestras, se puede deber a tres factores: i) la torta de *Jatropha curcas* que se escogió para realizar los análisis pertenezca a una variedad libre o de muy poco contenido de esta sustancia; ii) el porcentaje evaluado de las muestras haya sido tan pequeño como para denotar presencia de estos y, iii) el método por determinación cualitativa no haya sido lo suficientemente eficaz.

Por otra parte, la presencia de saponinas, sólo en la muestra sin detoxificar, es un buen indicador de que las metodologías aplicadas eliminaron favorablemente la presencia de saponinas en las muestras.

**Comparación de dietas existentes:** Teniendo en cuenta la referencia de la FAO, se compararon los componentes nutricionales de dos suplementos alimenticios para ganado (algodón y harina de pescado) y las tortas desintoxicadas de *J. curcas* (Tabla 4).

Tabla 4. Componentes nutricionales de diferentes dietas vs. torta de semilla de *Jatropha curcas*, con el valor de referencia de la FAO.

Alimento	COMPONENTES NUTRICIONALES						
	Pro (%)	Hum (%)	Cen (%)	Líp (%)	Fib (%)	N (%)	Chd (%)
Semilla de algodón (FEDNA, 2004).	20,4	8	3,8	18,4	25,4	-	-
Harina de pescado (FEDNA, 2004).	70,0	7,0	12,5	9,5	0,4	-	-
Torta de <i>Jatropha</i> (Etanol)	64,69	0,440	0,101	41,03	10% >testigo	81,03	42,68
Torta de <i>Jatropha</i> (Metanol)	33,97	0,352	0,079	45,54	50,05	29,73	26,67
Torta de <i>Jatropha</i> (NaOH-NaClO)	18,76	0,368	0,061	9,64	44,51	26,76	8,87
Referencia FAO	-	>5	>10%	-	-	40%	-

\*Pro=Proteínas; Hum=Humedad; Cen=Cenizas; Lip=Lípidos; Fib=Fibras; N=Nitrógeno; Chd=Carbohidratos.

Con base en los resultados observados para la torta tratada con etanol, contenidos de proteína (64%), carbohidratos solubles totales (42,68%), nitrógeno (36,33%) y fibra (41,3%), demuestran que puede ser utilizada como un suplemento alimenticio, pues no discrepa con las características de los otros suplementos que ya están estandarizados y comercializados. La disminución en el contenido de ésteres de forbol en las muestras con etanol, de un 99,96%, seguido por NaOH-NaClO, en 99,85% y, finalmente metanol, en 99,80%, indican que ninguno de los extractos presenta factores anti-nutricionales o toxicológicos, pues no hay diferencia significativa entre ellos ( $p < 0.05$ ).

Por lo anterior, los resultados del presente trabajo indican que la alternativa más adecuada para la desintoxicación de la torta de *J. curcas* L es el tratamiento con etanol, dado que los valores nutricionales se mantuvieron, pues no hubo mayores degradaciones, según los criterios de la FAO, no hay residuos de solventes tóxicos y los componentes antinutricionales y dañinos (ésteres de forbol, saponinas) fueron eliminados satisfactoriamente, resultando más conveniente en cuanto a su aplicación, seguridad y consumo, lo que resulta más atractivo, si se desea utilizar de manera agroindustrial; sin embargo, todos los tratamientos aplicados afectaron significativamente el contenido de proteína cruda y soluble en la torta de *J. curcas*, pues degradaron, de tal manera las moléculas que, incluso, hasta el mejor de ellos, redujo el contenido final a la mitad (etanol); por tanto, se recomienda realizar estudios con animales para confirmar la seguridad de la

torta desintoxicada (presencia de curcina), antes de su aplicación en alimentos.

**Agradecimientos:** Al laboratorio de investigación del grupo GIPAVE de la Universidad de Córdoba (Sede Berastegui), en especial al Doctor Guillermo Arrázola y la M.Sc. Marcela Villalba, por su ayuda en la determinación y estandarización del método con PMA mediante HPLC. **Conflicto de intereses:** Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## BIBLIOGRAFÍA

- AKINTAYO, E.T. 2003. Characteristics and composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. *Biores. Techn.* 92:307-310.
- AOAC 841.78. Official Methods of Analysis 18 th. Edition. 2005. Determinación de humedad. Washington, D.C. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/ab489s03.htm> (con acceso 05/08/2012).
- AOAC 923.03. Official Methods of Analysis. 1980. Determinación de cenizas. Washington, D.C. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/ab489s03.htm> (con acceso 06/08/2012).
- ASTM D 3590. 1994. Standard test methods for total Kjeldahl nitrogen in water. Disponible desde internet

- en <http://www.freestd.us/soft2/717483.htm> (con acceso 03/07/2012).
5. AREGHEORE, E.M.; BECKER, K.; MAKKAR, H.P.S. 2003. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments and preliminary nutritional evaluation with rats. South Pacific J. Nat. Sci. 21:50-56.
  6. BADUI, S. 2006. Química de alimentos. Pearson – Educación. 4ed.p.716-717.
  7. BARRETO, L.P.; BEZERRA, N.E. 2004. Método de análisis químicos em plantas. Ed. UFRPE (Brasil). p.27-60
  8. BEHERA, S.K; SRIVASTAVA, P; TRIPATHI, R.; SINGH, J.P; SINGH, N. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. Biomass. Bioenerg. 34:30-41.
  9. BRADFORD, M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Anal. Biochem. 72:248-254.
  10. CAYÓN, G. 1996. Ecofisiología de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Primer Curso Internacional de Palma de Aceite. Memorias. Cenipalma, Bogotá. p. 38-54.
  11. DEVAPPA, R.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. 2010. *Jatropha* toxicity, a review. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B 13: 476–507.
  12. DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.
  13. FAO OMS. 2006. Previsiones demográficas mundiales. Disponible desde internet en <http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/Spanish.pdf> (con acceso 01/05/2012).
  14. FEDNA. 2004. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Disponible desde internet en <http://www.fundacionfedna.org/> (con acceso 03/12/2013).
  15. FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. 2010. Química de alimentos de Fennema. 4 Ed. ARTMED (Brasil). 1094p.
  16. KING, A.; HE, W.; CUEVAS, J.; FREUDENBERGER, M.; RAMIARAMANANA, D.; GRAHAM, I. 2009. Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. J. Exp. Botany. 10:2897-2905.
  17. KALAM, M.A.; AHAMED J.U.; MASJUKI, H.H. 2012. Land availability of *Jatropha* production in Malaysia. Renew. Sustain. Energy Reviews. 16:3999-4007.
  18. LAKATOS, V; OLIVEIRA, W. 2001. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. Quim. Nova. 24(5):700-708.
  19. LIM MENG HON, J. 2010. *Jatropha* in South East Asia. SEGI Rev. 3(2):118-134.
  20. MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. 1997. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. J. Agr. Food. Chem. 45:3152-3157.
  21. MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. 1997. Potential of *Jatropha curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed, constraints to its utilization and possible strategies to overcome constraints. Proceedings of *Jatropha* 97: International Symposium on Biofuel and Industrial Products from *Jatropha curcas* and other Tropical Oil Seed Plants. Managua, Nicaragua, February 1997. p.160-166,173-178,190-205.
  22. MAKKAR, H.; SIDDHURAJU, P; BECKER, K.; HARINDER, P.S. 2007. Plant Secondary Metabolites. Methods in Molecular Biology. Ed. Humana Press (Totowa, New Jersey). p.101-105.
  23. MAKKAR, H.P.S.; FRANCIS, G.; BECKER, K. 2008. Protein concentrate from *Jatropha curcas* screw pressed seed cake and toxic and anti-nutritional factors in protein concentrate. J. Sci. Food Agri. 88:1542-1548.
  24. MARTÍNEZ, J.; SIDDHURAJU, P; FRANCIS, G.; DÁVILA, G; BECKER, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Food Chem. 96:80-89.
  25. PANDEY, V.C.; SINGH, K.; SINGH, J.S.; KUMARD, A.; SINGHB, B.; SINGHA, R.P. 2012. *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. Renew. Sustain. Energy Reviews. 16:2870-2883.

26. POMPELLI, M.P.; DOS SANTOS, M.G.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; MORAIS, A.F. 2011. Fisiología Vegetal: Uma abordagem prática. Ed. UFPE (Brasil). p.26-30.
27. POMPELLI, M.F.; FERREIRA, D.T.R.G.; CAVALCANTE, P.P.G.S.; SALVADOR, T.L.; HSIE, B.S.; ENDRES, L. 2010. Environmental influence on the physico-chemical and physiological properties of *Jatropha curcas* L. Seeds. Australian J. Bot. 58:421-427.
28. RAKSHIT, K.; DARUKESHWARA, J.; RATHINA, K.; NARASIMHAMURTHY, K.; SAIBABA, P.; BHAGYA, S. 2008. Toxicity studies of detoxified *Jatropha* meal (*Jatropha curcas*) in rats. Food Chem Tox. 46: 3621-3625.
29. ROBLES, G.L. 2008. Alternativas para sostener su ganado en épocas críticas. Disponible desde internet en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/articulos/alternativas-sostener-ganado-epocas-t2191/p0.htm> (con acceso 02/02/2013).
30. SAETAE, D.; SINTORNSUK, W. 2011. Toxic Compound, Anti-Nutritional Factors and Functional Properties of Protein Isolated from Detoxified *Jatropha curcas* Seed Cake. Int. J. Mol. Sci. 12:66-77.
31. WATTIAUX, M.A. 2012. Composición y análisis de alimentos. Wisconsin, Madison. Disponible desde internet en [http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/babkoc/02\\_s.pdf](http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/babkoc/02_s.pdf) (con acceso 02/16/2013).

Recibido: Junio 30 de 2013

Aceptado: Febrero 19 de 2014

#### Como citar:

Jarma Arroyo, B.; Vanegas O., Y.; Pompelli, M.F.; Garrido P., C.; Bezerra Neto, E.; Jarma Orozco, A. 2014. Desintoxicación de la torta de *Jatropha curcas* L. como posible alternativa de alimento para ganado bovino en el caribe colombiano. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 171-178.

# EFICACIA ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DE PLANTAS: APLICACIÓN CLÍNICA EN MASTITIS BOVINA

## ANTIBACTERIAL EFFICACY OF PLANT EXTRACTS: CLINICAL APPLICATION IN BOVINE MASTITIS

Marco Leal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MV. M.Sc. Docente Investigador. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. U.D.C.A. Bogotá, Colombia. Calle 222 No. 55-37. Correo: mleal@udca.edu.co

Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient. 17(1): 179-187, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

La mastitis en los bovinos es una enfermedad que afecta la calidad y la cantidad de la leche, teniendo un impacto directo sobre la salud pública. Muchos tratamientos han sido utilizados, con el fin de disminuir la inflamación y la infección, causados por este problema; sin embargo, la utilización de casi todos los fármacos conlleva a residuos en la leche. Se evaluaron extractos fitoterapéuticos, con capacidad antibacteriana reportada, contra tres bacterias causantes de mastitis, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* y *Escherichia coli*. Los extractos empleados fueron obtenidos de *Thymus vulgaris*, *Calendula officinalis* y *Salvia officinalis*. Los hallazgos *in vitro* revelaron efecto bactericida con *C. officinalis*, en diluciones 1/2, 1/4 y 1:8, en comparación con un efecto bactericida de los otros extractos, en las dos primeras diluciones. Con el grupo control con vehículo de propilenglicol, se obtuvo un menor efecto bactericida. Con base en los efectos *in vitro*, se intentó disminuir las células somáticas en bovinos con mastitis diagnosticada. Los resultados en los grupos tratados fueron en promedio un 23% de tasa de curación de los cuartos infectados. Se obtuvieron reacciones adversas en el 60% de los cuartos tratados. Con lo anterior, se concluyó que, a pesar de existir un comportamiento bactericida *in vitro*, no se puede asegurar que se obtendrán resultados antiinflamatorios en la glándula mamaria y que las reacciones adversas a la mezcla de extractos se deben más al uso de los extractos que al vehículo, tomando en cuenta que el propilenglicol es un vehículo común de preparaciones farmacéuticas tópicas y parenterales.

Palabras clave: Caléndula, tomillo, salvia, antibióticos, anti-inflamatorio.

### SUMMARY

Mastitis in cattle is a disease that affects the quality and quantity of milk, having a direct impact on public health. Many treatments have been used to reduce inflammation and infection caused by this problem. However, the use of almost all drugs needs a withdrawal time. Using herbal extracts with reported antibacterial capacity, were used against three common mastitis-causing bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* and *Escherichia coli*. Extracts of *Thymus vulgaris*, *Calendula officinalis* and *Salvia officinalis* were evaluated. *In vitro* findings revealed bactericidal effect in all dilutions of *C. officinalis* 1/2, 1/4 and 1:8, as compared with the bactericidal effect of other extracts in the first two dilutions. Control group using propylene glycol demonstrated lower bactericidal effect. Based on these *in vitro* effects minimization of somatic cell count in bovine mastitis was attempted. The results in the treated groups were of an average of 23% cure rate of infected quarters. Adverse reactions were obtained in 60% of treated quarters. With the above it was concluded that the behavior of the extracts *in vitro* and *in vivo* is different. Adverse reactions to the mixture of extracts apparently were not due to the vehicle, taking into account that propylene glycol is a common vehicle for topical and parenteral pharmaceutical preparations.

Key words: *Calendula officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Salvia officinalis*, anti-inflammatory, antibiotic, cow mastitis.

### INTRODUCCIÓN

La mastitis bovina es una de las enfermedades que mayor impacto produce sobre la producción láctea, generando pérdidas económicas, que son variables y que aumentan a medida que los recuentos de células somáticas son más al-

tos. En Colombia, por ejemplo, existe un estudio que revela pérdidas por, aproximadamente, 170 dólares por lactancia de 300 días (Rodríguez, 2006). En países de Europa, como Portugal, se ha calculado que por cada animal que recibe medicación antibiótica contra mastitis, las pérdidas por trimestre son de 38 Euros. Lo anterior para mastitis subclínicas; para el caso de mastitis clínicas, se reportan pérdidas en la producción de más de 700L de leche por lactancia en Norteamérica (Seegers *et al.* 2003). En un estudio realizado por Santos *et al.* 2003, se explica que los conteos de células somáticas tienen relación directa con cambios en la composición de la leche, mencionando que un conteo superior a 200,000 células/mL produce mayores alteraciones en las características químicas de la leche, en comparación con conteos inferiores a este número.

La mastitis, se desarrolla cuando, por múltiples razones, los mecanismos de defensa de la glándula mamaria se encuentran alterados. Inicialmente, la glándula mamaria es capaz de resistir a la infección sin la asistencia del sistema inmune, mediante la participación de la queratina, presente en los ductos del pezón (función de barrera), la alta capacidad de adherencia de los microorganismos a la mucosa regional y la lactoperoxidasa, una enzima en la leche, cuyas propiedades inhiben el crecimiento bacteriano (FAO, 2005). Además, el sistema de protección lo complementan la inmunidad humoral y la inmunidad mediada por células, en donde participan inmunoglobulinas y glóbulos blancos, respectivamente.

La enfermedad puede tener su origen en traumatismos o, como es más común, cuando alguno de los mecanismos mencionados falla; es posible que la glándula sea colonizada por alguno de los principales agentes etiológicos de la enfermedad, (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus spp.*, *Escherichia coli*, *Mycoplasma bovis*, entre otras). En cuanto a la clasificación, la enfermedad se puede catalogar de acuerdo a su severidad, el grado de afectación de la glándula y el tiempo de evolución, pudiendo presentarse diferentes grados de mastitis (Bradford, 2009), de la siguiente manera: Cuartos negativos, Cuartos con trazas, Cuartos con mastitis subclínica 1, Cuartos con mastitis subclínica 2 y Cuartos con mastitis subclínica 3.

Los antibióticos cuando son administrados vía intramamaria ocasionan residuos en leche, que son un problema de salud pública, porque pueden producir resistencias en los seres humanos.

En los últimos años ha cobrado interés el uso de fitoterapéuticos para aplicación intramamaria y, a pesar de requerir aún estudios más avanzados de eficacia, como lo sugiere Regassa & Araya (2012), pueden ser eficaces a la hora de reducir las pérdidas de leche provocadas por el uso de antibióticos.

A continuación, se presentan características de las plantas que fueron evaluadas durante el estudio:

***Salvia officinalis*:** Nombre común: salvia: Es una planta que contiene, principalmente, terpenoides (Climati *et al.* 2013) y flavonoides (Ravipati *et al.* 2012), con acciones aromáticas, utilizada como astringente, antimicrobiano y desinfectantes (Cañigueral, 2003). La salvia es un género de plantas de la familia Lamiaceae y de ella, existen alrededor de 900 especies, siendo la más estudiada la *S. officinalis*, entre otras, por sus propiedades antibacterianas contra *Bacillus cereus* y otros microorganismos (Climati *et al.* 2013); incluso, Shahneh *et al.* (2013), ha propuesto actividad citotóxica en cultivos de células cancerosas humanas; sin embargo, en ninguno de los fitoterapéuticos utilizados en este trabajo, no se conocen las dosis que tengan un efecto antibacteriano.

***Thymus vulgaris*:** Nombre común Tomillo: Las plantas del género *Thymus*, contienen acetato bornílico, acetato linalílico, saponinas y flavonoides (Hossain *et al.* (2013) y pertenece a un grupo de plantas con capacidades antisépticas (Wei *et al.* 2014) y antifúngicas, usualmente, utilizada en la piel. También contiene compuestos fenólicos, timol y carvacrol, los cuales, poseen actividad frente a bacterias gram positivas y negativas, debido a que estas sustancias actúan sobre la membrana celular bacteriana. El extracto de tomillo inhibe, en forma significativa, el crecimiento de *Helicobacter pilori* (Esmaeili *et al.* 2012).

***Calendula officinalis*:** Nombre común: Caléndula: Pertenece a un género con gran cantidad de especies perennes de la familia Asteraceae. Esta planta posee, entre otras sustancias, flavonoides, triterpenos, taninos y compuestos fenólicos (Preethi & Kuttan, 2009), que le confieren propiedades cicatrizantes, antiinflamatorias e, incluso, antibacterianas. Se utiliza comúnmente en terapias, como la cicatrización de heridas (Tanideh *et al.* 2013) o como antioxidante (Shivasharan *et al.* 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente, se tomaron extractos vegetales de *T. vulgaris*, *S. officinalis* y *C. officinalis*, fabricados por Laboratorios Phitother, S.A, fabricados a partir de hojas secas y macedadas de cada una de las plantas y posteriormente solubilizadas en etanol al 90%, utilizando un rotovapor. Con estos extractos, se hicieron pruebas antibacterianas en caja de Petri, contra diferentes microorganismos. De igual forma, se utilizó, a manera de control, el vehículo utilizado en cada uno de los extractos (propilenglicol). Se escogió este vehículo por ser de uso común en preparaciones tópicas y sobre mucosas. Todos los extractos, previamente, fueron evaluados para establecer la ausencia de contaminación bacteriana por *E. coli*, Coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras, en-

contrando los siguientes resultados: *E. coli* y coliformes: Ausencia; Mesófilos aerobios: <10ufc/g, cumpliendo con la especificación que indica que debe ser menor a 100ufc/g; mohos y levaduras: <10ufc/g, cumpliendo con la especificación que indica que debe ser menor o igual a 10ufc/g.

Se realizaron evaluaciones microbiológicas a los extractos de caléndula, tomillo, salvia y propilenglicol, como vehículo para determinar su efecto antimicrobiano (grupo control). El estudio, se realizó utilizando los siguientes microorganismos: *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922 y *S. agalactiae*, para los que se usó una suspensión 0,5 en la escala de Mc Farland, equivalente a una suspensión bacteriana de  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL.

Cada uno de las bacterias fue desafiada con diferentes proporciones de los extractos de la siguiente manera: 1:2, 1:4, 1:8.

Medio de cultivo: Caldo Trypticasa de soya marca Oxoid, doble concentración, para la primera proporción y concentra-

ción normal, para las otras diluciones. Medio sólido: Agar Trypticasa de Soya marca Merck, para evidenciar crecimiento, con Método Ecométrico (Prescott, 2008).

Para evidenciar si hubo o no crecimiento en las diluciones y en el control de cada microorganismo, se sembraron con asa calibrada 10 $\mu$ L sobre una placa de agar Trypticasa de soya, para *S. aureus* y *E. coli* y sobre agar sangre, para *S. agalactiae*, haciendo cinco trazados por proporción, como recomienda el Método Ecométrico (Koneman, 2008). Las cajas, se incubaron a 37°C incubación, por 24 horas; los cultivos fueron realizados por duplicado. En cuanto a la prueba ecométrica, se emplea un esquema de siembra, en donde se asigna un número por cada línea de crecimiento bacteriano del 1 al 5. La porción superior marcada con el número 1 representa el sector en donde es aplicado el extracto en proporción 1:2. La parte derecha, marcada con el número 2, indica el lugar en donde se aplica el extracto en proporción 1:4. La inferior muestra el lugar en donde se coloca el extracto 1:8 y la parte izquierda, marcada con el número 4, indica el lugar del control (Figura 1).

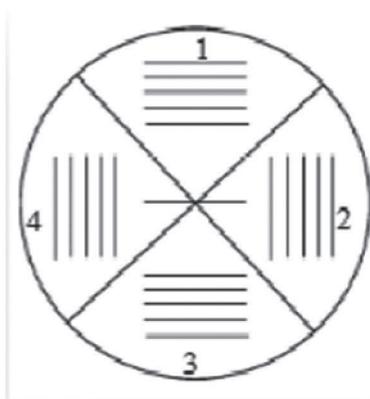


Figura 1. Método Ecométrico utilizado durante las pruebas de eficacia antibacteriana de cada uno de los extractos.

La prueba clínica en bovinos con mastitis fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A, en su sesión ordinaria del 21 de febrero de 2012, según consta en el acta No. 14. Inicialmente, se tomaron un total de 4 cuartos sanos (sin evidencia clínica de mastitis), en los que se llevó a cabo una prueba con la mezcla de extractos vegetales, a manera de prueba piloto; posteriormente, se tomaron 30 cuartos con evidencia clínica de inflamación y confirmación, mediante pruebas de Mastitis, California Mastitis Test (Deb & Kumar, 2013). Se utilizaron los bovinos que, en la prueba CMT, arrojaron resultados iguales o superiores a grados 1 o 2. En estos cuartos fue aplicada la mezcla de extractos naturales cada 24 horas, durante 3 días. Previamente, fueron tomadas muestras para realizar los conteos de células somáticas individual-

les por cuarto y realizar un cultivo microbiológico, con el fin de determinar la presencia de agentes infecciosos. Muestras comparativas fueron tomadas 10 días después de iniciado el tratamiento.

Análisis estadístico: Para poder establecer si existió diferencia estadísticamente significativa en los conteos de células somáticas antes y después del tratamiento, se realizó la prueba de comparación de medias vía t student.

Para comparar el efecto positivo o negativo del tratamiento aplicado sobre los grados de mastitis detectados con california mastitis test, se utilizó el método no paramétrico, conocido como prueba de signos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la fase inicial del estudio, se revisaron los resultados de la inhibición del crecimiento bacteriano encontrando efectos de los extractos sobre *S. aureus*, de la siguiente manera (Figura 2a, Tabla 1).

El extracto de *C. officinalis* posee efecto bactericida total en todas las diluciones. El grupo control sin extracto de caléndula, en cambio, no presentó ningún efecto y el

crecimiento bacteriano pudo ser evidenciado. El extracto de *T. vulgaris* produjo resultados bactericidas, principalmente, en las diluciones 1:2 y 1:4; en el grupo control no se observaron efectos bactericidas. El extracto de *S. officinalis* produjo resultados bactericidas, principalmente, en las diluciones 1:2 y 1:4; en el grupo control, no se observaron efectos bactericidas. Por su parte, el propilenglicol demostró también efectos bactericidas, aunque inferiores a los observados con los extractos.

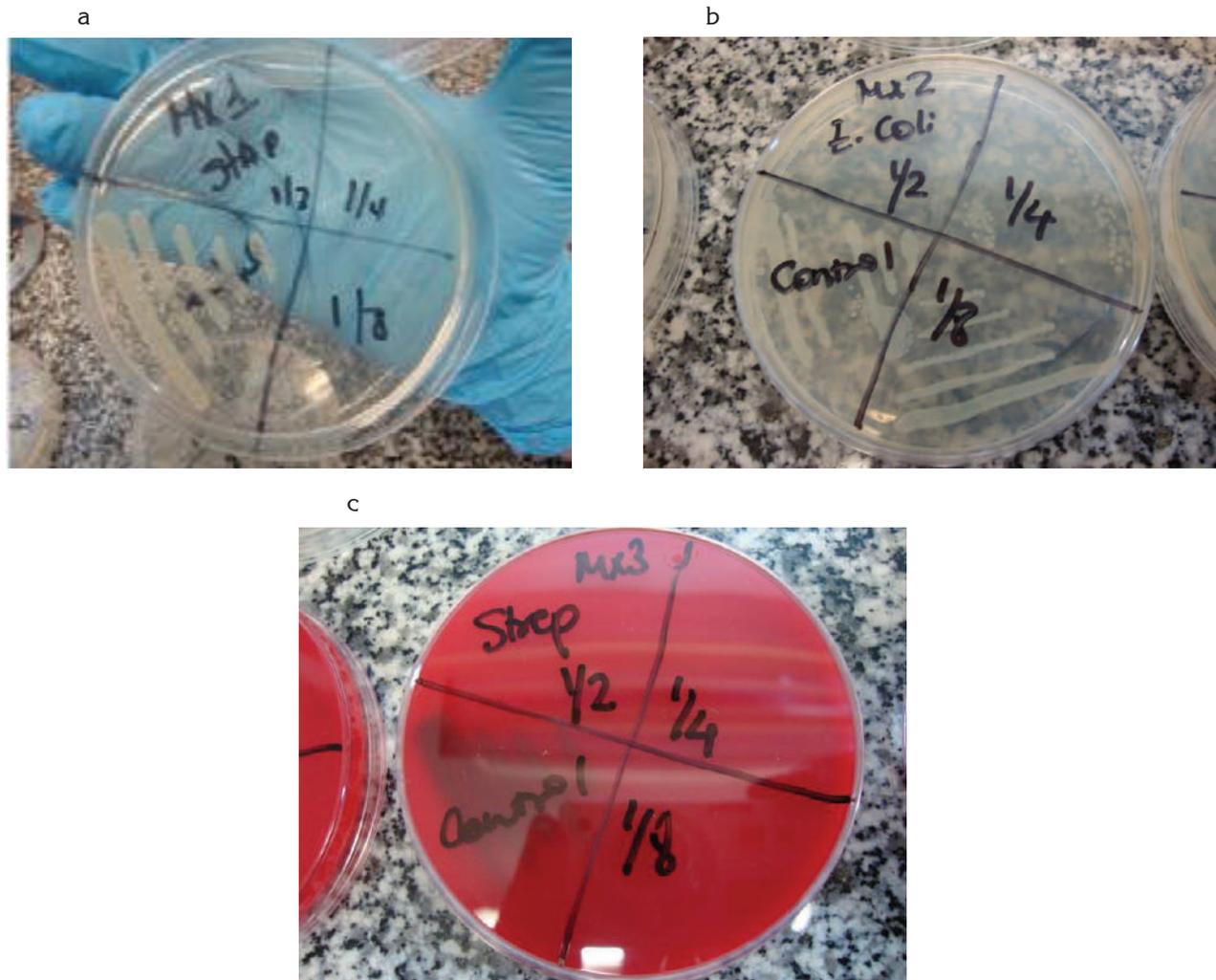


Figura 2. a) Sensibilidad de *Staphylococcus aureus* en la prueba microbiológica; b) Representa la ausencia de crecimiento bacteriano (*E. coli*); c) Representa la ausencia de crecimiento bacteriano (*S. agalactiae*).

Tabla 1. Sensibilidad de *Staphylococcus aureus* frente a los diferentes extractos.

Montaje	Proporción o dilución	Extracto de Caléndula	Extracto de Tomillo	Extracto de Salvia	Vehículo Propilenglicol
1	1:2	0	0	0	5
	1:4	0	0	0	5
	1:8	0	2	1	5
	Control	5	5	5	5
2	1:2	0	2	0	2
	1:4	0	4	0	4
	1:8	1	5	5	5
	Control	5	5	5	5
3	1:2	0	0	0	1
	1:4	0	3	0	3
	1:8	0	5	3	5
	Control	5	5	5	5

Criterios de interpretación:

**Calificación 0:** se interpreta como efecto bactericida de 100%.

**Calificación 1:** crecimiento en la primera línea de siembra que se interpreta como un efecto bacteriano parcial, aproximadamente sobre el 80% de la población.

**Calificación 2, 3 y 4:** crecimiento en las líneas 2, 3 y 4 se interpreta como efecto bactericida sobre un 60%, 40% y 20% de la población, respectivamente.

**Calificación 5:** crecimiento en las 5 líneas igual al control y se interpreta como ningún efecto bactericida.

En cuanto a los efectos de los extractos sobre *E. coli*, se observó que el extracto de *C. officinalis* posee efecto bactericida en las diluciones 1:2 y 1:4. El grupo control sin extracto de caléndula, en cambio, no presentó ningún efecto y el crecimiento bacteriano pudo ser evidenciado. El extracto de *T. vulgaris* produjo resultados bactericidas, principalmente, en la proporción 1:2; en el grupo control, no se observaron efectos bactericidas. El extracto de *S. officinalis* produjo resultados bactericidas, principalmente, en la proporción 1:2; en el grupo control, no se observaron efectos bactericidas. El propilenglicol demostró también efectos bactericidas, aunque inferiores a los observados con los extractos (Figura 2b, Tabla 2).

Por su parte, los efectos de los extractos sobre *S. agalactiae* fueron los siguientes: El extracto de *C. officinalis* posee efecto bactericida en las diluciones 1:2 y 1:4. El grupo control sin extracto de caléndula, en cambio, no presentó ningún efecto y el crecimiento bacteriano pudo ser evidenciado. El extracto de *T. vulgaris* produjo resultados bactericidas, principalmente, en las diluciones 1:2 y 1:4; en el grupo control, no se observaron efectos bactericidas. El extracto de *S. officinalis* produjo resultados bactericidas totales en todas las dilucio-

nes; en el grupo control, no se observaron efectos bactericidas. El propilenglicol demostró también efectos bactericidas, aunque inferiores a los observados con los extractos (Figura 2c, Tabla 3).

Cuando se aplicaron por vía intramamaria los extractos en proporción 1:4 a razón de 3 ml por cada cuarto, se encontró que los primeros cuatro tratados, con la mezcla de extractos naturales, no desarrollaron ningún tipo de reacción adversa. Cabe mencionar, que dichos cuartos se encontraban sanos, es decir, sin evidencia de Mastitis durante las pruebas de California (CMT). Estos cuartos no fueron muestreados para pruebas microbiológicas; sin embargo, no arrojaron resultados sugerentes de mastitis en las pruebas CMT. Los resultados de los 30 cuartos tratados se presentan en la tabla 4.

De los 30 cuartos tratados con la mezcla, 8 disminuyeron significativamente el grado de mastitis (26,7%), de acuerdo al test de California y al conteo de células somáticas; no obstante, los 22 cuartos restantes (73,3%) elevaron el recuento de células somáticas, así como el grado de mastitis, incluso, en algunos casos que fueron inicialmente registrados como mastitis sub-clínica, a partir de la aplicación del producto,

desarrollaron un cuadro inflamatorio agudo, caracterizado por tumefacción del pezón y de la glándula mamaria, elevación local de la temperatura y pérdida de la calidad de la leche, caracterizada por evidencia de coágulos lácteos y coloración ligeramente amarilla. Lo anterior fue registrado durante el estudio, como una reacción adversa no esperada, ya que las pruebas iniciales en animales sanos no presen-

taron ningún tipo de signo similar. Es necesario mencionar que los extractos utilizados poseían un certificado de calidad que incluía la ausencia de contaminación, que pudiera haber ocasionado la reacción.

Adicionalmente, de los 30 cuartos tratados como grupo control (solución salina + caléndula en medio acuoso), siete

Tabla 2. Sensibilidad de *Escherichia coli* frente a los diferentes extractos.

Montaje	Proporción o dilución	Extracto de Caléndula	Extracto de Tomillo	Extracto de Salvia	Vehículo Propilenglicol
1	1:2	0	0	0	0
	1:4	0	2	5	5
	1:8	5	5	5	5
	Control	5	5	5	5
2	1:2	0	3	0	0
	1:4	0	5	1	1
	1:8	5	5	5	5
	Control	5	5	5	5
3	1:2	0	0	0	0
	1:4	0	1	3	2
	1:8	5	5	5	5
	Control	5	5	5	5

Tabla 3. Comportamiento de *Streptococcus agalactiae* frente a los diferentes extractos.

Montaje	Proporción o dilución	Extracto de Caléndula	Extracto de Tomillo	Extracto de Salvia	Vehículo Propilenglicol
1	1:2	0	0	0	0
	1:4	0	0	0	3
	1:8	1	1	0	5
	Control	5	5	5	5
2	1:2	0	2	0	0
	1:4	0	3	0	1
	1:8	5	5	0	5
	Control	5	5	5	5
3	1:2	0	0	0	0
	1:4	0	2	0	3
	1:8	4	5	0	5
	Control	5	5	5	5

Tabla 4. Conteos de células somáticas (CCS) y grados de mastitis antes y después del tratamiento (CMT: prueba de California).

IDENTIFICACIÓN CUARTO	CCS INICIO	GRADO INICIAL CMT	CCS FIN	GRADO FINAL CMT
7812	2.846.000	2	2.813.000	2
5434	191.000	1	4.219.000	3
7240 ad	560.000	1	1.605.000	2
4002 PD	639.000	1	54.000	TRAZAS
4202 AD	257.000	1	1.317.000	2
7864 PI	237.000	1	351.000	2
7864 AD	276.000	1	363.000	1
7864 AI	356.000	1	568.000	1
4684 PI	207.000	1	1.245.000	2
4684 PD	650.000	1	1.342.000	2
1397 PD	1.494.000	2	3.911.000	3
1397 AD	1.000.000	2	3.978.000	3
5157 PD	286.000	1	2.699.000	3
5157 AD	714.000	2	1.525.000	2
5165 AD	1.622.000	2	3.767.000	3
5165 PD	3.850.000	3	2.361.000	2
4208 AD	3.261.000	3	1.317.000	2
1004AD	1.090.000	2	3.711.000	3
421 AI	407.000	1	318.000	1
279 PI	483.000	1	4.677.000	3
1078 AI	263.000	1	4.290.000	3
359 AD	1.711.000	2	418.000	1
7544 AD	418.000	1	4.636.000	3
68 PD	561.000	1	4.978.000	3
5508 PD	500.000	1	591.000	1
5508 AI	1.060.000	2	637.000	1
421000	1.085.000	2	435.000	1
7544 PD	315.000	1	387.000	1
7544 PI	2.284.000	2	581.000	1
7543 AD	1.327.000	2	3.264.000	3

disminuyeron el grado de mastitis, de acuerdo al test de California y al conteo de células somáticas; sin embargo, los 23 cuartos restantes elevaron el recuento de células somáticas, sin presentar elevaciones significativas en el grado de mastitis, de acuerdo a la prueba de California. De los 30 cuartos del grupo control, cuatro de ellos manifestó los signos de rubor, de calor y de tumefacción, así como la pérdida de la

calidad de la leche, registrados para los animales del grupo tratado.

El valor de la prueba estadística de signos para establecer la eficacia del tratamiento en disminuir el grado de mastitis, de acuerdo al CMT, fue de 0.0106 ( $P=0.0106$ ), por lo tanto, se puede inferir que el tratamiento no fue eficaz.

Para poder establecer si existió diferencia estadísticamente significativa en los conteos de células somáticas antes y después del tratamiento, se realizó la prueba de comparación de medias vía t student, con un valor de p de 0.004038203, con lo cual, se puede inferir diferencia estadísticamente significativa entre las medias, concluyendo que el tratamiento no fue eficaz.

Pruebas exclusivas con el vehículo propilenglicol: reacciones adversas similares a las observadas durante el estudio, pero en menor grado que las observadas con los extractos.

Teniendo en cuenta los efectos observados en los animales tratados y del grupo control, se concluyó que el comportamiento de los extractos *in vitro* e *in vivo* es diferente, ya que en realidad no disminuyen los efectos inflamatorios en la glándula mamaria, diagnosticada con mastitis. Por su parte, las reacciones adversas a la mezcla de extractos se deben más al uso per se de los extractos que al vehículo, tomando en cuenta que el propilenglicol es un vehículo común de preparaciones farmacéuticas tópicas y parenterales.

De todo lo anterior, también se deduce que la utilización de extractos naturales de eficacia *in vitro* comprobada, no generó resultados satisfactorios *in vivo*, cuando fue aplicada en bovinos con mastitis de etiología infecciosa. Asimismo, se pudo establecer que *in vivo*, las combinaciones de extractos, no son lo suficientemente eficaces para corregir el problema y que, incluso, se pueden encontrar reacciones adversas que no se deben al vehículo (propilenglicol). Es posible que los extractos, a pesar de ser aplicados en proporción, produzcan irritación e inflamación, lo que exacerba los síntomas de la mastitis. Este efecto es esperado cuando se usan terapias homeopáticas, aunque no con la magnitud observada en el presente estudio.

Conflicto de intereses: El presente trabajo fue preparado por el autor, quien declara que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados o la voluntad de publicación de los mismos. Financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRADFORD, P. 2009 Large Animal Internal Medicine. Fourth Edition. Elsevier. 1872p.
- CAÑIGÜERAL, S. 2003. Fitoterapia, Vademécum de prescripción. Plantas Medicinales, Masson SA. Barcelona España. 1092p.
- CLIMATI, E.; MASTROGIOVANNI, F.; VALERI, M.; SALVINI, L.; BONECHI, C.; MAMADALIEVA, N.Z.; EGAMBERDIEVA, D.; TADDEI, A.R.; TIEZZI, A. 2013. Methyl carnosate, an antibacterial diterpene isolated from *Salvia officinalis* leaves. Nat. Prod Commun. 8(4):429-430.
- DEB, R.; KUMAR, A. 2013. Trends in diagnosis and control of bovine mastitis: a review. Pak. J. Biol. Sci. 16(23):1653-1661.
- ESMAEILI, D.; MOBAREZ, A.M.; TOHIDPOUR, A. 2012. Anti-helicobacter pylori activities of shoya powder and essential oils of *Thymus vulgaris* and *Eucalyptus globulus*. Open Microbiol. J. 6:65-69.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. 2005. Benefits and potential risks of the lactoperoxidase system of raw milk preservation. Report of FAO/WHO Technical Meeting, Rome, 28 November to 2 December. Disponible desde Internet en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0729e/a0729e00.pdf> (con acceso 09/04/2012).
- HOSSAIN, M.A.; AL-RAQMI, K.A.; AL-MIJIZY, Z.H.; WELI, A.M.; AL-RIYAMI, Q. 2013. Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *Thymus vulgaris*. Asian. Pac. J. Trop. Biomed. 3(9):705-710.
- KONEMAN, E. 2008. Microbiological diagnosis. Text and color atlas. Editorial Médica Panamericana. 1691p.
- PRESCOTT, H. 2008. Microbiología. 7a Edición. Editorial Mac Graw Hill Interamericana de España. 1124p.
- PREETHI, K.C.; KUTTAN, R. 2009. Wound healing activity of flower extract of *Calendula officinalis*. J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol. 20(1):73-79.
- RAVIPATI, A.S.; ZHANG, L.; KOYYALAMUDI, S.R.; JEONG, S.C.; REDDY, N.; BARTLETT, J.; SMITH, P.T.; SHANMUGAM, K.; MÜNCH, G.; WU, M.J.; SATYANARAYANAN, M.; VYSETTI, B. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected Chinese medicinal plants and their relation with antioxidant content. BMC Complement Altern. Med. 12:173.
- REGASSA, F.; ARAYA, M. 2012. *In vitro* antimicrobial activity of *Combretum molle* (Combretaceae) against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* isolated from crossbred dairy cows with clinical mastitis. Trop. Anim. Health. Prod. 44(6):1169-1173.

13. RODRÍGUEZ, G. 2006. Comportamiento de la mastitis bovina y su impacto económico en algunos hatos de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev Med Vet.* 12:35-45.
14. SANTOS, M.V.; MA, Y.; BARBANO, D.M. 2003. Effect of somatic cell count on proteolysis and lipolysis in pasteurized fluid milk during shelf-life storage. *J. Dairy Sci.* 86(8):2491-2503.
15. SEEGER, H.; FOURICHON, C.; BEAUDEAU, F. 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34(5):475-491.
16. SHAHNEH, F.; VALIYARI, S.; BARADARAN, B.; ABDOLALIZADEH, J.; BANDEHAGH, A.; AZADMEHR, A.; HAJIAGHAEI, R. 2013. Inhibitory and cytotoxic activities of *Salvia officinalis* L. extract on human lymphoma and leukemia cells by induction of apoptosis. *Adv. Pharm. Bull.* 3(1):51-55.
17. SHIVASHARAN, B.D.; NAGAKANNAN, P.; THIPESWAMY, B.S.; VEERAPUR, V.P. 2013. Protective effect of *Calendula officinalis* L. flowers against monosodium glutamate induced oxidative stress and excitotoxic brain damage in rats. *Indian. J. Clin. Biochem.* 28(3):292-298.
18. TANIDEH, N.; TAVAKOLI, P.; SAGHIRI, M.A.; GARCIA-GODOY, F.; AMANAT, D.; TADBIR, A.A.; SAMANI, S.M.; TAMADON, A. 2013. Healing acceleration in hamsters of oral mucositis induced by 5-fluorouracil with topical *Calendula officinalis*. *Oral. Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 115(3):332-338.
19. WEI, Z.; ZHOU, E.; GUO, C.; FU, Y.; YU, Y.; LI, Y.; YAO, M.; ZHANG, N.; YANG, Z. 2014. Thymol inhibits *Staphylococcus aureus* internalization into bovine mammary epithelial cells by inhibiting NF- $\kappa$ B activation. *Microb. Pathog.* Feb 28. [E-pub ahead of print].

Recibido: Agosto 28 de 2013

Aceptado: Abril 17 de 2014

#### Como citar:

Leal, M. 2014. Eficacia antibacteriana de extractos de plantas: aplicación clínica en mastitis bovina. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 179-187.



# INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE ORDEÑO SOBRE EL RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS (RCS) Y UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS (UFC) EN LECHE BUFALINA

## INFLUENCE OF MILKING PRACTICES ON SOMATIC CELL COUNT (SCC) AND COLONY FORMING UNITS (CFU) IN BUFFALO MILK

Sergio A. Morales Morales<sup>1</sup>, Nélide Rodríguez<sup>2</sup>, Juan Fernando Vásquez<sup>3</sup>, Martha Olivera Ángel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IAP. M.Sc (c). Ciencias Animales, Grupo CENTAURO, Universidad de Antioquia, Colombia, e-mail: sergiomorales80@yahoo.es; <sup>2</sup>MV, M.Sc, Ph.D. Docente e investigador, Grupo CENTAURO, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, e-mail: nelidarodriguez48@gmail.com; <sup>3</sup>MV, M.Sc, Investigador Grupo Biogénesis, Cooperativa Colanta, Medellín, Colombia, e-mail: jufevaca@gmail.com; <sup>4</sup>MV, Dr. Agr Sc. Docente e Investigador, Grupo Biogénesis, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, e-mail: syngamia@gmail.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 189-196, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Una adecuada rutina de ordeño tiene como fin disminuir el riesgo de contaminación de la leche. El presente trabajo indagó sobre los factores de riesgo que la práctica de ordeño puede tener sobre la calidad higiénica (UFC) y sanitaria (RCS) de leche bufalina, en tanques de leche del Magdalena Medio y costa Atlántica de Colombia. Para este propósito, se aplicó una lista de chequeo para sondear las actividades pre-ordeño, durante el ordeño y pos-ordeño, como posibles factores que influyen sobre los recuentos de UFC y RCS, en 23 hatos bufaleros. Se tomaron muestras de leche para medición de recuentos de bacterias, encontrando un promedio de  $182,6 \pm 295,4 \times 10^3$  UFC/mL y para RCS, un promedio de  $137,1 \pm 158,9 \times 10^3$  cs/mL. Como factores protectores para calidad higiénica, se detectaron: estado sanitario del piso, el lavado de ubre y pezones, la frecuencia de lavado de manos, duración de pre-sellado, secado de pre-sellado, uso de filtro desechable, ordeño de búfalas positivas a mastitis al final y enfriamiento a 4°C, en menos de 2 horas. Los factores de riesgo asociados a altos recuentos de UFC son: ausencia de lavado de manos OR 1,7 ( $p= 0,003$ ), ausencia de pre-sellado OR 1,07 ( $p= 0,003$ ), poco uso de filtro desechable en cantina y tiempo entre el ordeño y vaciado a tanque de frío OR 1,7 ( $p=0,003$ ); el factor de riesgo asociado a altos RCS es el material para secado de manos OR 1,04 ( $p= 0,002$ ).

Palabras clave: RCS, UFC, Búfalo, prácticas de ordeño.

### SUMMARY

The aim of an appropriate milking procedure is to reduce the risk of milk contamination. This work studied the risk factors in milking practices that affect the hygienic (CFU) and sanitary quality (SCC) of milk tanks from the "Mid Magdalena" and "Atlantic Coast" regions of Colombia. A checklist that explored pre-milking, milking and post-milking activities as possible factors influencing CFU and SCC in 23 buffalo farms was applied. On the day of the checklist survey, samples of cold milk in tank to test for bacteria counts were taken, finding an average of  $182.6 \pm 295.4 \times 10^3$  CFU/mL; also tested for SCC was tested and an average of  $137.1 \pm 158.9 \times 10^3$  sc/mL was found. As hygienic quality protective factors generating a low CFU count in bulk tank floor tidiness, udder and teat washing, hand washing frequency, duration of teat sealing, wiping of sealing dip, presence of filter in the milk container, the use of disposable filters, milking the buffalo cows positive for mastitis towards the end of the milking process and cooling the milk at 4°C in less than 2 hours after milking was identified. The risk factors associated with high CFU counts are the absence of hands washing with OR (Odds Ratio) 1.7 ( $p= 0,003$ ), teat sealing with OR 1.07 ( $p= 0,003$ ), use of disposable filter in milk container, and the period of time between milking and tank storage with OR 1.83 ( $p= 0.4$ ). The risk associated with high SCC's is material for hand drying with OR 1.04 ( $p= 0.002$ ).

Key words: SCC, CFU, Buffalo, milking practices.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la lechería bufalina, con un estimado de 170.000 cabezas (Patiño, 2011), representada por las razas Mediterránea, Murrah, Jafarabadi y sus cruces, se posiciona como una alternativa pecuaria promisoriosa, tanto a nivel de grandes como de medianos y pequeños productores ganaderos. En áreas tropicales y subtropicales, los búfalos tienen gran importancia, ubicando a Pakistán como el mayor productor de leche de búfala, a nivel mundial, con un aporte cerca del 60% de la producción (Cervantes *et al.* 2010). La leche de búfala contribuye con el 12,8% del total de la leche que se produce en el mundo, para consumo humano (FAO, 2010). En Colombia, la mayor concentración de ganaderías bufalinas se encuentran en el trópico bajo o zona cálida y húmeda, siendo las regiones del Magdalena Medio y la Costa Atlántica los mayores centros de acopio de leche por la industria láctea y representa la leche mejor pagada por litro \$ 0,78USD, en comparación con la leche de vaca \$0,5USD (COLANTA, 2012) y un promedio de 4,64Kg/búfala/día (Hurtado *et al.* 2005a), similar a lo reportado por Vásquez, (2005).

El Decreto 616 de 2006 describe la práctica de ordeño para las especies bovina, bufalina y caprina (artículo 6), las condiciones de conservación, el tratamiento de la leche y también los requisitos microbiológicos (artículo 19). Este decreto es además la reglamentación básica y guía para la certificación de las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG).

La calidad higiénica y sanitaria está determinada por factores de orden microbiológico, influenciados por la práctica de aseo, de desinfección y de higiene ambiental, al momento del ordeño (Hurtado *et al.* 2005b). Se acepta que la calidad higiénica medida en Unidades Formadoras de Colonias (UFC/ML) debe ser inferior a 100.000 UFC. La Resolución 000017/12 establece los rangos de bonificación y de sanción y los procesadores lácteos bonifican recuentos inferiores a 30.000 UFC/mL (Gaviria, 2007).

Este trabajo, se realizó para contribuir al conocimiento sobre la calidad higiénica y sanitaria de la leche de búfalas y los factores de riesgo y de protección al que es sometida la leche, en todas las fases de la rutina de ordeño.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Población de hatos Bufaleros:** Se analizaron 23 ordeños bufaleros, 14 ubicados en la Costa Atlántica y 9 en el Magdalena Medio, socios de la empresa Cooperativa Lechera de Antioquia (Colanta), con características, como tener un tanque de enfriamiento y seguimiento a la calidad higiénica y sanitaria disponible en la base de datos de la cooperativa. Se solicitó el consentimiento de los propietarios de los hatos y aval de la Asociación Colombiana de Bufalistas (ACB), como

respaldo y reconocimiento de la importancia de la investigación.

**Aplicación de lista de chequeo y toma de muestras:** La lista de chequeo fue diseñada teniendo como guía el artículo 6 del Decreto 616 de 2006. Se desarrollaron pruebas piloto en hatos bovinos (vacas y búfalas) para identificar y para corregir posibles errores en la estructura, el lenguaje y la búsqueda de información de la lista de chequeo, hasta lograr la versión definitiva.

Durante las visitas a los hatos, se realizaron, al menos, dos observaciones del ordeño de principio a fin, mientras se llenaba la lista de chequeo. Se tomaron muestras pareadas de leche en tanque, bajo las indicaciones reportadas por la Unidad de Diagnóstico del laboratorio de Calidad e Inocuidad de Leche Cruda de la Universidad de Antioquia (Toro, 2012).

Se utilizaron frascos estériles con conservante Azidol, para las muestras usadas en la determinación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC, con el bactoscan y con Bronopol, para las muestras dirigidas al Recuento de Células Somáticas, (RCS). Se depositaron las muestras en neveras con geles conservantes, para asegurar refrigeración de la muestra a 4°C, hasta la remisión a los laboratorios. Las muestras, tanto para UFC como para RCS, se enviaron al Laboratorio de calidad e inocuidad de la leche de la cooperativa acopiadora.

**Análisis de Laboratorio:** El análisis, se realizó mediante el uso de equipos con tecnología de citometría de flujo, Bactoscan para UFC y Combifoss para RCS, los cuales, están calibrados bajo metodologías internacionales de referencia AOAC 986.33, BS ISO 21187 (IDF 196, 2004), para bacterias mesófilas aerobias y la ISO 13366-1, 2008 (IDF 148-1, 2008), para células somáticas.

**Análisis estadístico:** Se realizó un análisis descriptivo para cada una de las variables contempladas en el estudio. Para determinar los factores de riesgo o protección de la rutina de ordeño que influyen sobre los recuentos de UFC y RCS, se efectuó el cálculo de riesgo relativo (OR) y los valores de  $p$  para cada una de las variables, para determinar el grado de asociación y se practicó una prueba de chi cuadrado de Pearson, con nivel de significancia de 95%, con el programa estadístico SPSS 18.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de la rutina de ordeño:** En la caracterización de la rutina de ordeño de los hatos bufaleros, se construyeron tablas de frecuencias con las variables indagadas en la lista de chequeo. Con el resultado de las tablas de frecuencias, de la estimación de riesgo con OR, de las observaciones hechas en el trabajo de campo y teniendo en cuenta la

caracterización realizada por Ramón *et al.* (2011) y Posada *et al.* (2010), se diseñaron diagramas de flujo de las prácticas pre-ordeño, del proceso de aseo del ordeñador, de las activi-

dades durante y post-ordeño y de la disposición de la leche post-ordeño en los hatos visitados (Figuras 1, 2, 3 y 4).

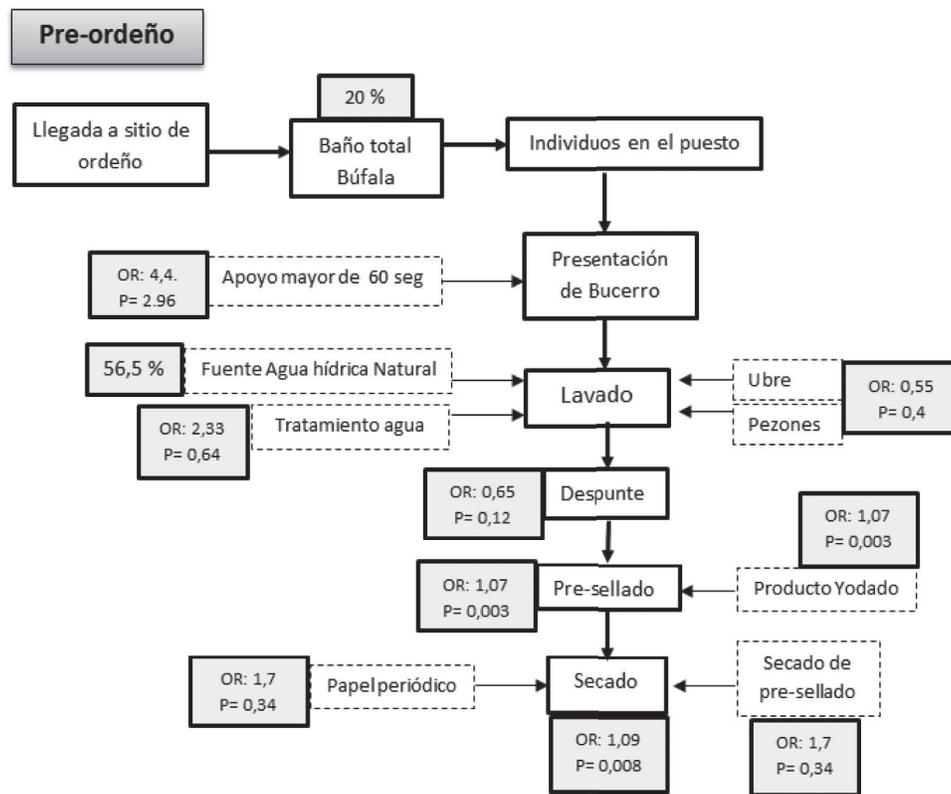


Figura 1. Flujograma de las prácticas pre- ordeño, en hatos bufaleros del Magdalena Medio y Costa Atlántica colombiana. Los cuadros de color blanco representan la fase de la rutina de ordeño; los cuadros punteados son características de cada fase; los cuadros color gris representan el OR y valor de p en UFC o el porcentaje del indicador en el total de los hatos evaluados.

### Aseo ordeñador

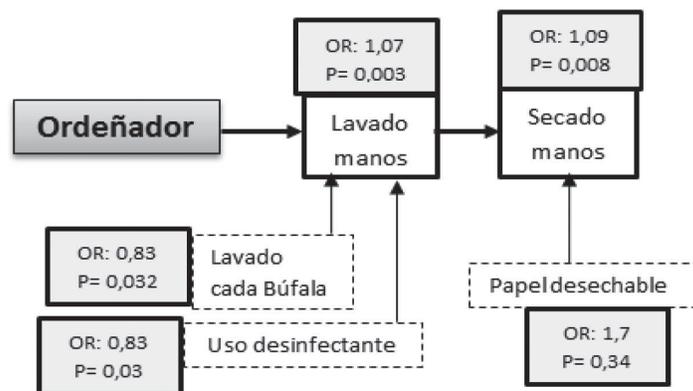


Figura 2. Flujograma del proceso de aseo del ordeñador, en hatos bufaleros del Magdalena Medio y Costa Atlántica colombiana. El cuadro color blanco representa la fase de la rutina de ordeño; el cuadro punteado son características de cada fase; los cuadros pequeños en color gris representan el OR y valor de p en UFC o el porcentaje del indicador en el total de los hatos evaluados.

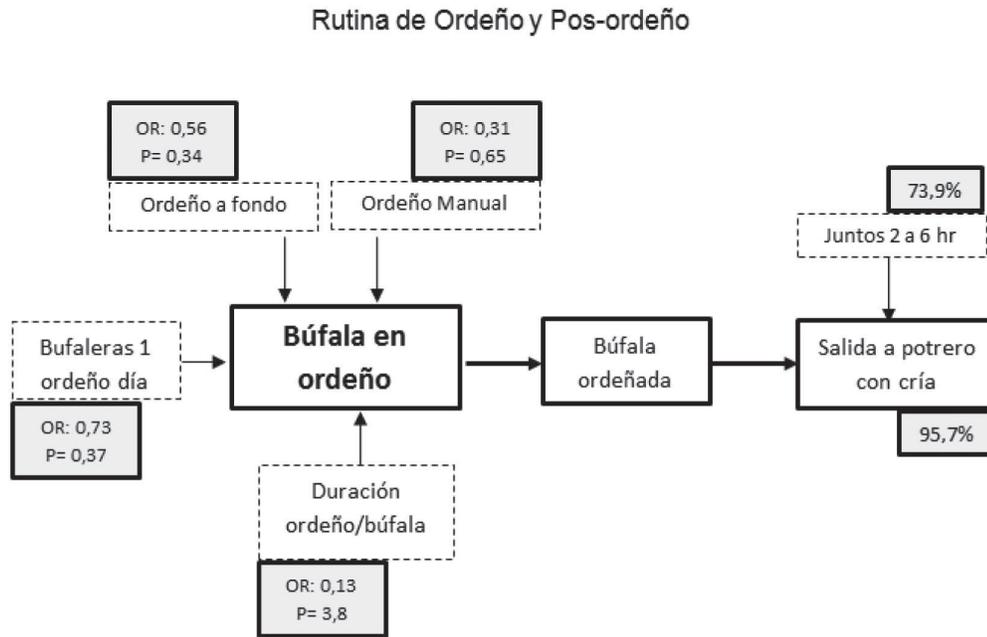


Figura 3. Flujograma de la rutina durante y después del ordeño, en hatos bufaleros del Magdalena Medio y Costa Atlántica colombiana. El cuadro color blanco representa la fase de la rutina de ordeño; el cuadro punteado son características de cada fase; los cuadros pequeños en color gris representan el OR y valor de p en UFC o el porcentaje del indicador en el total de los hatos evaluados.

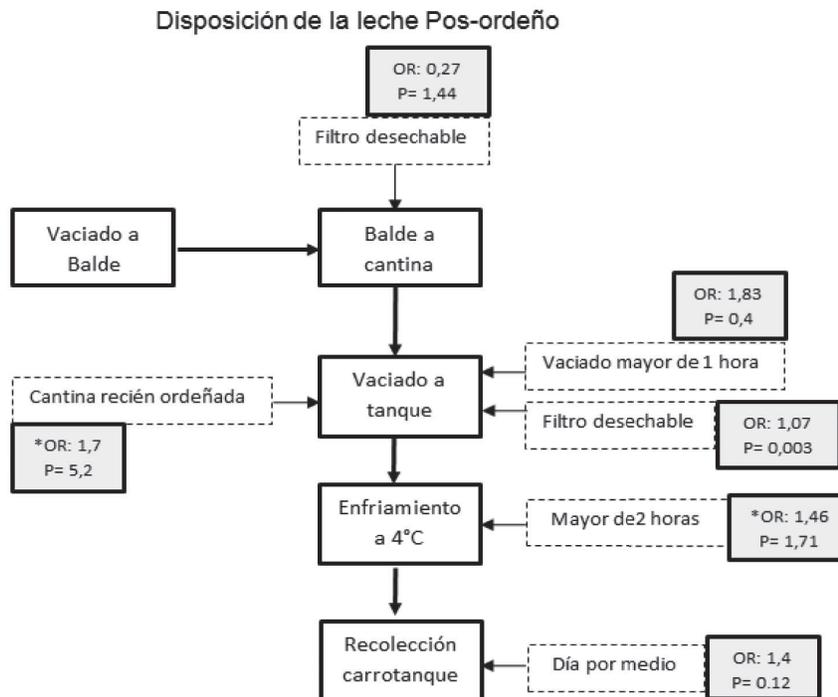


Figura 4. Flujograma del proceso de disposición de la leche, en hatos bufaleros del Magdalena Medio y Costa Atlántica colombiana. El cuadro color blanco representa la fase de la rutina de ordeño; el cuadro punteado son características de cada fase; los cuadros pequeños en color gris representan el OR y valor de p en UFC o el porcentaje del indicador en el total de los hatos evaluados.

\*Indica el valor de OR, como factor de protección, a bajos recuentos de UFC.

**Calidad higiénica y sanitaria:** Del análisis de bases de datos de la industria láctea para las primeras 21 semanas (enero-mayo) de 2013, los hatos en el Magdalena Medio presentan un promedio de  $310,0 \pm 301,35 \times 10^3$  UFC/mL y un promedio de RCS  $162,7 \pm 36,5 \times 10^3$ sc/mL. Para la Costa Atlántica, el promedio de UFC fue de  $97,4 \pm 189,17 \times 10^3$ UFC/ml y en RCS  $119,6 \pm 37,94 \times 10^3$ cs/mL. Resultados no muy distantes de los encontrados en el estudio.

**Análisis de las bufaleras:** El resultado de calidad higiénica de leche en tanque presenta una mediana de  $42 \times 10^3$  UFC/ml (comprendida en un rango de 3 a  $1351 \times 10^3$  UFC/mL), valor que se encuentra en el rango de bonificación, de acuerdo a la Resolución N° 000017 de 2012, del Ministerio de Agricultura.

La calidad sanitaria, se bonifica de forma voluntaria, por lo tanto, se consideró el rango que ofrece la cooperativa que es

sobre recuentos menores de 200.000 cs/ml (para la Resolución 000017 de 2012 las bonificaciones de RCS son voluntarias y discrecionales de la empresa); se obtuvo una mediana de  $69 \times 10^3$  cs/mL (comprendida en un rango de 12 a  $585 \times 10^3$  cs/mL), resultados, en los cuales, reciben bonificación por calidad.

Con respecto a la asociación de los altos recuentos de UFC y RCS a las prácticas de ordeño, se demostró que un 30,4% de los hatos presentan altos recuentos (superiores a 300.000 UFC/mL y 200.000 cs/mL).

Los factores de riesgo (OR) fueron calculados para identificar los pasos en la rutina de ordeño que influyen sobre la calidad higiénica y sanitaria de la leche, además factores protectores que permiten disminuir el riesgo en las tres fases del ordeño analizadas, presentados en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Factores de riesgo asociados a altos recuentos de Unidades Formadoras de Colonias (UFC), en ordeño de búfalas.

Indicador	OR	Valor de p	95% IC
Ausencia tratamiento de agua	2,33	0,64	0,28-19,17
Falta de lavado de manos	1,7	0,003	0,09-12,8
Falta de secado de manos	1,09	0,008	0,15-7,8
Material para secado de manos	1,07	0,34	0,25-12,45
Ausencia de Pre-sellado	1,07	0,003	0,9-12,8
Ausencia de filtrado en tanque	1,07	0,003	0,9-12,8
Tiempo entre ordeño y vaciado a tanque	1,83	0,4	0,28-12,07
Frecuencia de recolección de leche	1,4	0,12	0,19-9,87
Frecuencia lavado y desinfección de tanque	1,4	0,12	0,19-9,87

Tabla 2. Factores de riesgo asociados a altos recuentos en Células Somáticas (RCS), en ordeño de búfalas.

Indicador	OR	Valor de p	95% IC
Ausencia tratamiento de agua	1,73	0,28	0,22-13,67
Ausencia de vigilancia rutinaria de mastitis (CMT)	2,93	1,37	0,47-18,33
Fuente de agua para lavado	1,47	0,46	0,1-1,95
Material para secado de manos	1,04	0,002	0,17-6,23
Frecuencia de lavado de manos	3,6	1,24	0,35-37,6
Ausencia de despunte	1,73	0,28	0,22-13,67
Permanencia búfala-cría mayor de 6 horas	2	0,33	0,18-22
Ausencia de tratamiento de secado	3,67	2,39	0,19-9,87
Tiempo entre ordeño y enfriamiento a $4^{\circ}\text{C} > 2$ horas	1,58	2,11	0,19-9,87

Los resultados analizados a la calidad de la leche que se produce en las bufaleras estudiadas son, en general, excelentes y susceptibles de bonificación. Si en cada una de ellas implementan en la rutina de ordeño aquellos pasos que les hacen falta y que se encontraron como factores de riesgo o mejoran sus procesos de control en sanidad, es posible que obtengan un mayor incremento en las bonificaciones.

Los recuentos de células somáticas podrían indicar que, aparentemente, las búfalas sufren menos mastitis que las vacas lecheras, cuando se comparan los promedios de la zona 137.100 cs/mL y 373.000 cs/mL (Vásquez *et al.* 2012), respectivamente.

Estudios previos en búfalos han reportado altos incrementos en el recuento de células somáticas en leche, debido a infecciones en la glándula mamaria, que desencadenan en mastitis (Sharif *et al.* 2007). La clasificación de afectación de la ubre, tomando como guía los conteos de células somáticas, han permitido establecer rangos de pérdida de producción de leche y pérdidas económicas en vacas (Hernández & Bedolla, 2008), que hacen importante la vigilancia de este indicador en búfalas. Syed *et al.* (2009) mencionan que conteos menores a 250.000 células/mL en leche de búfala son considerados como glándula mamaria sana, lo mismo Guha *et al.* (2012), cuando hace referencia a la organización internacional National Mastitis Council, que define que la mastitis subclínica se presenta cuando hay RCS iguales o superiores a 200.000 cell/mL y se considera leche normal a conteos alrededor de 100.000 cell/mL, al igual que lo referencia Dhakal (2006).

En Colombia, la resolución 000017/2012 deja a consideración de la industria la bonificación y la estimación de rangos de RCS, los cuales, oscilan entre 0 a <200.000, 200.001 a < 400.000 cell/mL y mayores a este valor no se bonificaría la leche. Para el trabajo fueron considerados estos rangos, de forma tal que los resultados puedan servir como guía a productores e industria. Según Vásquez *et al.* (2012), en Colombia, los menores RCS han sido encontrados en la región de trópico bajo, Planeta Rica (Córdoba), región donde se concentran una gran cantidad de empresas bufaleras.

Según Santana & Uribe (2009), para reducir las UFC, se deben vigilar las normas de higiene en todas las acciones del ordeño, recomendación que se corrobora con los resultados encontrados en el trabajo, por tanto, se sugiere tener en cuenta los diagramas de flujo de la rutina de ordeño. Se logra una mejor calidad microbiológica evitando la contaminación con gérmenes ambientales y fecales, al procurar la ausencia de enlodamiento (Navarro *et al.* 2011), aunque los recuentos bacterianos encontrados son muy bajos en los ordeños manuales de búfalas, tal como lo reporta Briñez *et al.* (2000).

Del análisis de la información resultante, la identificación de actividades en las tres fases de la rutina de ordeño permitió un seguimiento secuencial de aseo, uso de insumos y manipulación de la leche.

El acompañamiento del bucerro, como estímulo para la producción-descenso de la leche, suprime el despunte, en el 78,3% de los ordeños y el pre-sellado, en 17,4% (observado y consignado en la lista de chequeo). El ordeñador no debe omitir el lavado de pezones, el despunte y el pre-sellado en la rutina de ordeño, bajo la creencia de que el bucerro, luego de mamar, deja limpio el pezón; en este trabajo, se detectó que esta omisión representa un factor de riesgo para la presencia de altos conteos de UFC.

El 91,3% de los ordeños evaluados en el estudio son de tipo manual. Bajos estas condiciones, las acciones de manipulación de la leche y el tiempo que se tardan para su almacenamiento en tanque, se elevan. Sumado a esto, la exposición a factores locativos (distancia entre lugar de ordeño y cuarto tanque), transporte de cantinas a mitad-final del ordeño y temperatura ambiental alta, mantienen un óptimo rango para mesófilos (Posada *et al.* 2010) y aumentan el riesgo de afectar la calidad final del producto. Por tanto, se debe disminuir el tiempo transcurrido entre el ordeño, el transporte de las cantinas hasta el almacenamiento y la conservación en tanque.

En cuanto a la calidad higiénica, los recuentos bacterianos encontrados están muy cerca del límite de calidad bonificable y la desviación estándar permite evidenciar recuentos superiores al promedio, los cuales, de acuerdo a la normatividad vigente, debe recibir sanción.

La calidad sanitaria analizada, luego de la aplicación de la lista de chequeo y en la base de datos, evidencian niveles deseables de RCS, inferiores a 200.000 cs/mL, pero algunos datos superaron este rango, lo que permite deducir que los programas de control, como la vigilancia rutinaria de mastitis (CMT), la cual, es efectuada sólo por el 39,1% de los ordeños y debe ser indiscutiblemente parte de la práctica de ordeño y merecedora de investigación, sobre los factores que la modifican o alteran.

Los promedios generales de UFC y RCS encontrados en leche de tanques de enfriamiento indican que la leche de búfala evaluada es de buena calidad. Estos valores están cercanos a los límites de bonificación de calidad. Aunque esta leche es acopiada por la industria láctea para el consumo humano, la identificación de aquellas actividades o factores de riesgo en la rutina de ordeño, se permitiría que su calidad mejorara aún más, con la implementación de las buenas prácticas de producción de leche (Correa, 2005) y el aumento del nivel de formación de los ordeñadores, tal como lo

indican Ng *et al* (2010).

De los resultados presentados, se concluye que para mantener bajos conteos de UFC, los ordeños evaluados deben estimular el lavado y el secado de las manos del ordeñador, realizar el pre-sellado, usar filtro en los tanques (acciones que se presentan como factores de riesgo con  $p < 0,05$ ), además, de acortar el tiempo entre el ordeño y el vaciado de la leche en el tanque, garantizar la recolección frecuente de la leche por el carro-tanque e instaurar un programa de lavado y de desinfección frecuente del tanque de enfriamiento. Estas medidas higiénicas son indispensables, debido a las características de esta especie a revolcarse en lodazales y charcas (Hernández & Espinosa, 2005).

Para obtener bajos RCS, los ordeños se deben incluir en la rutina de ordeño la vigilancia de mastitis mediante CMT, vigilar el material con el que se realiza el secado de las manos del ordeñador, incluir el despunte, usar filtro en los tanques, garantizar la permanencia del bucerro con la búfala no más de 6 horas y realizar el tratamiento de secado.

**Agradecimiento:** Agradecimientos a la Estrategia de sostenibilidad 2013-2014 de la Universidad de Antioquia, al laboratorio de calidad e inocuidad de leche de la Facultad de Ciencias Agrarias y a COLANTA, por el apoyo a este trabajo.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados

## BIBLIOGRAFÍA

- BRÍÑEZ, W.; MORELO, E.; VILLALOBOS, C.; MONTIEL, N.; VALBUENA, E.; CASTRO, G.; URDANETA, S. 2000. Parámetros de calidad y géneros bacterianos más frecuentes en leche cruda de Búfala en el municipio de Mara, estado de Zulia. *Rev. Científica, FCV-LUZ*. 10(4):346-352. Disponible desde Internet en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/27392> (con acceso 18/03/2012).
- CERVANTES, E.; ESPITIA, A.; PRIETO, E. 2010. Viabilidad de los sistemas bufalinos en Colombia. *Rev. Col. Cienc. Anim.* 2(1). Disponible desde Internet en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3268865.pdf>. (con acceso 18/03/2012).
- COLANTA. 2012. Mejores pagos de leche semana 17. *Rev. ECOLANTA (Colombia)*. 245 mar-abr. p.35.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RÚRAL. Resolución 000017 de 2012.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto Número 616 de 2006.
- CORREA, H. 2005. Código de buenas prácticas de producción de leche para Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Disponible desde Internet en: <http://www.slideshare.net/JuanDavid28/codigo-colombiano-de-buenas-practicas-de-manejo-en-el-ordeo> (con acceso 23/03/2012).
- DHAKAL, IP. 2006. Normal somatic cell count and sub-clinical mastitis in murrh buffaloes. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health (Berlin)*. 53(2):81-86. Disponible desde Internet en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16626405> (con acceso 23/03/2013).
- FAO. 2010. FAOSTAT. Agriculture Database. FAO (Roma). Disponible desde Internet en: <http://faostat.fao.org/DesktopModules/Admin/Logon.aspx?tabID=0> (con acceso 18/03/2012).
- GAVIRIA, B. 2007. Calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda. Sección 3, calidad composicional, higiénica y sanitaria: capítulo 11. Ed. Biogénesis, Universidad de Antioquia. p.115-122.
- GUHA, A.; GUHA, R.; GERA, S. 2012. Comparison of somatic cell count, California mastitis test, chloride test and rennet coagulation time with bacterial culture examination to detect subclinical mastitis in riverine buffalo (*Bubalus bubalis*). *Afr. J. Agric. Res.* 7(41):5578-5584. Disponible desde Internet en: [http://www.academicjournals.org/article/article1380907431\\_Guha%20et%20al.pdf](http://www.academicjournals.org/article/article1380907431_Guha%20et%20al.pdf) (con acceso 19/06/2013).
- HERNÁNDEZ, R.; BEDOLLA, J. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *Rev. REDVET. (España)*. 9(9):1-34. Disponible desde Internet en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf> (con acceso 07/04/2012).
- HERNÁNDEZ, R.; ESPINOSA, Y. 2005. Ordeño de las búfalas: manejo, rutina y consideraciones prácticas. *Rev. ACPA (Cuba)*. (1):16-17
- HURTADO, N.; CERÓN, M.F.; TONHATI, H.; GUTIÉRREZ, A.; HENAO, A. 2005a. Producción de leche en Búfalas de la Costa Atlántica Colombiana. *Livest. Res. Rural. Dev. Online (Colombia)*. 17(12).
- HURTADO, N.A.; CERÓN, M.F.; LOPERA, M.I.; BERNAL, A.; CIFUENTES, T. 2005b. Determinación de

- parámetros físico-químicos de leche bufalina en un sistema de producción orgánica. *Livest. Res. Rural. Dev.* 17(1).
15. ISO 21187, IDF 196. 2004. Milk Quantitative determination of bacteriological quality. Guidance for establishing and verifying a conversion relationship between routine method results and anchor method results. ISO (Switzerland).
  16. NAVARRO, J.M.; NOVOA, R.M.; CASANOVAS, E. 2011. Evaluación de parámetros de calidad de la leche bufalina al final de la lactancia en la provincia de Cienfuegos. *Rev. REDVET. (España)*. 12(6):1-10. Disponible desde Internet en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63622160007> (con acceso 22/06/2013).
  17. NG, L.; JOST, C.; ROBYN, M.; DHAKAL, I.; BETT, B.; DHAKAL, IP; KHADKHA, R. 2010. Impact of livestock hygiene education programs on mastitis in smallholder water Buffalo (*Bubalus bubalis*) in Chitwan, Nepal. *Prev. Vet. Med. (Netherlands)*. 96(3-4):179-185.
  18. PATIÑO, E. 2011. Producción y calidad de la leche bufalina. *Rev. Tec en Marcha (Costa Rica)*. 24(5): 25-35.
  19. POSADA, S.; LOAIZA, E.T.; RESTREPO, J.E.; OLIVERA, M. 2010. Caracterización del ordeño manual e identificación de puntos críticos de control para la calidad higiénica de la leche en una finca lechera del norte de Antioquia. *Rev. Lasallista Investig. (Colombia)*. 7(2):35-46.
  20. RAMÓN, J.N.; RESTREPO, J.E.; RUIZ, Z.T.; OLIVERA, M. 2011. Detección de riesgos de contaminación con microbios ambientales en un sistema de ordeño mecánico de un hato lechero del norte de Antioquia. *Rev. Lasallista Investig. (Colombia)*. 8(1):7-15.
  21. SANTANA, R.; URIBE, C. 2009. Rutina de ordeña y calidad higiénica de la leche. *Boletín Inia*. (148):1-8. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Disponible desde Internet en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33845.pdf> fecha de consulta 07/04/2012 (con acceso 07/04/2012).
  22. SHARIF, A.; AHMAD, T.; BILAL, M.Q.; YOUSAF, A.; MUHAMMAD, G. 2007. Effect of severity of sub-clinical mastitis on somatic cell count and lactose contents of buffalo milk. *Pak. Vet. J.* 27(3):142-144.
  23. SYED, A.M.; DIGRASKAR, S.U.; AWAZ, K.B. 2009. Evaluation of buffalo milk with reference to somatic cell count and antitrypsin. *Vet. World. (India)*. 2(7):267-268.
  24. TORO, C. 2012. Protocolo de toma de muestras de leche: laboratorio de calidad e inocuidad de leche cruda. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Colombia. Disponible desde Internet en: <http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bibliotecaSedesDependencias/unidadesAcademicas/FacultadCienciasAgrarias/BibliotecaDiseno/Archivos/DocsVarios/TomaMuestrasLeche.pdf> (con acceso 04/03/2013).
  25. VÁSQUEZ, J.F.; LOAIZA, E.T.; OLIVERA, M. 2012. Calidad higiénica de leche cruda acopiada en diferentes regiones Colombianas. *ORINOQUIA (Colombia)*. 16(2):13-23.
  26. VÁSQUEZ, J.F. 2005. Caracterización de la explotación del búfalo (*Bubalus bubalis*) en Colombia. Parte II. *Despertar Lechero (Colombia)*. 24:54-68.

Recibido: Octubre 17 de 2013

Aceptado: Enero 29 de 2014

#### Como citar:

Morales Morales, S.A.; Rodríguez, N.; Vásquez, J.F.; Olivera Ángel, M. 2014. Influencia de la práctica de ordeño sobre el recuento de células somáticas (RCS) y unidades formadoras de colonias (UFC) en leche bufalina. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 189-196.

# COMPARACIÓN DEL PERFIL TIROIDEO EN EL GATO DOMÉSTICO POR GÉNERO Y EDAD

## COMPARISON OF THYROID PROFILE IN DOMESTIC CAT BY GENDER

José Henry Osorio<sup>1,4</sup>, Stefania Matheus<sup>2</sup>, Jorge Enrique Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia), e-mail: jose.osorio\_o@ucaldas.edu.co; <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia), e-mail: stefymatheus@hotmail.com; <sup>3</sup> Laboratorio de Microbiología, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia), e-mail: labmicro@ucaldas.edu.co; Universidad de Manizales. Carrera 9 No 19-03, Manizales (Colombia).

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 197-203, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Los niveles séricos de las hormonas tiroideas en el felino doméstico, se analizan para determinar cuál es el rango normal en la especie y para poder identificar si existe o no una posible alteración, ya sea a nivel de la glándula tiroidea o a nivel hipofisiario, que resulte en una concentración alta o baja de las mismas. La presente investigación tuvo como objetivo comparar y analizar la correlación entre las concentraciones tiroideas séricas de cuatro grupos de felinos criollos o sus cruces (hembras jóvenes Vs machos jóvenes; hembras adultas Vs machos adultos; hembras jóvenes Vs hembras adultas; machos jóvenes Vs machos adultos). Se obtuvieron 92 muestras sanguíneas de gatos en estado de ayuno, diferenciados por género y edad (46 gatos menores de un año: 21 hembras y 25 machos y 46 gatos mayores de un año: 21 hembras y 25 machos). Se determinaron los niveles de hormona estimuladora de tiroides (TSH) y tetrayodotironina libre (T4L), mediante inmunoensayo enzimático. Para el grupo de los felinos jóvenes, se encontró diferencia estadísticamente significativa en la variable T4L, con P-valor inferior a 0,05 (0,01), con una confianza del 95%; de igual forma, en el grupo de hembras, se halló una diferencia estadísticamente significativa en esta misma variable, con un P-valor inferior a 0,05 (0,03). Los resultados mostrados por las hembras jóvenes sugieren menores concentraciones del perfil tiroideo con respecto a los machos jóvenes y menores concentraciones, en comparación con hembras adultas

Palabras clave: Felinos, tiroides, hormonas.

### SUMMARY

Serum levels of thyroid hormones in cats are analyzed to determine the normal range in the species, and, for identifying a possible alteration either at the level of the thyroid gland or pituitary level, resulting in a high or low concentration of them. The objective of the present research was to compare and analyze the correlation between serum thyroid concentrations of four groups native-born cats or their crosses (females young vs. males young, adult females vs. adult males, females young vs. adult females, males young vs. adult males). Samples from 96 cats in the fasting state, differentiated by gender and age (46 cats under one year: 21 females and 25 males and 46 cats over one year: 21 females and 25 males) were obtained, and the levels of thyroid releasing hormone (TSH) and free tetraiodothyronine (T4L) were measured by enzymatic immunoassay. For the group of young cats statistically significant difference was found in the T4L variable with P value less than 0.05 (0.01) for a confidence of 95%, just as in group of females was found a statistically significant difference in this same variable with a P value less than 0.05 (0.03). The results shown by young females suggests high concentrations of thyroid profile with respect to young males and lower concentrations compared to adult females

Key words: Feline, thyroid, hormones.

### INTRODUCCIÓN

Las hormonas tiroideas son los factores principales en el control del metabolismo basal, que interactúan con el núcleo de las células e inician la transcripción de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) (Cunningham & Klein, 2009).

La función de estas hormonas es aumentar el consumo de oxígeno de los tejidos (Gunn-Moore, 2005).

Las hormonas tiroideas tienen una influencia profunda en el balance energético. La Triyodotironina (T3) incrementa la tasa del metabolismo basal y ha sido propuesta como reguladora de las proteínas ligadoras, al actuar sobre los genes de estas proteínas, involucradas en los procesos de oxidoreducción mitocondrial y de disipación de calor (Zaninovich, 2001; Matamoros *et al.* 2002; Cunningham & Klein, 2009). Estas proteínas, se encuentran involucradas en la producción de energía por medio de calor, facilitando la disipación de protones, a través del gradiente electroquímico de la membrana mitocondrial, sin necesidad de ligarse a otro proceso que consuma energía (Birchard, 2006).

Las hormonas tiroideas juegan un papel crucial en el desarrollo y en el funcionamiento fisiológico del sistema nervioso central (Rudas *et al.* 2003); cuando ocurre una alteración en los niveles de estas hormonas, se producen defectos en la mielinización, migración y diferenciación neuronal, lo cual, se ve reflejado en un retraso mental y problemas neurológicos de carácter irreversible (Kratzsch & Pulzer, 2008). De igual forma, se sabe que las hormonas tiroideas regulan la acción de la calcitonina que, junto con la paratohormona, mantienen la homeostasis del calcio y controlan su depósito y absorción a nivel del hueso, así como su excreción a nivel renal y su absorción en el tracto digestivo (Schenck, 2007); es por eso, que animales con alteración en las hormonas tiroideas pueden presentar defectos en la formación ósea, aumentando, por ende, el número de fracturas y de lesiones a nivel del sistema locomotor (Archer & Taylor, 1996; De Wet *et al.* 2009).

Cuando hay un exceso de hormonas tiroideas en los felinos (hipertiroidismo), caracterizado por una producción excesiva y secreción crónica de T4 y T3, ocurre una disminución de la condición corporal en un periodo de tiempo relativamente corto, al mismo tiempo, que aumenta el consumo de alimento, observándose un comportamiento anormal (hiperactividad), al igual que aumento de la glándula tiroidea (Bocio) (Peter *et al.* 1987; Lien *et al.* 2008; Mori *et al.* 2008; Boretti *et al.* 2009); también, se ha documentado enfermedades cardiovasculares, hepáticas y hematológicas, así como infecciones del tracto urinario (ITU) e insuficiencia renal crónica en gatos viejos, debido, posiblemente, a un aumento del flujo sanguíneo renal (Adams *et al.* 1997; Kaplan, 2002; Langston & Reine, 2006; Mayer-Roenne *et al.* 2007). Cuando se sospecha de esta patología, el diagnóstico consiste, primero, en la medición de hormonas tiroideas en suero, principalmente, T4L y TSH (Nelson & Couto, 2000; Shiel & Mooney, 2007). Estudios recientes sugieren que los felinos que prefieren comer enlatados comerciales para gatos presentan significativamente mayor riesgo de padecer hipertiroidismo (Martin *et al.* 2000; Edinboro *et al.* 2004).

De igual forma, cuando ocurre una deficiencia de hormonas tiroideas (hipotiroidismo), se observa retraso mental y de crecimiento, con desproporción corporal en relación a la cabeza y letargia marcada (Schaer, 2003). Es común relacionar la obesidad con el hipotiroidismo, pero según estudios realizados, se debe relacionar es con el aumento de leptina que causa obesidad (Ferguson *et al.* 2007). Esta alteración, se produce principalmente a temprana edad y su diagnóstico debe ser de carácter prematuro, ya que la tasa de mortalidad en los gatos que padecen esta enfermedad es muy elevada (Peterson & Ward, 2007).

Debido a que los trastornos de la tiroides son una causa importante de morbilidad en gatos, principalmente geriátricos y que existen factores que afectan las concentraciones basales de las hormonas tiroideas, como edad, raza, temperatura ambiental, estado nutricional y salud, es necesario conocer los valores de referencias de las hormonas tiroideas, para así poder realizar un diagnóstico preciso y, de esta manera, llevar a cabo un tratamiento adecuado. Dado que existe poca literatura que compare las variables sexo y edad, el objetivo del presente trabajo fue cotejar y analizar la correlación entre las concentraciones tiroideas séricas de cuatro grupos de gatos criollos o sus cruces.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de sangre de 92 felinos domésticos criollos o cruzados en el departamento de Caldas, Colombia, en estado de ayuno, diferenciados por género y edad: 46 gatos menores de un año: 21 hembras y 25 machos y 46 gatos mayores de un año: 21 hembras y 25 machos. Los animales consumían una dieta a base de alimento balanceado. El tamaño de las muestras fue determinado mediante un cálculo de poblaciones finitas, utilizando el Raosoft Simple Size Calculator (Raosoft, 2004). La toma de las muestras de sangre, se realizó en las horas de la mañana, mediante venopunción en la yugular; se refrigeraron las muestras, mientras se llevaban al laboratorio; luego, se centrifugaron a 3500 rpm en una centrífuga (Thermo de serie IEC CL31 Multispeed), durante 15 minutos; posteriormente, fue extraído el suero, que se conservó a -30°C, hasta su análisis. Para la determinación del T4 libre, se utilizó la prueba de Inmunoensayo enzimático competitivo ELISA de la casa comercial Accubind T4L, Monobind Inc®; brevemente, los sueros fueron colocados en contacto con una fase sólida, que contenía anticuerpos contra la T4, a la cual, se le agregó el conjugado compuesto por T4 libre unido a peroxidasa de rábano (HRP); luego de una hora de incubación a temperatura ambiente, se hizo un lavado para liberar aquellas moléculas no unidas y se agregó el substrato formado por una mezcla de tetrametil bencidina (TMB) y peróxido de hidrógeno disuelto en buffer de acetato, con una incubación de 15 minutos, tiempo, al cabo del cual, se detuvo la reacción al agregarle una solución de áci-

do clorhídrico 1N (Nelson & Wilcox, 1996; Midgeley, 2001). La lectura se hizo en un equipo lector de microelisas (Titertek multiscan™), a una absorbancia de 450nm; las absorbancias obtenidas de los estándares se graficaron junto con las concentraciones y de la curva de calibración se obtuvieron las concentraciones de T4 libre, de las respectivas muestras.

Para la determinación de los niveles de TSH (Hormona estimulante del Tiroides), se utilizó una prueba de Inmunoensayo enzimático colorimétrico ELISA tipo sandwich, utilizada para la cuantificación del TSH de origen humano (Accubind TSH-Monobind Inc ®). A una placa de 96 pozos que tenía unidos anticuerpos monoclonales contra la TSH en una interacción estreptavidina-biotina, se le agregó una alícuota de suero obtenido de los felinos y una alícuota de conjugado compuesta de un anticuerpo policlonal (de cabra purificado y IgG de ratón monoclonal marcado con biotina de buffer) contra la TSH, unido a la peroxidasa de rábano; se incubó dos horas a temperatura ambiente, tiempo, al cabo del cual, se lavó la placa con una solución de fosfatos, para eliminar todas aquellas moléculas no unidas y se agregó el sustrato formado por una mezcla de tetrametil bencidina (TMB) y de peróxido de hidrógeno; gracias a la presencia de la enzima en el complejo inmune, previamente formado, se produjo la generación de oxígeno a partir de peróxido de hidrógeno, el cual, al actuar sobre la tetrametil bencidina generó un cambio de color, cuya intensidad es proporcional a la concentración de la hormona; para detener la reacción enzimática luego de un periodo de incubación de 15 minutos, se agregó ácido clorhídrico 1N (Hopton & Harrap, 1986) y, posteriormente, se procedió a hacer la lectura en un fotómetro lector de microelisas (Titertek multiscan™), a una longitud de onda de 450nm. Los resultados obtenidos de los estándares se graficaron frente a sus concentraciones, generándose una curva de calibración, en la cual, se pudieron obtener las concentraciones de cada uno de los sueros probados.

Se establecieron cuatro grupos, de acuerdo con el género y la edad, de la siguiente manera: hembras jóvenes Vs hembras adultas; machos jóvenes Vs machos adultos; hembras jóvenes Vs machos jóvenes; hembras adultas Vs machos adultos.

Para realizar el análisis de los resultados, se empleó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.1, mediante el StatAdvisor, procedimiento que realizó un análisis de la varianza simple, realizando varios test y gráficos para comparar los valores de promedio, varianza, desviación estándar y el rango mínimo y máximo para cada una de las siguientes variables: TSH y T4L, en cada uno de los cuatro grupos. El F-test en la tabla de ANOVA simple, comprobó la existencia o no de diferencias significativas entre las medias. Para todas las inferencias, se estipularon  $\alpha = 5\%$ , por debajo del cual se rechazó la hipótesis nula de igualdad entre grupos. La probabilidad fi-

ducial, se evaluó por intervalos de confianza ( $IC \pm 95\%$ ). Las estadísticas paramétricas incluyen estimadores de tendencia central (media aritmética) y dispersión (desviación estándar).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de forma general de la media y desviación estándar expresados en  $\mu\text{UI/mL}$  para TSH fue de 0,07 y 0,35, respectivamente y para T4L (ng/dL) fue de 1,19 y 0,43, respectivamente. Los niveles reportados de las dos variables medidas para cada grupo, se encuentran en las tablas 1, 2, 3 y 4. Los valores de T4L están entre los rangos obtenidos por otros estudios (Peterson *et al.* 1994; Melián-Limiñana, 1999); sin embargo, no se encuentran reportes de los niveles de TSH en gatos, ya que no existe hoy en día una prueba comercial específica para la TSH felina; no obstante, estudios recientes han demostrado que la TSH canina puede ser útil en el diagnóstico de hipotiroidismo como hipertiroidismo felino, ya que si los valores de TSH son detectables o están dentro de la normalidad, el gato no es enfermo (Deborah & Greco, 2006; Shiel & Mooney, 2007).

Al hacer las comparaciones entre los cuatro grupos (hembras adultas frente a machos adultos, hembras jóvenes frente a machos jóvenes, machos jóvenes frente a machos adultos y hembras jóvenes frente a hembras adultas) con los diferentes datos, se encontró que para TSH no existe diferencia significativa en ninguno de los grupos, puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05 (Tabla 1, 2, 3, 4). No fue hallado otro artículo o reporte donde se compare y correlacionen los niveles de TSH en gatos, con los factores de sexo y edad.

Para T4L, se encontró que existen diferencias entre el grupo de hembras jóvenes Vs hembras adultas (Tabla 4), con un nivel de confianza del 95,0%, ya que el p-valor del test F es inferior a 0,05 ( $p = 0,03$ ), siendo más alto en hembras adultas; de igual forma, el estudio revela que entre hembras jóvenes Vs machos jóvenes hay diferencia estadística significativa con un nivel de confianza del 95,0%, ( $p = 0,01$ ), donde las hembras jóvenes tienden a presentar niveles superiores de T4L que los machos jóvenes (Tabla 2).

Las anteriores comparaciones tampoco han sido citadas en otras investigaciones, puesto que los reportes expuestos se basan en otros factores, como son comparaciones de gatos sanos con gatos hipertiroideos, encontrando que los niveles de T4L son más altos en estos últimos (Peterson *et al.* 1994; Melián-Limiñana, 1999).

La mayor relevancia de este estudio consiste en la utilidad de la medición de las hormonas tiroideas para el diagnóstico de las enfermedades tiroideas, como son el hipotiroidismo y el hipertiroidismo en el felino doméstico, pues al

Tabla 1: Comparación de los niveles de TSH y T4L en gatos adultos.

Parámetro	Hembras Adultas				Machos Adultos				p-valor
	Media	Des	Min	Max	Media	Des	Min	Max	
TSH	0,02	0,04	0	0,12	0,02	0,03	0	0,12	0,23
T4L	1,23	0,48	0,73	2,52	1,29	0,51	0,90	3,33	0,79

Des: desviación estándar; Min: rango mínimo; Max: rango máximo.

Tabla 2: Comparación de los niveles de TSH y T4L en gatos jóvenes.

Parámetro	Hembras Jóvenes				Machos jóvenes				p-valor
	Media	Des	Min	Max	Media	Des	Min	Max	
TSH	0,03	0,05	0	0,18	0,02	0,04	0	0,14	0,36
T4L	1,10	0,23	0,70	1,45	1,13	0,42	0,07	2,66	<u>0,01*</u>

\* Indica diferencia estadísticamente significativa con P valor < 0,05.

Des: desviación estándar; Min: rango mínimo; Max: rango máximo.

Tabla 3: Comparación de los niveles de TSH y T4L entre machos.

Parámetro	Machos adultos				Machos jóvenes				p-valor
	Media	Des	Min	Max	Media	Des	Min	Max	
TSH	0,02	0,03	0	0,12	0,02	0,04	0	0,14	0,20
T4L	1,29	0,51	0,90	3,33	1,13	0,42	0,07	2,66	0,38

Des: desviación estándar; Min: rango mínimo; Max: rango máximo.

Tabla 4: Comparación de los niveles de TSH y T4L entre hembras.

Parámetro	Hembras Adultas				Hembras Jóvenes				p-valor
	Media	Des	Min	Max	Media	Des	Min	Max	
TSH	0,02	0,04	0	0,12	0,03	0,05	0	0,18	0,36
T4L	1,23	0,48	0,73	2,52	1,10	0,23	0,70	1,45	<u>0,003*</u>

\* Indica diferencia estadísticamente significativa con P valor < 0,05.

Des: desviación estándar; Min: rango mínimo; Max: rango máximo.

no existir claridad en los niveles e intervalos promedio de las hormonas en suero, se dificulta la determinación de estas patologías (Trepanier, 2006). Es por eso, que los ensayos realizados con suero humano son aceptables, pero deben estar completamente validados para su uso con el suero del gato y deben ser modificados para permitir la medición de las concentraciones bajas circulantes de la hormona en esta especie (Peterson, 2006; Van Hoek *et al.* 2009). Por lo tanto,

es fundamental tener en cuenta los múltiples factores que alteran las concentraciones séricas de las hormonas tiroideas en los felinos, entre ellos, la herencia genética, la dieta y la disminución de T4T, debido a enfermedades concurrentes, además de medicamentos que alteran las concentraciones de T4L, como los glucocorticoides, las sulfonamidas potenciadas y los anticonvulsivantes (Schenck, 2005; Peterson & Ward, 2007).

## BIBLIOGRAFÍA

La T4L es la fracción que mejor refleja el estado tiroideo periférico y es el marcador más sensible para evaluar la funcionalidad de la glándula tiroidea (Melián-Limiñana, 1999; Shiel & Mooney, 2007). En estudios realizados, la T4L es la hormona que descarta la presencia de hipotiroidismo en gatos jóvenes, con una confiabilidad del 87%, en caso de encontrarse los niveles por debajo del rango establecido (Mooney, 2010).

Por otro lado, al momento de tomar las muestras sanguíneas, se debe manejar adecuadamente la técnica, el almacenamiento y el transporte de las mismas, debido a que estas variables pueden alterar los valores de las hormonas. A su vez, es importante analizar los factores que alteran los niveles normales de la yodotironina, como son la edad, el sexo, la obesidad, los fármacos y algunas enfermedades no relacionadas directamente con la glándula tiroidea, ya que estos factores pueden desencadenar un error en el análisis de las muestras y, por lo tanto, la interpretación de los resultados obtenidos (Panciera, 1998).

En la medicina veterinaria de pequeños animales, las enfermedades endocrinas son cada vez más comunes (Watson *et al.* 2005); en la última década ha aumentado la prevalencia del hipertiroidismo felino en un 20%, en Estados Unidos y el Reino Unido (Brennan & Jones, 2005) y, a pesar de todas las investigaciones realizadas acerca de las patologías, no existen estudios donde se correlacione la edad y el sexo en gatos sanos.

Este estudio revela una actualización en los niveles séricos de las hormonas tiroideas. Igualmente, dadas las diferencias en las comparaciones entre grupos para el perfil tiroideo en gatos, pueden ser considerados cuatro perfiles tiroideos así: machos adultos, hembras adultas, machos jóvenes y hembras jóvenes, teniendo en cuenta que las hembras jóvenes son las que presentan menor concentración de T4L; sin embargo, hay que tener claro que es un campo muy inexplorado y que existen pocos estudios donde se comparen y correlacionen los diferentes factores (edad, sexo, alimentación, ambiente, medicamentos), que influyen en los niveles de las hormonas tiroideas.

**Agradecimientos:** A Yirly Johanna Suárez Vela, del programa jóvenes investigadores de Colciencias, por realizar las correcciones del manuscrito. **Conflicto de intereses:** El artículo fue elaborado con la participación y revisión de los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados obtenidos. **Financiación:** Este estudio fue financiado por la Universidad de Caldas.

1. ADAMS, W.H.; DANIEL, G.B.; LEGENDRE, A.M. 1997. Investigation of the effects of hyperthyroidism on renal function in the cat. *Can. J. Vet.Res.* 61:53-56.
2. ARCHER, F.J.; TAYLOR, S.M. 1996. Alkaline phosphatase bone isoenzyme and osteocalcin in the serum of hyperthyroid cats. *Can. Vet. J.* 37:735-739.
3. BIRCHARD, S.J. 2006. Thyroidectomy in the cat. *Clin Tech Small Anim Pract.* 21(1):29-33.
4. BORETTI, F.S.; SIEBER-RÜCKSTUHL, N.A.; GERBER, B.; LALUHA, P.; BAUMGARTNER, C.C.; LUTZ, H. 2009. Thyroid enlargement and its relationship to clinicopathological parameters and T4 status in suspected hyperthyroid cats. *J. Fel. Med. Surg.* 11(4):286-292.
5. BRENNAN, S.F.; JONES, B.R. 2005. Feline hyperthyroidism. *EJCAP.* 15(2):169-172.
6. CUNNINGHAM, J.G.; KLEIN, B.G. 2009. Fisiología Veterinaria. 4ta ed. Barcelona, España: Elsevier Saunders. p. 430-436.
7. DEBORAH, S.; GRECO. 2006. Diagnosis of congenital and adult-onset hypothyroidism in cats. *Clin Tech Small Anim Pract* 21:40-44.
8. DE WET, C.S.; MOONEY, C.T.; THOMPSON, P.N.; SCHOEMAN, J.P. 2009. Prevalence of and risk factors for feline hyperthyroidism in Hong Kong. *J Feline Med Surg.* 11(4):315-321.
9. EDINBORO, C.H.; SCOTT-MONCRIEFF, J.C.; JANOVITZ, E.; THACKER, H.L.; GLICKMAN, L.T. 2004. Epidemiologic study of relationships between consumption of commercial canned food and risk of hyperthyroidism in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 224(6):879-886.
10. FERGUSON, D.C.; CAFFALL, Z.; HOENIG, M. 2007. Obesity increases free thyroxine proportionally to nonesterified fatty acid concentrations in adult neutered female cats. *J. Endocrin.* 194(2):267-273.
11. GUNN-MOORE, D. 2005. Feline endocrinopathies. *Vet Clin Small Anim.* 35(1):171-210.
12. HOPTON, M.R.; HARRAP, J.J. 1986. Immunoradiometric assay of thyrotropins as a first line thyroid function test in the routine laboratory. *Clin. Chem.* 32:691-691.

13. KAPLAN, E. 2002. Primary hyperparathyroidism and concurrent hyperthyroidism in a cat. *Can. Vet J.* 43(2):117-119.
14. KRATZSCH, J.; PÜLZER, F. 2008. Thyroid gland development and defects. *Best Practice Res. Clin. Endocrin. Metabol.* 22(1):57-75.
15. LANGSTON, C.E.; REINE, N.J. 2006. Hyperthyroidism and the kidney. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.* 21(1):17-21.
16. LIEN, Y.H.; WU, T.J.; HUANG HP. 2008. Evaluation of a point-of-care enzyme-linked immunosorbent assay for determination of basal serum total thyroxine concentration in cats. *JVCS.* 1(3):86-88.
17. MARTIN, K.M.; ROSSING, M.A.; RYLAND, L.M.; DIGIACOMO, R.F.; FREITAG, W.A. 2000. Evaluation of dietary and environmental risk factors for hyperthyroidism in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 217(6):853-856.
18. MATAMOROS, R.; GÓMEZ, C.; ANDAUR, M. 2002. Hormonas de utilidad diagnóstica en Medicina Veterinaria. *Arch. Med. Vet.* 34(2):167-179.
19. MAYER-ROENNE, B.; GOLDSTEIN, R.E.; ERB, H.N. 2007. Urinary tract infections in cats with hyperthyroidism, diabetes mellitus and chronic kidney disease. *J. Feline Med. Surg.* 9(2):124-132.
20. MELIÁN-LIMIÑANA, C. 1999. Diagnóstico de hipotiroidismo canino e hipertiroidismo felino. *Vector plus: Miscelánea científico - cultural.* 13:4-18.
21. MIDGELEY, J. 2001. Direct and indirect free thyroxine assay methods in theory and practice. *Clin. Chem.* 47:1353-1363.
22. MOONEY, C.T. 2010. The effects of non-thyroidal factors on tests of thyroid function. *Small Animal Medicine and Feline Medicine Chapters.* p.28-30. Disponible desde Internet en: [http://samedicine.anzcvs.org.au/samedicine/science\\_week\\_proceedings/2010/the%20effects%20of%20non-thyroidal%20factors%20on%20tests%20of%20thyroid%20function%20-%20carmel%20t%20mooney.pdf](http://samedicine.anzcvs.org.au/samedicine/science_week_proceedings/2010/the%20effects%20of%20non-thyroidal%20factors%20on%20tests%20of%20thyroid%20function%20-%20carmel%20t%20mooney.pdf) (con acceso 26/08/13).
23. MORI, D.A.; CUNHA, M.G.; PIPPI, N.L.; GOMES, K.; BECKMANN, D.V. 2008. Hipertiroidismo felino. *Ciencia Rural.* 38(5):1486-1494.
24. NELSON, J.C.; WILCOX, R.B. 1996. Analytical performance of free and total thyroxine assays. *Clin. Chem.* 42:146-154.
25. NELSON, R.W.; COUITO, G.C. 2000. *Medicina interna de animales pequeños.* 2da ed. Buenos Aires-República Argentina: Intermédica. p. 766-777.
26. PANCIERA, D.L. 1998. *Manual of Small Animal Endocrinology.* 2<sup>nd</sup> ed. United Kingdom: British Small Animal Veterinary Association; 1998. p.103-113.
27. PETER, H.J.; GERBER, H.; STÜDER, H.; BECKER, D.V.; PETERSON, M.E. 1987. Autonomy of growth and of iodine metabolism in hyperthyroid feline goiters transplanted onto nude mice. *J. Clin. Invest.* 80(2):49-498.
28. PETERSON, M.E.; BROUSSARD, J.D.; GAMBLE, D.A. 1994. Use of the thyrotropin releasing hormone stimulation test to diagnose mild hyperthyroidism in cats. *J. Vet. Intern. Med.* 8:279-286.
29. PETERSON, M.E.; WARD, C.R. 2007. Aspectos etiopatológicos del hipertiroidismo felino. *Vet. Clin. Small Anim.* 37:633-645.
30. PETERSON, M.E. 2006. Diagnostic Tests for Hyperthyroidism in Cats. *Clin. Techn. Small Anim. Pract.* 21(1):2-9.
31. RAOSOFT. 2004. Sample size calculator. Disponible desde Internet en: <http://www.raosoft.com/samplesize.html> (con acceso el 19/07/2013).
32. RUDAS, P; RÓNAI, Z.; BARTHA, T. 2003. Thyroid hormone metabolism in the brain of domestic animals. *Dom. Anim. Endocrin.* 29(1):88-96.
33. SCHAER, M. 2003. *Clinical medicine of the Dog and Cat* 2<sup>nd</sup> edition. Londres, InglaterraS: Manson Publishing Ltd; p.364-389.
34. SCHENCK, P.A. 2005. Effect of diet on development of feline hyperthyroidism. *Proceeding of the NAVC .* Orlando, Florida. p.608-610.
35. SCHENCK, P.A. 2007. Calcium Homeostasis in Thyroid Disease in Dogs and Cats. *Vet. Clin. Small Anim.* 37(4):693-708.
36. SHIEL, R.E.; MOONEY, C.T. 2007. Pruebas de hipertiroidismo en gatos. *Vet. Clin. Small Anim.* 37:671-691.

37. TREPANIER, L.A. 2006. Medical Management of Feline Hyperthyroidism. *Vet. Clin, Small Anim.* 21(1):22-28.
38. VAN HOEK, I.M.; PEREMANS, K.; VANDERMEULEN, E. 2009. Effect of recombinant human thyroid stimulating hormone on serum thyroxin and thyroid scintigraphy in euthyroid cats. *J. Feline Med. Surg.* 11:309-314.
39. WATSON, S.G.; RADFORD, A.D.; KIPAR, A.; IBARROLA, P.; BLACKWOOD, L. 2005. Somatic mutations of the thyroid-stimulating hormone receptor gene in feline hyperthyroidism: parallels with human hyperthyroidism. *J. Endocrin.* 186(3):523-537.
40. ZANINOVICH, A.A. 2001. Hormonas tiroideas, obesidad y termogénesis en grasa parda. *Medicina.* 61:597-602.

Recibido: Julio 19 de 2013

Aceptado: Noviembre 22 de 2013

Como citar:

Osorio, J.H.; Matheus, S.; Pérez, J.E. 2014. Comparación del perfil tiroideo en el gato doméstico por género y edad. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 197-203.



# UNIDADES ECOLÓGICAS PARA UNA GESTIÓN ECOSISTÉMICA EN EL DISTRITO CARTAGENA DE INDIAS (COLOMBIA)

## ECOLOGICAL UNITS FOR ECOSYSTEM MANAGEMENT IN THE DISTRICT OF CARTAGENA (COLOMBIA)

Edilbert Torregroza<sup>1</sup>, Mauro Hernández<sup>2</sup>, Diana Barraza<sup>3</sup>, Alberto Gómez<sup>4</sup>, Francisco Borja<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Master en Gestión y Conservación del Medio Natural, Grupo de Investigación CTS, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, e-mail: etorregrozaf@unicartagena.edu.co; <sup>2,3,4</sup> Ing. Alimentos. Auxiliares de investigación, Universidad de Cartagena, e-mail: ingmaurohernandez@gmail.com; dianabrzarh@gmail.com; agomezj@unicartagena.edu.co; <sup>5</sup> Doctor en Geografía física. Docente Investigador Universidad de Huelva (Huelva - España), e-mail: fborja@uhu.es

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 205-215, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Partiendo del enfoque ecosistémico, el presente trabajo plantea una caracterización del Distrito de Cartagena de Indias concibiéndolo como un territorio compuesto por un conjunto de unidades homogéneas, definidas desde el punto de vista de su trama natural y antrópica (Unidades Ecológicas de Gestión). La regionalización ecológica del área de estudio, se lleva a cabo mediante la clasificación de sus ecosistemas a escala de ecosección y su posterior caracterización, según los usos del territorio y principales atributos socio-económicos. Este conjunto de datos, se trata, espacialmente, mediante la herramienta Quantum GIS, obteniéndose un primer diagnóstico ambiental del Distrito, basado en una cartografía compuesta por un total de 14 Unidades Ecológicas de Gestión.

Palabras clave: Territorio, ecosistemas, unidades de gestión.

### SUMMARY

Starting from the "ecosystem approach", this paper presents a characterization of the District of Cartagena de Indias (Colombia) understanding the entity as a territory composed of a set of homogeneous units defined from the point of view of natural and anthropic framework (Ecological Management Units). Ecological regionalization of the study area was performed by using the eco-section scale, and further characterization according to the use and socioeconomic attributes of the territory. The processing of the spatial data was carried out employing QGIS, with which a preliminary diagnose was obtained, based on cartographic maps of the

territory organization and of the identification of 14 Ecological Management Units in the District of Cartagena.

Key words: Territory, ecosystems, management units.

### INTRODUCCIÓN

El enfoque ecosistémico constituye una propuesta de gestión integral del territorio, basada en el manejo de los sistemas naturales (Mitchell, 1999), desde donde se contribuye, tanto a la conservación de la naturaleza como al bienestar humano, lo cual, superado en parte la dialéctica "conservación vs. desarrollo", vigente desde la década de los ochenta, se puede considerar como una misma cosa (Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Folke, 2006). Conceptualmente, esta aproximación resalta el papel de las interacciones que unen a la sociedad con su entorno natural, intentando evitar así la tradicional separación y el punto de vista parcelado y sectorial con el que, habitualmente, se desenvuelven las ciencias sociales y naturales (Jianguo *et al.* 2007). Desde esta perspectiva, la gestión ambiental se centra, en principio, en el estudio y en el manejo de las aludidas relaciones de interdependencia, hasta conferirles un significado preeminente en el plano de la acción política, asumiendo que los seres humanos y su diversidad cultural son una parte inherente del sistema natural, entendido en el sentido más amplio de la expresión (UNEP, 2006). En términos operativos, esta línea de pensamiento procede poniendo, permanentemente, en valor el principio, según el cual, ninguna iniciativa de alcance ambiental se puede llevar a cabo desconociendo el papel ejercido por los seres humanos sobre el territorio o separándolos de la naturaleza, dado que la actividad antrópica,

hoy por hoy, es el factor que más profundamente modula el funcionamiento y la evolución de los sistemas naturales (Grumbine, 1994; Sala *et al.* 2000). Existen así diferentes miradas acerca del manejo de los ecosistemas, que derivan en múltiples aproximaciones sobre el significado de “enfoque ecosistémico”. De cualquier manera, la Gestión Basada en Ecosistemas reconoce que la gente y sus valores son parte de los sistemas que deben ser tenidos en cuenta durante una gestión que se precie de ser integral; sin embargo, el grado de incidencia de los valores sociales en el resultado de la gestión basada en ecosistemas sigue siendo un aspecto que despierta discusión entre los estudiosos del tema (Yaffee, 1999).

Considerado en estos términos, el enfoque ecosistémico plantea un importante reto a los investigadores del territorio, habida cuenta de que buena parte de sus aportaciones están bastante alejadas en lo substancial de una realidad que es necesariamente dual: natural y antrópica. De ahí la necesidad de, por una parte, llevar a cabo una revisión de las problemáticas relacionadas, específicamente, con la gestión del territorio, las cuales, requieren cada vez más urgentemente de un diálogo transdisciplinar de saberes complementarios (Nicolescu, 1999), tanto entre científicos y tomadores de decisiones como entre académicos y ciudadanía en general (Morin, 2001) y, por otra, de la puesta en marcha de nuevas iniciativas encaminadas a favorecer la implementación e institucionalización de procesos participativos y de cualesquiera otras fórmulas colaborativas.

**Regionalización Ecológica y Unidades Ecológicas de Gestión:** La teoría de los sistemas jerárquicos, se sustenta sobre la idea de que cada uno de los componentes de un determinado sistema constituyen, a su vez y a una escala diferente, otros sistemas con dimensiones y con complejidad propias, que se anidan en aquél. Aplicado al medio natural, se puede entender que cada ecosistema, una vez dimensionado espacial y temporalmente según sus componentes estructurales y sus atributos funcionales y delimitado cartográficamente, según su expresión paisajística, acoge en su seno a otros sistemas naturales, de un nivel escalár inferior y forma parte integrante de una nueva entidad, perteneciente a un orden superior de magnitud (Mardones, 2006; Borja *et al.* 2008). Esta consideración jerarquizada del territorio es susceptible de ser representada cartográficamente, utilizando diferentes niveles de resolución (Montes *et al.* 1998), lo que supone una inestimable ventaja, ya que ello permite trabajar con la escala de análisis y gestión más adecuada, para cada problemática territorial (Galvis, 2007; Borja & Montes, 2008).

Desde el punto de vista operativo, la *regionalización ecológica* es la principal herramienta con la que cuenta el enfoque ecosistémico para su despliegue y su puesta en valor. Se trata de un proceso consistente, en esencia, en la clasificación

jerárquica de los ecosistemas presentes en un determinado territorio y en la plasmación cartográfica de los mismos, según distintos órdenes escalares; esto es, en la identificación, la caracterización y la discriminación cartográfica, a diferentes escalas espacio-temporales, de dichos ecosistemas (Borja *et al.* 2004; 2009). Dado que mediante los oportunos procesos de agregación o segregación de los sistemas naturales podemos identificar nuevos ecosistemas a otras escalas, la regionalización ecológica no solamente permite establecer las relaciones de dependencia existentes entre los ecosistemas de un mismo escalafón, sino que, merced a su carácter jerárquico, también lo hace respecto de los vínculos existentes entre los ecosistemas integrados en sucesivos órdenes de magnitud, lo que refuerza su carácter integral, como procedimiento analítico.

Acorde con los trabajos de Klijn (1991; 1994) y Klijn & De Haes (1994), en el esquema de clasificación jerárquica de ecosistemas que seguimos en el presente trabajo (Borja *et al.* 2004; 2008; 2009), se identifica un total de nueve órdenes escalares; de mayor a menor tendríamos: *ecozona*, *ecodominio*, *ecoárea*, *ecoprovincia*, *ecoregión*, *ecodistrito*, *ecosección*, *ecotopo* y *ecoelemento* (Tabla 1). Los ecosistemas integrados en cada uno de estos niveles se caracterizan, tanto desde el punto de vista estructural (principales componentes del sistema natural a cada escala o *factores de control*) como funcional (capacidad dinámica, de evolución y de permanencia de los ecosistemas), además de quedar agrupados según su perspectiva temporal de cambio, ya venga éste motivado por factores de carácter geológico, climático o antrópico. Una vez convenientemente jerarquizados, los factores de control (un total de 34, según la propuesta recogida en la Tabla 1), operan a modo de criterios de caracterización y de selección de los ecosistemas por cada escalafón. De ahí, la importancia de llevar a cabo una selección lo más pertinente posible de dichos factores de control, a fin de que tengan utilidad suficiente, tanto para definir y clasificar los ecosistemas de cada orden escalár como para reconocerlos y delimitarlos espacialmente (Montes *et al.* 1998).

Según se indicó anteriormente, la gestión ambiental basada en el enfoque ecosistémico requiere de unidades de análisis y gestión que, además de ser homogéneas en lo ecológico, también lo sean desde el punto de vista socio-económico. Este tipo de demarcaciones, a las que, siguiendo la propuesta de Borja y colaboradores para el caso de Andalucía (España), hemos denominado Unidades Ecológicas de Gestión (UEG), constituyen ámbitos territoriales, cuya homogeneidad viene definida por la integración de las tramas ecológica y socio-económica. En el caso que nos ocupa y a diferencia con el ejemplo Andalúz, donde las UEG se obtuvieron mediante la agregación de ecosistemas a escala de *ecoregión* en función de la homogeneidad de sus paisajes, la trama ecológica del Distrito de Cartagena de Indias equivale a la

clasificación de sus ecosistemas a escala de ecosección, mientras que la trama socio-económica se identifica, básicamente, mediante la asignación a cada uno de los ecosistemas delimitados de unos determinados usos del territorio y una dinámica socio-económica particular.

Conceptualmente, las UEG son equiparables a la noción tradicional de los *paisajes culturales*, entendidos como el resultado de la acción moduladora de los humanos sobre el medio (Borja & Montes, 2008; Borja *et al.* 2009) o, asimis-

mo, desde la perspectiva del Cambio Global, con la expresión más actual de los *socio-ecosistemas* (Anderies *et al.* 2004). Por el contrario, su significado difiere en esencia del asignado, por ejemplo, a las Unidades Comuneras de Gobierno, sobre las que se basa la actual organización territorial por localidades de Cartagena (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2002), cuya concepción responde, primordialmente, a criterios político-administrativos, alejándose así del enfoque ecosistémico, que preside la presente propuesta.

Tabla 1. Esquema jerárquico de clasificación de ecosistemas.

ORDEN ESCALAR	CONTEXTO ESTRUCTURAL ( <i>Factores de Control</i> )	CONTEXTO FUNCIONAL			
Ecozona	-MACROCLIMAS (ZONAS CLIMÁTICAS; DINÁMICA GRAL. DE ATMÓSFERA) -ESTRUCTURA GLOBAL DE CONTINENTES Y OCÉANOS	ENFOQUE MORFOCLIMÁTICO	ÁMBITO ZONAL		
Ecodominio	-DOMINIOS MORFOCLIMÁTICOS (HUSOS MERIDIANOS) -COMPLEJOS MORFOESTRUCTURALES CONTINENTALES -HIDRODINÁMICA OCEÁNICA		ÁMBITO DE LAS ESCALAS DE PERMANENCIA DE LOS ECOSISTEMAS		
Ecoárea	-GRANDES ÁREAS CLIMÁTICAS (MASAS DE AIRE Y CENTROS DE ACCIÓN) -GRANDES CONJUNTOS MORFOESTRUCTURALES (MACROMODELADO, FORMAS MAYORES) -GRANDES COMPLEJOS LITOLÓGICOS -GRANDES CÉLULAS DE INTERCAMBIO DE AGUAS (HIDRODINÁMICA)		ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA	ESCALA TEMPORAL CLIMÁTICA	ESCALA TEMPORAL ANTRÓPICA
Ecoprovincia	-VARIEDADES CLIMÁTICAS/BIOCLIMÁTICAS -MACROUNIDADES RELIEVE (MACROMODELADO, FORMAS INTERMEDIAS) -UNIDADES HIDROGRÁFICAS ESTRUCTURALES (GRANDES CUENCAS H.) -PLATAFORMA CONTINENTAL (MODELADO Y TIPO DE SUBSTRATO)		>10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup>	>10 <sup>6</sup> años	>10 <sup>3</sup> años
			DOMINIOS MORFOCLIMÁTICOS		
Ecorregión	-REGIONES CLIMÁTICAS -SISTEMAS MORFOGENÉTICOS Y MACROMODELADO (F. MENORES) -SERIES DE VEGETACIÓN Y CLIMA -HIDROLOGIA REGIONAL (ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE ACUÍFEROS/ CUENCAS HIDROGRÁFICAS SECUNDARIAS)	ENFOQUE MORFOGENÉTICO	ÁMBITO REGIONAL		
Ecodistrito	-VARIEDADES MESOCLIMÁTICAS -BALANCE MORFOGÉNESIS/EDAFOGÉNESIS (STATUS DE LOS SISTEMAS MORFOGENÉTICOS) -TIPOS FORMACIONES SUPERFICIALES Y MESOMODELADO (F. MAYORES) -BALANCE PRECIPITACIÓN / ESCORRENTÍA / INFILTRACIÓN	ESCALA ESPACIAL	ÁMBITO DE LAS ESCALAS DE EVOLUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS		
Ecosección	-FACIES MESOCLIMÁTICAS -VEGETACIÓN EDAFÓFILA -ASOCIACIONES DE FORMACIONES SUPERFICIALES Y MESOMODELADO (FORMAS INTERMEDIAS) -INTERACCIÓN AGUAS SUPERFICIALES / AGUAS SUBTERRÁNEAS	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup>	ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA	ESCALA TEMPORAL CLIMÁTICA	ESCALA TEMPORAL ANTRÓPICA
			10 <sup>6</sup> - 10 <sup>3</sup> años	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>2</sup> años	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>1</sup> años
			SISTEMAS MORFOGENÉTICOS		
Ecotopo	-CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS -MESOMODELADO (FORMAS MENORES) -TIPOS DE DEPÓSITOS Y SUELOS -COBERTURA VEGETAL -FLUJOS HÍDRICOS LOCALES (SUPERFICIALES, SUBSUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS)	ENFOQUE MORFODINÁMICO	ÁMBITO LOCAL		
Ecoelemento	-MICROMODELADO -COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y ESTADO SUCESIONAL DE COM. BIOL. -CUADROS BIO-GEO-QUÍMICOS BÁSICOS DE FORM. SUPERFICIALES -ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CUERPOS DE AGUA	ESCALA ESPACIAL	ÁMBITO DE LAS ESCALAS DE DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS		
		<10 <sup>1</sup> km <sup>2</sup>	ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA	ESCALA TEMPORAL CLIMÁTICA	ESCALA TEMPORAL ANTRÓPICA
			<10 <sup>3</sup> años	<10 <sup>2</sup> años	<10 <sup>1</sup> años
			PROCESOS MORFODINÁMICOS		

Tomado de Borja *et al.* 2009.

De igual manera, la clasificación jerárquica de ecosistemas, se orienta a la búsqueda de un nivel específico de detalle, según el orden escalar seleccionado, siendo otro camino metodológico, si se compara con los diagnósticos descriptivos previos, que también abordaron el caso de Cartagena de Indias, proporcionando, en su momento, información de áreas críticas y características biofísicas, definiendo, para ello, unidades de paisaje, que enfatizaban en aspectos de macrorrelieve (Valdés, 2001).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**El área de estudio:** El Distrito de Cartagena de Indias está situado a orillas del Mar Caribe, en la fachada norte de Colombia, abarca una superficie de algo más de 637 km<sup>2</sup> (Figura

1). Su clima es de carácter tropical cálido, con temperaturas máximas medias de 31,9°C (agosto) y mínimas medias de 22,5°C (enero), que hacen una temperatura media anual de 27,2°C, la cual, se acompañan de una humedad relativa promedio, que supera el 80% (CIOH-Cardique, 1998). Por ser una ciudad costera, se encuentra sometida al régimen de los denominados vientos Alisios. La precipitación promedio total anual es de 976mm y un promedio mensual 51,4mm, siendo los meses de más lluvias el periodo de mayo a noviembre, con máxima precipitación en octubre y los meses de menos lluvias de diciembre a abril (CIOH, 2010).

**Procedimientos y enfoque metodológico:** Desde el punto de vista del procedimiento cartográfico, el material de referencia utilizado ha sido el disponible en la base on line del SIGOT

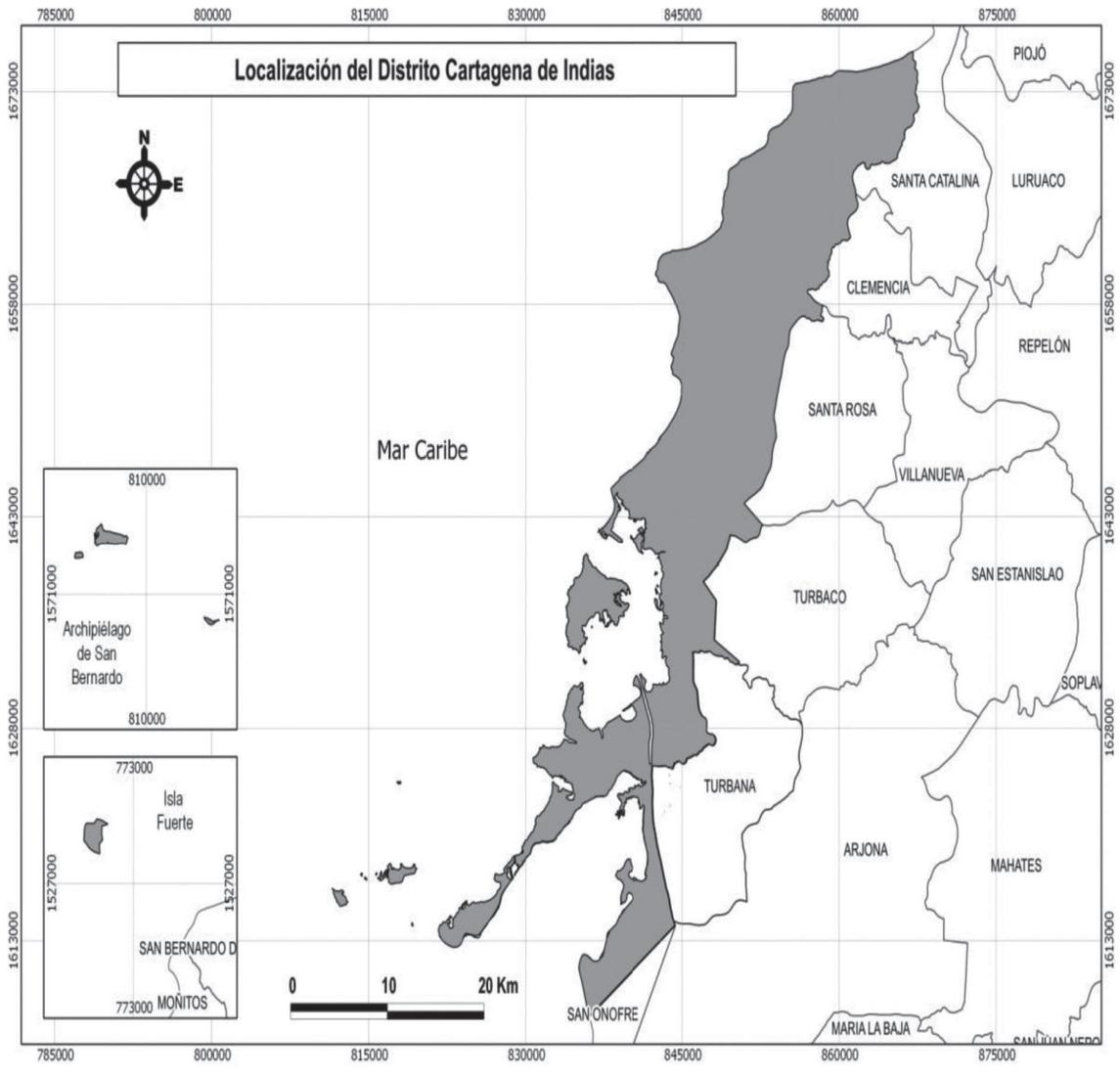


Figura 1: Localización del Distrito de Cartagena de Indias.

(IGAC), la Corporación Ambiental Cardique y los archivos cartográficos del Grupo de Investigación CTS-Universidad de Cartagena. El procesamiento de la información cartográfica, se ha realizado mediante el uso del software de código libre Quantum GIS (QGIS), en su versión QGIS 1.8.0. Las imágenes raster con información topográfica y de elevación digital fueron obtenidas a través de ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). El Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) empleado en el manejo de todas las capas, independientemente de la condición raster o vectorial, fue el MAGNA –SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia), teniendo en cuenta la Resolución n° 068 de Enero 28 de 2005, mediante la cual se adoptó el MAGNA-SIRGAS como único *datum* oficial de Colombia (Diario Oficial, 2005). Finalmente, la selección de los factores de control y la identificación de Unidades Ecológicas de Gestión, realizadas a partir de la regionalización ecológica del área de estudio fue llevada a cabo acorde con el procedimiento propuesto por Borja y colaboradores (2004; 2009). El orden escalar considerado para la definición y la delimitación de los ecosistemas fue el de Ecosesión (Tabla 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La regionalización ecológica aplicada al área de Cartagena de Indias ha permitido demarcar 14 ecosistemas a escala de

ecosección, los cuales, una vez cualificados con la información socio-económica (datos poblacionales, usos del suelo, dinámica económica), se han transformado en otras tantas Unidades Ecológicas de Gestión (Tabla 2 y Figura 2). De entrada, esta consideración de unidades homogéneas ya supone un primer criterio de gran interés para la gestión ambiental del Distrito de Cartagena y los planes de ordenamiento a nivel de cada localidad, cuya normativa obliga a considerar las homogeneidades ecológicas y socio-económicas, presentes en el territorio distrital.

La proporción superficial relativa de cada una de estas unidades homogéneas, se expresa en la figura 3, donde se aporta información comparativa sobre sus diferentes magnitudes espaciales. Los resultados obtenidos muestran que la UEG Llanura Costera Rural de la Zona Norte ocupa la mayor proporción superficial relativa, con el 25,8% del total del área Distrital, seguida de las UEG Colinas y Lomas Distritales (15,4%), Territorios Insulares (13,6%) y Planicie Rural Cartagena-Bayunca (13,1%).

En la Llanura Costera Rural de la Zona Norte, se encuentran los asentamientos de Arroyo de las Canoas, Las Europas, Arroyo de Piedra, Punta Canoa, Manzanillo del Mar y Pontezuela, que suman un total de 2.594 habitantes, según proyección del censo DANE (2005); se constituye así en la

Tabla 2. Unidades Ecológicas de Gestión identificadas en el Distrito de Cartagena.

N°	Unidad Ecológica de Gestión identificada	Área (km <sup>2</sup> )	Población	Densidad Poblacional Hab/km <sup>2</sup>
1	UEG Llanura Costera Rural de la Zona Norte	164,34	2.594	16
2	UEG Colinas y lomas Distritales	98,62	190.624	1933
3	UEG Plano ondulado de Canalete	4,38	-	-
4	UEG Planicie Rural Cartagena-Bayunca	83,52	7.410	89
5	UEG Humedal Ciénaga de la Virgen	22,84	-	-
6	UEG Bosque de Manglar de la Ciénaga	7,87	-	-
7	UEG Frente Litoral Boquilla-Crespo	4,06	22.456	5531
8	UEG Planicie de los Caños y Lagunas Interiores	5,80	96.127	16574
9	UEG Cerro de la Popa	2,98	56.119	18832
10	UEG Planicie Urbana de Cartagena	22,35	434.749	19452
11	UEG Territorios Insulares	86,93	10.695	123
12	UEG Planicie Litoral de la Bahía de Cartagena	52,95	132.774	2508
13	UEG Planicie Litoral de la Bahía de Barbacoas	61,65	3.511	57
14	UEG Planicie del Canal del Dique	19,50	10.044	515

Elaboración propia. Base Censal DANE 2005 proyección 2012.

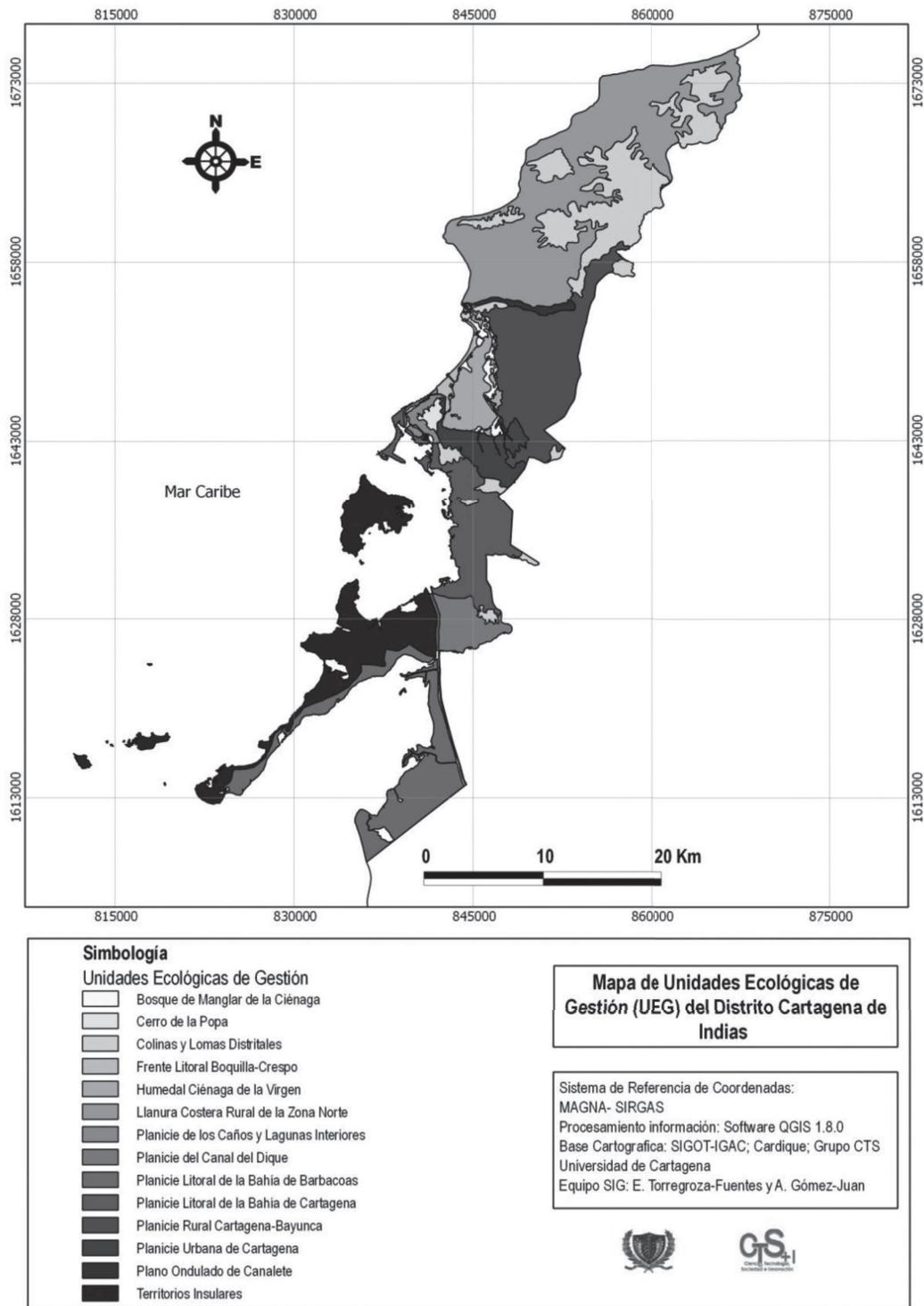


Figura 2. Mapa de las Unidades Ecológicas de Gestión del Distrito de Cartagena de Indias.

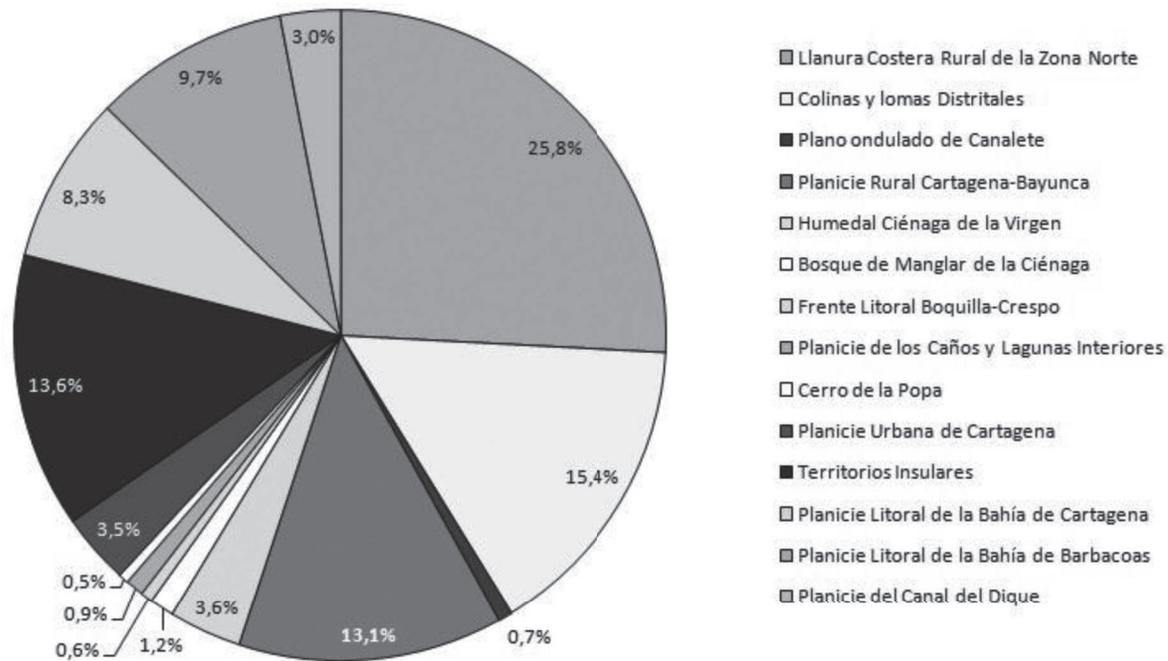


Figura 3. Distribución superficial proporcional de las UEG, en el Distrito de Cartagena de Indias.

UEG de menor densidad poblacional, con sólo 16hab/km<sup>2</sup>. Su población es mayoritariamente afrodescendiente y se dedican a labores de pesca y de agricultura. El potencial turístico de sus playas, unido a las tendencias urbanísticas de la elite social, constituyen, de hecho, variables a tener muy en cuenta por los tomadores de decisiones, a nivel de implementación políticas públicas, dado que las poblaciones originales presentan muchas necesidades básicas insatisfechas y los medios litorales son, en general, altamente sensibles al incremento de la carga poblacional y al impacto del “urbanismo de hormigón”.

La Unidad de Colinas y Lomas Distritales ocupa 98,62km<sup>2</sup>, el equivalente a un 15,4% del área de estudio y acoge a unos 190.624 habitantes, que supone una densidad poblacional de 1.933hab/km<sup>2</sup>. En esta UEG destaca el ámbito denominado Cerro de Púa, localmente llamado ahora por los pobladores de Arroyo de Piedra, como “Cerro de las Torres”, por tener instaladas, en su parte más alta, antenas del servicio de telefonía móvil. Esta elevación ocupa un área de 6,27km<sup>2</sup>, siendo algo más del doble de la superficie que ocupa el Cerro de la Popa; sin embargo, este último presenta un interés mayor por parte de ciudadanos y tomadores de decisiones, en gran medida, gracias al hecho de estar inmerso en el casco urbano de Cartagena, así como debido al sentido religioso del sitio, ya que en su cima acoge la iglesia dedicada a

la Virgen de la Candelaria. Dentro de esta unidad ecológica también destaca un área de lomerío, que constituye la divisoria de aguas entre las cuencas de la Ciénaga de la Virgen y la Bahía de Cartagena.

La Planicie Rural Cartagena-Bayunca forma parte realmente de una llanura mayor (Cartagena-Santa Rosa), localizada a levante de la Ciénaga de la Virgen, a cuyo borde oriental entregan sus aguas los arroyos Mesa, Tabacal, Hormiga y Chiricoco. Su delimitación dentro del contexto distrital viene dada por el límite político-administrativo correspondiente a la carretera La Cordialidad (Ruta 90, Nacional), que marca la frontera del municipio de Santa Rosa de Lima con el Distrito de Cartagena de Indias, concretamente, con el área correspondiente al corregimiento de Bayunca. Además del asentamiento de Bayunca, en esta UEG también se encuentran otros poblados ubicados al oeste de la Carretera La Cordialidad, situación que empieza a marcar el cambio en el uso del suelo que caracterizaba este territorio; no obstante, esta unidad no ha perdido en absoluto su condición prioritariamente rural, lo que mantiene su densidad poblacional en uno de los niveles más bajos área de estudio (89hab/km<sup>2</sup>). Valoradas sus características desde los principios de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, efectivamente, esta UEG quedaría tipificada como perteneciente a la categoría de los agroecosistemas, en la medida en que su paisaje ha

sido gestionado y modificado por sus habitantes fundamentalmente, para la obtención de alimentos y otros materiales de origen biótico (Evaluación de Ecosistemas del Milenio-España, 2013).

Las UEG de menor proporción relativa, pero no por ello de menor importancia, a nivel de dinámica territorial, son las del Cerro de la Popa (0,5%) y el Frente Litoral Boquilla-Crespo (0,6%). Estas unidades, junto con las correspondientes a la Ciénaga de la Virgen, el Bosque de Manglar y el Plano ondulado de Canalete son los principales componentes del paisaje de la Cuenca de la Ciénaga de la Virgen. De forma particular, los resultados obtenidos para estos espacios vienen a confirmar que se trata de unidades sometidas a una alta presión antrópica. El proceso de “colonización”, por ejemplo, del Cerro de la Popa, cuya densidad de población alcanza los 18.832hab/km<sup>2</sup>, se inició en torno a 1961 (Barboza & Carvajal, 2007), viéndose acompañado de una intensa deforestación, así como de la subsiguiente remoción de suelos, hasta verse comprometida la estabilidad de sus laderas. La UEG Frente Litoral Boquilla-Crespo, por su parte, se caracteriza por presentar una interesante flora *Psammofila*, en la que destacan el cocotero (*Coccoloba nucifera*) y la uvita de playa (*Coccoloba uvifera*). En los últimos años, esta unidad se ha visto afectada por una fuerte presión provocada por el turismo de “sol y playa” y por un creciente proceso de urbanización, fruto de la litoralización potenciada por el negocio de finca raíz. Esta transformación no solamente afecta a la vegetación nativa sino también y, de manera muy especial, a la población de pescadores afrodescendientes, quienes habitaban, originalmente, en el Corregimiento de La Boquilla. También hay que indicar que 17,46 ha de los 4,06 km<sup>2</sup> que ocupa la unidad están destinadas a las infraestructuras del Aeropuerto Internacional Rafael Núñez.

Por su parte, el Humedal Ciénaga de la Virgen y el Bosque de Manglar de la Ciénaga, con el 3,6% y el 1,2%, respectivamente, de la superficie del Distrito, constituyen los ecosistemas que aportan uno de los flujos de servicios ecosistémicos más importante para el bienestar de los habitantes de la zona; sin embargo, aspectos derivados de la presión antrópica, sobre todo los que atañen a la zona sur del humedal, el que linda con la Planicie Urbana de Cartagena, constituyen factores de cambio que están amenazando seriamente la integridad ecológica de estos ecosistemas y con ello, la posibilidad que sigan aportando beneficios a la comunidad. En la actualidad, tanto los 22,84 km<sup>2</sup> de la lámina de agua del humedal como los 7,87 km<sup>2</sup> del bosque de mangle forman parte del Parque Distrital Ciénaga de la Virgen, que cuenta, al menos en teoría, con un plan distrital orientado a su preservación (Alcaldía Mayor de Cartagena, 2006); no obstante, la tala indiscriminada de mangle y el posterior relleno del humedal son prácticas que no encuentran freno, muy a pesar de la abundante normativa existente al respecto. Esta “manglefobia” nos es

más que una de las secuelas de la vorágine en la que se ve envuelto este territorio, cuya apetencia por la tierra y el afán por el lucro derivado del negocio inmobiliario de las élites locales y foráneas, solamente se ve superada por la pobreza de quienes allí carecen de espacios para una vivienda digna.

La UEG Planicie de los Caños y Lagunas Interiores, con un 0,9% de la extensión distrital, corresponde al área dinamizada por el sistema de drenajes y de humedales que conecta la Ciénaga de la Virgen con la Bahía de Cartagena. En ella, destaca el caño Juan Angola, que enlaza directamente la aludida ciénaga con las lagunas de San Lázaro, Chambacú y el Cabrero, conservando en sus márgenes bosques relictos de manglar, muy afectados por el avance urbanístico y la apertura de nuevos tramos de carreteras. La incidencia antrópica en la Planicie y evidentemente en los cuerpos de agua del sistema de caños y de lagunas, con alrededor de 16.574hab/km<sup>2</sup>, hace de esta Unidad una de las más afectadas por la acción humana, de ahí que requiera con urgencia de un plan integral de restauración.

La UEG Planicie Urbana de Cartagena, por su parte, abarca el 3,5% de la extensión Distrital y es un claro ejemplo de lo que, a nivel de Ecosistemas del Milenio, se ha dado en llamar un “ecosistema urbano”, siendo el área de mayor concentración humana (19.452hab/km<sup>2</sup>). También es importante señalar que esta Unidad Ecológica de Gestión está surcada por los drenajes de los arroyos Limón o Tomatal y Matute, así como por el desagüe urbano de Cartagena, cuya red tributa hacia la Ciénaga de la Virgen y se ve sometida a un intenso poblamiento descontrolado en sus márgenes. Esta dinámica social de “tugurización” ha provocado, especialmente en la zona cercana a la Ciénaga, un proceso de “creación social del riesgo” por fenómenos de inundación durante la época de lluvias, muy similar al reportado por Beraud *et al.* (2007), en regiones de México, con vulnerabilidad de la población.

La UEG Planicie Litoral de la Bahía de Cartagena representa el 8,3% del territorio distrital, contiene la denominada zona histórica, muy reconocida por la ciudad colonial, así como el área turística tradicional de los Barrios de Bocagrande, Castillo Grande y la franja litoral del Barrio Manga. También abarca toda la zona de tierra firme asociada con la Bahía de Cartagena, incluyendo el área de puerto y la denominada zona industrial de Mamonal. Se podría decir que, como ciudad, Cartagena palpita, se mira y se piensa priorizando esta UEG, donde se concentran los centros de poder, de desarrollo turístico y de actividad portuaria y de logística de la zona. A esta dinámica, se une la actual apetencia por las UEG Territorios Insulares y las ya comentadas del Frente Litoral Boquilla-Crespo y la Llanura Costera Rural Norte. Situación que se evidencia al examinar la ubicación espacial de la pobreza en el territorio distrital, tal como lo describen los trabajos sobre economía regional de Pérez & Salazar (2007). La existencia

de casi 60 muelles con una actividad estimada de unos 500 buques al mes haciendo uso de las infraestructuras portuarias (Informe Geo-Cartagena, 2009), podría servir de indicador del elevado dinamismo de esta unidad ecológica.

En cuanto a la UEG Planicie Litoral de la Bahía de Barbaocoas, con un 9,7 % del espacio distrital, está muy influenciada por la dinámica territorial de la Bahía que lleva su nombre, caracterizada por un alto potencial turístico gracias a la inclusión dentro de la misma de la Isla de Barú. En contraposición, esta Unidad también acoge los asentamientos de Leticia, Recreo y Santa Ana, en los que predomina la población afrodescendiente.

La UEG Llanura del Canal del Dique es, con un 3% del territorio de Cartagena, un área cuya singularidad deriva, principalmente, de la presencia del canal de comunicación entre el río Magdalena con la Bahía de Cartagena. Este lecho artificial tiene sus orígenes en la época colonial y responde al afán de lograr una conexión fluvial de Cartagena con el interior del país. En la actualidad y tras una serie de “rectificaciones” que eliminaron las grandes curvas en su trazado inicial, es una importante vía de entrada de sedimentos a la bahía. Esta Unidad territorial incluye asentamientos, como el Corregimiento de Pasacaballos, de población afrodescendiente vinculados a la pesca artesanal, en unas condiciones muy similares a las que se dan en el Corregimiento de la Boquilla, del que se diferencia por su menor densidad poblacional (515hab/km<sup>2</sup>). Se prevé que esta situación puede sufrir variaciones en un futuro inmediato, en la línea de la tendencia urbanística ya planteada para la UEG Frente Litoral Boquilla-Crespo.

Por último, la UEG Territorios Insulares representa, en su conjunto, alrededor del 13,6% de la circunscripción del Distrito de Cartagena, destacando en ella la presencia del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo que, por su condición marítimo-terrestre incluye los territorios costeros, situados hasta los 50m de profundidad. Este sistema de islas tiene implicaciones ecológicas de altísimo interés derivadas de la presencia de arrecifes de coral y de especies asociadas a ellos, como al manglar.

**Conclusiones:** Se evidenció que la regionalización ecológica, herramienta básica de la aproximación ecosistémica, constituye una metodología viable para la identificación de unidades homogéneas desde el punto de vista de sus tramas ecológica y humana (Unidades Ecológicas de Gestión), las cuales, son de gran utilidad en el diagnóstico ambiental. Aplicado al Distrito de Cartagena de Indias, dicho procedimiento de regionalización ecológica ha permitido caracterizar y delimitar catorce (14) UEG, que han sido discriminadas a partir de la identificación de ecosistemas a la escala de ecosección y de la asignación de los usos del territorio y los atributos socio-económicos de cada uno de ellos. Merced

a dicho tratamiento podemos afirmar que en el Distrito de Cartagena de Indias ha venido desarrollándose un proceso cada vez más acentuado de litoralización, que está afectando gravemente a la integridad ecológica de la totalidad de los ecosistemas litorales. Esta situación ha venido motivada, como en otras partes del mundo, por el incremento de las actividades derivadas del turismo de sol y playa, las apetencias sociales por los emplazamientos costeros. A este respecto, destaca la UEG identificada como el Frente Litoral Boquilla-Crespo y la UEG Planicie Litoral de la Bahía de Cartagena, cuyos elevados requerimientos de áreas industriales y espacios para grandes infraestructuras de puertos, relacionados, incluso con la exportación minera carbonífera, sugieren llevar a cabo estudios de mayor detalle, que permitan sopesar en su real dimensión los conflictos de intereses y el balance de ventajas y desventajas (trade off), que trae consigo la situación actual. Queda igualmente reafirmado que la sostenibilidad solamente se puede garantizar con capacidad política, desde un punto de vista integral y de justicia social, alejada de los tradicionales enfoques sectoriales.

**Agradecimientos:** A la Universidad de Cartagena, por el apoyo financiero dado a esta investigación, en el marco de la IV Convocatoria para proyectos de Semilleros de Investigación. Igualmente, al doctor Eduardo Caro, de Arizona State University (USA), por su apoyo en la revisión del summary. **Conflicto de intereses:** El artículo 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERIES, J.M.; JANSSEN, M.A.; OSTROM, E. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective, *Ecology and Society* 9(1):18. Disponible desde internet en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/> (con acceso el 23/07/2013).
- ALCALDÍA MAYOR DE CARTAGENA DE INDIAS. 2002. Acuerdo N° 26 del 26 de Diciembre de 2002 por el cual se señalan las localidades del territorio del Distrito turístico y cultural de Cartagena de Indias, su denominación, límites y atribuciones administrativas y se dictan otras disposiciones para su organización y funcionamiento. 7p.
- ALCALDÍA MAYOR DE CARTAGENA DE INDIAS. 2006. Decreto N° 063 de 2006 emanado por la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias el 23 de Enero de 2006. Por el cual se establece el Macroproyecto Parque Distrital Ciénaga de la Virgen. 29p.

4. BARBOZA, G.; CARVAJAL, J. 2007. Caracterización geotécnica y análisis de la susceptibilidad a los fenómenos geológicos en el casco urbano de Cartagena. *Rev. Ciencias e Ingeniería al Día*. 3(1):21-34.
5. BERAUD, J.L.; COVANTES, C.; BERAUD, I.P. 2007. Construcción social de las condiciones de riesgo en Mazatlán, Sinaloa. *Revista Electrónica Zacatecana sobre Población y Sociedad*. Año 7, número 31, septiembre-diciembre, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, 18p. Disponible desde internet en: [http://sociales.uaz.edu.mx/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ac992580-85bd-431d-bb4e-7363e22ce69f&groupId=12606](http://sociales.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=ac992580-85bd-431d-bb4e-7363e22ce69f&groupId=12606) (con acceso el 23/07/2013).
6. BORJA, F.; MONTES, C. 2008. La gestión ecosistémica como herramienta territorial para la toma de decisiones. Ecorregiones e integración funcional de carreteras y espacios naturales protegidos en Andalucía. Santander España. Disponible desde internet en: <http://www.aecarretera.com/Ponencia%20F%20Borja%20AEC%20Santander%2008%20def.pdf> (con acceso 23/07/20013).
7. BORJA, F.; ROMÁN, J.M.; MONTES, C.; MOREIRA, J.M.; RODRÍGUEZ, J. 2004. Regionalización Ecológica de Andalucía y Unidades Ecológicas de Gestión en el marco del Plan Director de la RENPA. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla. 85p.
8. BORJA, F.; ROMÁN, J.M.; BORJA, C. 2008. Regionalización ecológica de la vega y marisma del Guadiamar. Aproximación a la trama biofísica del Corredor Verde del Guadiamar. En: *La Restauración ecológica del Río Guadiamar y el Proyecto del Corredor Verde*. Cons. de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla. p.91-100.
9. BORJA, F.; MONTES, C.; ROMÁN, J.M. 2009. Regionalización Ecológica y Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. En: *Proyecto Andalucía. Naturaleza*. Vol. 31 (Ecología IV). Publicaciones Comunitarias. Grupo Hércules. Sevilla. p.119-154.
10. CIOH - CARDIQUE. 1998. Caracterización y diagnóstico integral de la zona comprendida entre Galerazamba y bahía Barbacoas. Tomo II Caracterización. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Cartagena - Colombia. p 412.
11. CIOH. 2010. Climatología de los principales puertos del Caribe Colombiano- Cartagena de Indias D. T. y C. 11p. Disponible desde internet en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ Climatologia%20Cartagena.pdf> (con acceso el 27/12/2013).
12. DANE. 2005. Censo General 2005- Nivel Nacional. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 498p.
13. DIARIO OFICIAL. 2005. Resolución 068 de Enero 28 de 2005, mediante la cual se adopta MAGNA-SIRGAS como el único datum oficial de Colombia. República de Colombia. 2p.
14. EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO ESPAÑA – EME. 2013. Guía del Profesorado. [www.ecomilenio.es](http://www.ecomilenio.es). Disponible desde internet en <http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2013/07/Gu%C3%Ada-profesarado> (con acceso el 23/07/2013).
15. FOLKE, C. 2006. The Economic Perspective: Conservation against Development versus Conservation for Development. *Conserv. Biol.* 20:686-688.
16. GALVIS, M.F. 2007. La generalización en cartografía básica y temática. *Rev. Ingeniería y Tecnología*. 9:207-239.
17. GRUMBINE, R.E. 1994. What is ecosystem management? *Conserv. Biol.* 8(1):27-38.
18. INFORME GEO-CARTAGENA. 2009. Perspectivas del Medio Ambiente Urbana. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Alcaldía de Cartagena de Indias, Establecimiento Público Ambiental de Cartagena-EPA Cartagena y el Observatorio del Caribe Colombiano. 172p.
19. JIANGUO, L.; DIETZ, T.; CARPENTER, S.; ALBERTI, M.; FOLKE, C.; MORAN, E.; PELL, A.; DEADMAN, P.; KRATZ, T.; LUBCHENCO, J.; OSTROM, E.; OUYANG, Z.; PROVENCHER, W.; REDMAN, C.; SCHNEIDER, S.; TAYLOR, W. 2007. Complexity of coupled Human and Natural Systems. *Science*. 317:1513.
20. KLIJN, F. 1991. Hierarchical classification of ecosystems: a tool for susceptibility analysis and quality evaluation for environmental policy. In: Ravera, O. (ed.) *Terrestrial and aquatic ecosystems. Perturbation and recovery*. Ellis Horwood, Chichester. p.80-89.
21. KLIJN, F. 1994. Spatially nested ecosystems – guidelines for classification from a hierarchical perspective. In: Klijn, F. (ed.). *Ecosystem Classification for Environ-*

- mental Management: Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. p.85-116.
22. KLIJN, F.; DE HAES, H.U. 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecol.* 9(2):89-104.
23. MARDONES, G. 2006. Clasificación jerárquica y cartografía de ecosistemas en la zona andina de la Región del Biobío, Chile. *Rev. Geografía Norte Grande.* 35:59-75.
24. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2003. Ecosystems and human well-being: A framework for the assessment. Island Press, Washington D.C., USA, 212p.
25. MITCHELL, B. 1999. La gestión de los recursos naturales y del medio ambiente. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 290p.
26. MONTES, C.; BORJA, F.; BRAVO, M.; MOREIRA, J. 1998. Reconocimiento biofísico de espacios naturales protegidos. Doñana: Una aproximación ecosistémica. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 309p.
27. MORIN, E. 2001. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Editorial Mesa Redonda. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá. Colombia. 67p.
28. NICOLESCU, B. 1999. La transdisciplinariedad: Una nueva visión del mundo. En *La Transdisciplinariedad*. Ed. du Rocher-Monaco. Collection "Transdisciplinarité". Disponible desde internet en: <http://nicol.club.fr/ciret/espagnol/visiones.htm> (con acceso 18/02/2013).
29. PÉREZ, G.J.; SALAZAR, I. 2007. La pobreza en Cartagena: Un análisis por barrios. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER)-Cartagena. Disponible desde internet en: [http://www.banrep.gov.co/publicaciones/pub\\_ec\\_reg4.htm](http://www.banrep.gov.co/publicaciones/pub_ec_reg4.htm) (con acceso el 21/07/2013).
30. SALA, O.; CHAPIN, S.; ARMESTO, J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HÜBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.; JACKSON, R.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.; MOONEY, H.; OESTERHELD, M.; LEROY POFF, N.; SYKES, M.; WALKER, B.; WALKER, M.; WALL, D. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science.* 287:1770-1774.
31. UNEP 2006. Ecosystem Bases Management. Markers for assessing progress. UNEP, GPA. 49p.
32. VALDÉS, C. 2001. Unidades de Paisaje. En "Lineamientos para el ordenamiento territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena De Indias". Serie Investigación 3. Editor: Ernesto Puertas. IDEADE, Pontificia U. Javeriana. Bogotá, D.C. Colombia. Ed. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas Javegraf. p.139-160
33. YAFFEE, S.L. 1999. Three faces of ecosystem management. *Conserv. Biol.* 13(4):713-725.
- Recibido: Julio 29 de 2013  
Aceptado: Febrero 18 de 2014

## Como citar:

Torregroza, E.; Hernández, M.; Barraza, D.; Gómez, A.; Francisco Borja, F. 2014. Unidades ecológicas para una gestión ecosistémica en el distrito Cartagena de Indias (Colombia). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 205-215.



# REFLEXIONES SOBRE LOS PROCESOS DE OCUPACIÓN HUMANA EN LOS PÁRAMOS. SITUACIÓN ACTUAL DEL PÁRAMO VOLCÁN CHILES, COLOMBIA

## REFLECTIONS ON THE OF HUMAN OCCUPATION PROCESSES IN THE PARAMOS. CURRENT SITUATION OF PARAMO VOLCANO CHILES, COLOMBIA

Aida Elena Baca-G. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bióloga Botánica, Esp. Ecología de la Conservación, Grupo de investigación Biología de Páramos y Bosques Andinos, Universidad de Nariño. Ciudadela Universitaria Toro bajo, San Juan de Pasto. Nariño, Colombia, e-mail: aidaebaca@yahoo.com.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 217-226, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Los páramos son ecosistemas andinos que han experimentado, a lo largo de diferentes períodos históricos, profundas transformaciones, las que han alterado o cambiado su dinámica natural, a partir del desarrollo de procesos relacionados con la explotación de actividades productivas, entre las que cabe destacar la agricultura, la ganadería y la minería. Las evidencias sobre la presencia humana en los páramos andinos, datan de más de 10.000 años, siendo más notoria a partir del periodo de la conquista española y alcanzando una mayor incidencia en el período moderno. Este artículo describe y analiza los procesos de ocupación humana de los páramos en Latinoamérica y con un análisis especial, lo sucedido, a nivel local, en los páramos del Volcán Chiles, al sur de Colombia.

Palabras clave: Páramos, historia de ocupación, transformación del ecosistema, actividades humanas.

### SUMMARY

The moors are Andean ecosystems that have experienced over different historical periods profound changes, which have altered or changed its natural dynamics, due to the development of the processes related to the exploitation of production activities among them agriculture, livestock and mining. The evidence of human presence in the Andean moors, has been registered for over 10,000 years, being more evident since the period of the Spanish conquest and reaching a higher incidence in the modern period. This

article describes the processes of human occupation of the paramos in Latin America and, as a special analyses, what has happened in the paramos of Volcan Chiles, south of Colombia.

Key words: Paramos, occupational history, ecosystem transformation, human activity.

### INTRODUCCIÓN

Los páramos latinoamericanos, se extienden en forma discontinua entre las latitudes de 11° norte y 8° sur (Luteyn, 1999). Forman un corredor interrumpido entre la Cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de Huancabamba, en el norte de Perú, con dos complejos más separados, correspondientes a los páramos de Costa Rica y la Sierra Nevada de Santa Marta y con una continuidad en el sur, conformado por las Jalcas peruanas (Mena & Hofstede, 2006). De los 33.978km<sup>2</sup> de áreas de páramo en América, la mayor extensión la tiene Colombia, con 14.434km<sup>2</sup>; seguido por Ecuador, con 12.602km<sup>2</sup>; Perú, con 4.200km<sup>2</sup>; Venezuela, 2.630km<sup>2</sup> y Costa Rica, 80km<sup>2</sup> (Hofstede *et al.* 2003).

Este ecosistema posee una alta biodiversidad y ofrece gran variedad de bienes y servicios ambientales, entre los que se destacan: la continua provisión de agua en cantidad y en calidad y el almacenamiento de carbono atmosférico, que ayuda a controlar el calentamiento global (Hofstede *et al.* 2003; Monasterio & Sarmiento, 1991). De él, algunas comunidades indígenas y campesinas obtienen alimento, medicina, combustible y materiales para sus viviendas y representa,

para algunos grupos humanos, un espacio sagrado y escenario de mitos y leyendas (Mamián G., 1996; Ramón, 2009).

En los páramos, evidencias arqueológicas, paleoecológicas y antropológicas, entre otras, indican la presencia humana desde hace varios miles de años, la que se ha hecho más notoria en las últimas décadas, con el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, mineras y extractivas (Castaño-Urbe *et al.* 2002; Ministerio del Medio Ambiente, 2002). El desarrollo de estas acciones implica, en algunos casos, la realización de quemadas continuas de la cobertura vegetal natural existente (Van der Hammen, 1998; Verweij *et al.* 2003).

Los sistemas de producción empleados en los páramos, las prácticas extractivas y las quemadas causan perturbaciones a diferentes escalas espacio-temporales, produciendo modificaciones en su función, dinámica, estructura, extensión, uso y manejo (Pickett *et al.* 1989; Verweij & Budde, 1992; Molinillo & Monasterio, 2002; Premauer & Vargas, 2004). En las últimas décadas, la continua y progresiva actividad social ha transformado los páramos en su extensión, uso, manejo y adecuación, trayendo, como consecuencia, un deterioro de los componentes básicos ambientales.

El conocimiento sobre la forma como los seres humanos han afectado el ambiente, a través el tiempo y con qué resultados, permite identificar las diversas dinámicas de evolución del sistema, considerando los aspectos de orden social, ideológico, político, económico y ambiental, que condujeron a transformaciones en el territorio (Motta & Perafán, 2010). En este sentido, este documento está orientado a analizar las tendencias históricas y efectos de las acciones humanas sobre el ecosistema de páramo, en las que se tenga presente el rol de las dinámicas culturales y las prácticas de uso del entorno de las comunidades indígenas y campesinas, a nivel latinoamericano, nacional y local, como es la zona paramuna del Volcán Chiles, al sur de Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de una búsqueda exhaustiva y análisis de trabajos de investigación, documentos, informes y artículos científicos alrededor de las dinámicas de funcionamiento, usos y amenazas de los páramos, se describe la dinámica de uso y ocupación de los páramos latinoamericanos. El análisis de los páramos del volcán Chiles, se obtuvo a partir de imágenes satelitales landsat (años 1997, 2002, 2011), recorridos de campo por la zona de estudio y entrevistas semiestructuradas a un grupo de personas (adultos y ancianos) de la Etnia Pastos, pertenecientes a tres grandes familias, sobre la relación de la comunidad con los páramos. Se empleó como instrumento la Evaluación Rápida de zonas rurales, según lo recomendado por Tuxill & Nabhan (2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Reyes *et al.* (1996), a partir de un bosquejo histórico-social de los páramos, se puede determinar que la alta montaña ecuatorial fue un escenario de ocupación en el que tuvieron lugar los diversos procesos sociales y culturales de los distintos grupos andinos. En este contexto, la cobertura vegetal del páramo estuvo marcada por una dinámica de cambio constante, generada, en un principio, por procesos de evolución natural del territorio, pero una vez conformado el páramo, se convirtió en un espacio en el que la población indígena y campesina comenzó a desarrollar prácticas extractivas de aprovechamiento. En los registros palinológicos aparecen indicios de cambios en la vegetación paramuna, atribuibles a actividades antrópicas, hacia el año 1.200 AP (Van der Hammen *et al.* 1973).

Los estudios del paleoambiente, la arqueología del paisaje, la etnohistoria, los registros históricos, la cartografía, memoria y tradición oral son fuentes de información registradas en el paisaje, en la cultura material y en la memoria social, que permiten interpretar los problemas del mundo, a través de las relaciones entre sociedad y ambiente (Ospina, 2008). Para el caso de los páramos con la antropogenia, la etnología, la arqueología y la paleoecología, entre otras, se ha logrado reconstruir su pasado y presente, pudiendo evidenciar que, históricamente, el hombre ha dejado su huella, como registro real de su presencia en este ecosistema.

De acuerdo con la historia, el proceso de la transformación del páramo se puede dividir en seis períodos principales: prehispanico, incaico, conquista, colonia, república y moderno (Molinillo & Monasterio, 2002; Ramón 2009).

Las evidencias arqueológicas y paleoecológicas halladas en los páramos indican la presencia de grupos humanos desde hace varios miles de años, posiblemente, 3000 años AP (Hofstede *et al.* 2002). Las zonas de altura eran sitios de producción no intensiva y utilizada para la recolección de plantas y caza de animales (Van der Hammen, 1998; Mena *et al.* 2009).

Durante la primera mitad del período lítico, la supervivencia de los grupos humanos, se basaba en la caza de grandes herbívoros, como mastodontes (*Cuvieronius hyodon* y *Haplomastodon* sp.) y, a más baja escala, especies menores, como venados (*Odocoileus virginianus*), roedores, como ratón, curí (*Cavia porcellus*), conejo (*Oryctolagus* sp.); armadillos (*Dasybus* sp.), zorros (*Atelocynus* sp.) y perros de monte (*Speothos* sp.) (Correal & Van der Hammen, 1977; Correal, 1981). Grupos precolombinos, como Muisca, Kogui, Tolima y Quimbaya, entre otros, extraían del páramo vegetales para diferentes usos, además de realizar rituales en ellos (Reichel-Dolmatoff, 1982; González & Cárdenas, 1995).

En Ecuador y norte de Perú existieron evidencias de uso para caza de conejos, de venados y de tórtolas; recolección de leña, hierba y plantas medicinales y obtención de agua (Recharte & Gearheard, 2001).

En la época prehispánica los páramos estuvieron ocupados, de manera temporal, por poblaciones aborígenes (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Se ascendía a las cumbres parameras en tiempos favorables, teniendo en cuenta los ciclos alimentarios y reproductivos, propios de la fauna que trasegaba las vertientes, desde los piedemontes a los páramos. Fundamentalmente, los páramos fueron asumidos como representaciones míticas, religiosas y simbólicas, de acuerdo con la diversidad de ambientes de alta montaña y con la riqueza cultural indígena (Balslev & Luteyn, 1992).

Una gran diferencia entre el uso de los páramos del sur de los Andes y los del norte, se originó por la colonización Inca, que llegó hasta el Sur de Colombia. Los incas comenzaron en los páramos un proceso muy inicial de construcción de terrazas en las zonas escarpadas, contiguas a los valles, desarrollando mecanismos de producción dual: maíz (*Zea mays*), en las partes bajas y papa (*Solanum tuberosum*), en las alturas (Ramón, 2000).

En la zona norandina, no se acogía el esquema binario, sino que se cultivaban hasta 24 productos combinados (Ramón, 2009), con un control de pisos ecológicos, conocido como la microverticalidad. La introducción de llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Lama pacos*) y la tecnificación de la agricultura, terrazas, riego y nuevos cultivos, permitieron la ocupación de nuevos espacios, a mayor altitud (Mena & Hofstede, 2006). Toda la infraestructura Inca para comunicar los valles interandinos y superar las barreras longitudinales andinas, caminos, guarniciones, fortificaciones y observatorios estaba construida en páramos. Lo anterior causó un gran impacto en el ecosistema, similar al de la conquista española (Ramón, 2000).

Durante el período de la Conquista, en todo el territorio andino, los españoles introdujeron vacunos, equinos y ovinos y muy intensamente el cultivo de cereales (Molinillo & Monasterio, 2002). Los bosques aledaños a los páramos empezaron a ser talados y quemados, con el fin de usar leña para calentar y madera para construcciones y minería, estrechando la distancia entre la frontera agrícola y paramuna (Hofstede *et al.* 2003). Inició, además, un proceso de erosión y de degradación, que se incrementó con el pastoreo y la desecación de lagunas, para la plantación de árboles provenientes de España o para el pastoreo de vacas (Ramón, 2000; 2009).

Los indígenas cultivaban y manejaban una gran variedad de productos vegetales, que empleaban de diferentes formas

e intercambiaban, a través del trueque; sin embargo, tras la conquista española, se impusieron patrones agropecuarios distintos a los que practicaban los pueblos prehispánicos (Suquilanda, 1996). Estos nuevos modelos agrícolas, se fundamentaban en los monocultivos, en los que se utilizaba especies introducidas, como el trigo (*Triticum aestivum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*). Por desconocimiento y por las complejas relaciones de poder económico y cultural que se estaban presentando, la conquista de América, desde el punto de vista ecológico, significó una brutal reducción de la diversidad de uso de los recursos naturales, lo cual, condujo a bajar, sustancialmente, las potencialidades aprovechables de los distintos ecosistemas (Brailovsky, 2006).

Durante el período de la colonia, en el páramo se evidenció un cambio relacionado con la introducción del estilo europeo de manejo de tierras, basado en riegos y en barbecho (Ramón, 2009). La institución de la encomienda permitió combinar las actividades pecuarias con la producción de cereales, trigo y cebada, principalmente, y la agricultura tradicional (Ortiz, 2009; Mena & Hofstede, 2006).

En Perú, los páramos, también llamados Jalcas, fueron incorporados como territorio conquistado a las haciendas, que caracterizaron la tenencia de la tierra, hasta los tiempos de la República. Tanto colonos de hacienda como arrendatarios dedicaron las tierras a la cría de ganado ovino, vacuno, caballar y porcino (Sánchez, 2003). En Ecuador, el ecosistema paramuno se convierte en una extensa zona para el pastoreo de ovejas (*Ovis aries*). El matorral andino retrocede y comienza la práctica de quema para el rebrote de pasto para los borregos, de tal manera que el páramo adquiere una vegetación predominantemente baja, dominada por gramíneas (Ortiz, 2003).

En Colombia, a partir de 1821, los grupos indígenas de las zonas andinas fueron agrupados en resguardos, por encima de los 3.000 metros de altura, iniciándose el proceso de colonización del páramo y unido a ello, la marginación social de la población rural e indígena y la sobreexplotación del ecosistema (Friede, 1976; Bernsen, 1991; Triana, 1992), en los casos específicos del Macizo colombiano, la cordillera Central del Gran Tolima, la Sierra Nevada del Cocuy y los páramos del Cumbal.

En todos los páramos latinoamericanos, durante el siglo XIX y comienzos del XX, el proceso de poblamiento y apropiación del territorio, iniciado durante la colonia, desembocó en la intensificación de las actividades productivas y extractivas de productos forestales maderables y no maderables, como leña, maderas, plantas medicinales, tintes, resinas y gomas; adicionalmente minerales, como galena, carbón y sal (Mena & Hofstede, 2006, Ramón 2009).

La introducción de ganado y de cultivos de origen hispánico, provocaron fuertes impactos ecológicos y sociales en el territorio paramuno. En general, se puede afirmar que con la ocupación española, se transformó en los ecosistemas de páramo el uso del territorio: ingresó la ganadería a áreas consideradas anteriormente como sagradas y se reemplazaron múltiples variedades vegetales, localmente adaptadas, que se utilizaban en los sistemas agrícolas tradicionales, por variedades introducidas.

Los procesos de transformación del páramo han sido constantes, siendo en algunos momentos mucho más intensos los cambios, como en caso del periodo moderno; en él, se aprecia, la incidencia antrópica sobre estos ecosistemas. Se estima que en conjunto, en los cuatro países latinoamericanos, cerca de un 30% del páramo está en estado "natural"; 40% presentan un estado modificado y un 30% corresponde a ecosistemas muy degradados (Llacsá, 2005). En el contexto latinoamericano, ha sido difícil calcular la población humana que habita en el páramo, ya que sólo una parte vive y trabaja en él, mientras que otra vive en pueblos cercanos y no dependen directamente de éste (Recharte & Gearheard, 2001).

La reforma agraria, ocurrida entre 1960 y 1970, causó la ocupación permanente del páramo de grupos humanos, generalmente de bajos recursos y poco acceso a técnicas adecuadas de producción (Mena & Hofstede, 2006). Como consecuencia de ello, sucede un cambio drástico en la agricultura tradicional, en las partes más altas y una intensificación del pastoreo, en las partes más bajas (Bernsen, 1991; López-Zent, 1993).

En los páramos, como en los demás ecosistemas, la agricultura pasó del policultivo al monocultivo y se hizo más independiente del medio ambiente, mediante el riego, los fertilizantes químicos y los plaguicidas, lo cual, se hizo posible gracias a la innovación tecnológica y a la energía proveniente de los combustibles fósiles (Marten, 2001). En la mayoría de estos ecosistemas, se desarrollan actividades mineras, forestación con especies introducidas y construcción de vías, acueductos, sistemas de drenaje y represas (Hofstede *et al.* 2002; Young, 1994).

Actualmente, en zonas paramunas existen asentadas comunidades indígenas y campesinas, que practican la agricultura a pequeña escala, la ganadería bovina y ovina y quemas asociadas. Según Hofstede (2003), un 60% de todos los páramos están bajo uso continuo. La influencia de la cultura occidental modificó muchas de las costumbres de los diferentes grupos indígenas en Latinoamérica, como es el caso del uso de calendarios solares y lunares, para determinar los periodos de siembra y de cosecha de los cultivos (Mamián G., 1996). Los pueblos americanos tenían una acti-

tud religiosa hacia la naturaleza y le rendían culto a diversas variantes de la madre tierra, lo cual, permitía mantener la dinámica y el equilibrio natural de los páramos y una relación más estable con su territorio.

Actualmente, de las áreas de páramos totales, en Ecuador, el 40% está transformado en cultivos, pastos sembrados o tierras erosionadas y un 30% más está modificado en pajonales que, regularmente, se queman y sufren pastoreo moderado (Quintanilla, 1983; Hofstede *et al.* 2003). En Perú, además de la ocupación de los suelos para agricultura y ganadería, ocurre un proceso de poblamiento paulatino de las partes altas, por encima de los 3.000 m (Sánchez, 2003). Mientras en Venezuela, los páramos son ocupados por campesinos que manejan sus cultivos, como agroecosistemas paperos, donde se conservan antiguas prácticas de rotación de cultivos de tubérculos y agroecosistemas trigueros, orientados hacia el autoconsumo. Este sistema fue implantado desde el siglo XVI y preserva las prácticas y los conocimientos tradicionales adaptadas a las condiciones del páramo y han subsistido en el transcurrir del tiempo (Molinillo & Monasterio, 2003).

En Colombia, la vegetación original de la zona de ecotonía ha disminuido notablemente, porque las áreas originales fueron dedicadas al pastoreo o al cultivo de papa, en la franja altoandina, de las tres cordilleras (Rangel, 2000). Por otra parte, a partir de los años 70 y 90, la expansión agrícola ha estado unida a los cultivos de uso ilícito, como marihuana (*Cannabis sativa*) y amapola (*Papaver sp.*) y, por lo tanto, al desarrollo del narcotráfico con todas las implicaciones que ello conlleva.

Simultáneamente, por la posición estratégica de zonas aisladas y de fuerte relieve, los páramos se convirtieron en refugios para grupos armados. Carrizosa (2003) sostiene que la violencia partidista de los cincuenta, el surgimiento de la guerrilla en los sesenta y el auge del narcotráfico en los ochenta encontraron un escenario muy favorable en la complejidad de los ecosistemas colombianos.

De acuerdo con Castaño-Urbe *et al.* (2002), en el país, anualmente se elimina entre el 6 y 8% de la superficie de páramos, debido a los incendios realizados, con el fin de habilitar pasturas para introducir ganado vacuno, ovino y equino. Estas acciones, se desarrollan en mayor escala en los departamentos de Boyacá, de Cundinamarca y de Nariño y un poco menos en Cauca, Huila, Tolima y Valle; estos últimos, debido a que las zonas paramunas se encuentran como parte de parques nacionales.

Para el caso del departamento de Nariño, de los cuatro complejos paramunos que posee, sólo los pertenecientes a los Volcanes Galeras y Doña Juana-Machetes, se hallan en áreas protegidas, los demás, como los Azonales de la Cocha, Ove-

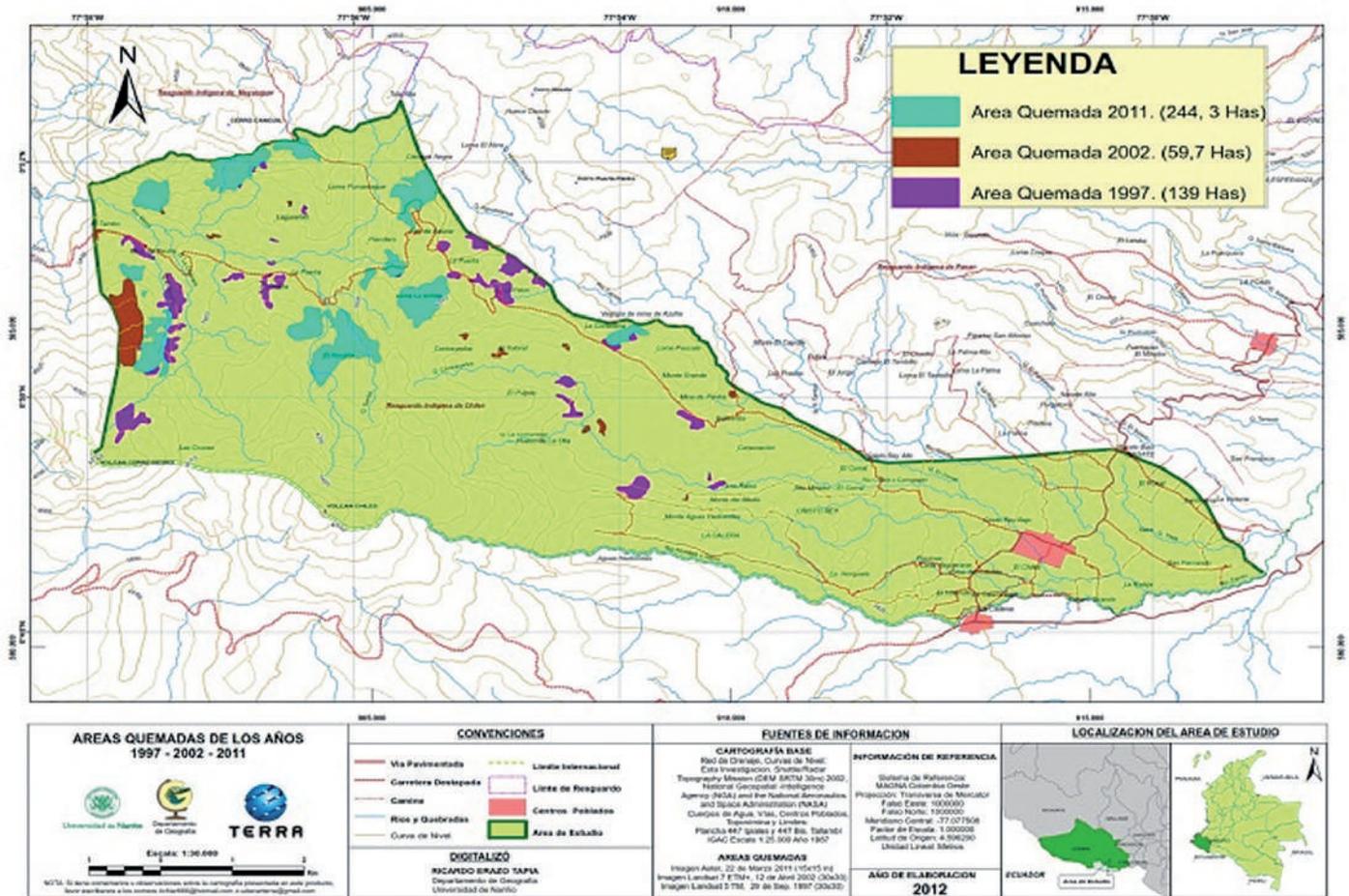
jas- El Tábano y Paja Blanca y los volcanes Morasurco, Azufra, Chiles-Cerro Negro y Cumbal, se encuentran ocupados por comunidades indígenas y campesinas, principalmente.

Al nivel regional, los procesos de ocupación en los páramos por los grupos humanos han sido similares a los ocurridos en Latinoamérica. Ejemplo de ello, es la dinámica desarrollada por la comunidad indígena de los Pastos en los páramos del Volcán Chiles, localizados en el corregimiento de Chiles, municipio de Cumbal, Departamento de Nariño, parte del Nudo de los Pastos –complejo volcánico Chiles-Cerro Negro (Sinsajoa, 2008) (Mapa 1).

De acuerdo con la información obtenida en las entrevistas, el páramo es considerado un ecosistema importante por los productos y el agua que les proporciona. Para las personas mayores de 60 años (45% de los entrevistados), el páramo es vida, porque de allí sacaban sus antepasados los recursos vegetales y animales, para mantener a la familia.

En general, todos los entrevistados están de acuerdo en que desde, aproximadamente, hace unos 100 años, los páramos del Volcán Chiles han sido utilizados para pastoreo de ganado equino y vacuno (ganadería de leche y de lidia), hasta 300 cabezas de ganado. Aunque en la actualidad ha disminuido la cantidad de ganado en el ecosistema paramuno, se continúa realizando, como practica ancestral, la quema de grandes extensiones de frailejonal-pastizal, con el propósito de proporcionar al ganado rebrotes tiernos de pasto. Esta práctica es la que se conoce como herbivoría pírica.

En la época preincaica, los indígenas Pastos cazaban esporádicamente cérvidos, sacha cuy (*Agouti taczanowskii*) y mastodontes (*Haplomastodon* sp.) (Gutiérrez, 2002). De la entrevista, se logró determinar que, aproximadamente, hasta los años 90, se cazaba diferentes variedades de venado: blanco, soche y chonta (*Odocoileus virginianus*, *Mazama rufinas* y *Pudu mephistophiles*), así como conejo (*Sylvilagus brasiliensis*) y sacha cuy, con el fin de obtener carne



Mapa 1. Páramos del volcán Chiles, corregimiento de Chiles, con áreas afectadas por quemadas, en tres periodos de tiempo (1997, 2002 y 2011).

para la familia. Sostienen que, en la actualidad, no lo hacen porque está prohibido y porque las poblaciones de animales han disminuido notablemente.

Afirman que hasta hace unos 15 años todas las familias extraían leña y madera de los bosques altoandinos y de los páramos, pero que con la llegada del gas, disminuyó marcadamente, la presión sobre los montes; sin embargo, en los recorridos aún se pueden observar que algunas familias extraen de los bosques entre 3 y 4 metros cúbicos de leña, que es vendida en las veredas del resguardo o utilizada para autoconsumo. Igual situación ha ocurrido con la madera: se extraía y aun se hace, especies como *Weinmannia pubescens* (Encino), *Polylepis sericea* (capote) y *Miconia* sp. (amarillo), las que emplean en la construcción de las viviendas. Del páramo, se extraen recursos no maderables con distintos fines: Alimenticios (*Puya clava-herculis*, *Vaccinium floribundum*), medicinales (*Lasiocephalus ovatus*, *Ranunculus guzmanii*, *Satureja nubigena* y *Valeriana microphylla*), entre otras y artesanales (*Gynoxys* sp.)

En tiempos preincasicos (hacia 1.530 n.e.), se cultivaban en terrazas a 3.000 msnm, tubérculos como papa (*Solanum tuberosum*), ocas (*Oxalis tuberosa*), ollocos (*Ullucus tuberosus*), además de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) (Delgado, 2004). Durante el siglo XX, como un sistema agrícola tradicional, los grupos familiares de Chiles cultivaban en la chagra o huerta, gran variedad de plantas alimenticias: habas, papa chaucha, ollocos, ocas, quinua, que representaban un medio de subsistencia para muchos hogares. Desafortunadamente, hoy en día son pocas las familias que mantienen la chagra, porque consideran que no es rentable y prefieren criar ganado para leche y cultivar papa. Quiénes lo hacen siembran cebolla, lechuga, papa, zanahoria y col.

Los Pastos tenían asentamientos en distintos pisos ecológicos y manejaban una red de intercambio con regiones apartadas (Mamián G., 1996). Sostiene, que aún se practica el trueque: intercambian la papa, la cebolla, las ocas del clima frío por el maíz, el plátano, la panela y el ají de climas más cálidos e, inclusive, intercambian animales, por ejemplo, los perros por una gallina.

Según el análisis de las imágenes satelitales de 1997, 2002 y 2011, la cobertura vegetal del complejo volcánico Chiles está distribuida en tres categorías: misceláneas, conformada por cultivos y pastos introducidos y naturales; Vegetación arbórea y arbustiva (especies de *Polylepis* sp., *Weinmannia* sp., *Hedyosmun* sp., *Miconia* sp., *Diplostephium* sp., *Monticalia* sp. y *Gynoxys* sp.) y Vegetación Pastizal-Frailejona (dominada por *Calamagrostis*, *Rhynchospora*, *Espeletia pycnophylla* y *Blechnum loxense*). Las áreas cercanas al cráter del volcán están desnudas de vegetación (Figura 1).

Basado en el recorrido de campo, se pudo determinar que, actualmente, los principales usos del suelo en el páramo Chiles son los siguientes: entre 2.800 y 3.000 metros de altitud, se realizan actividades agrícolas, con cultivos de papa, principalmente; a menor escala, se cultivan hortalizas, como habas (*Vicia faba*), arvejas (*Pisum sativum*), ollocos y repollo (*Brassica oleracea* var *capitata*); a partir de los 3.000 metros y llegando, inclusive, hasta los 3.800, los suelos se emplean para ganadería de leche, con pastos introducidos y naturales (*Calamagrostis effusa*, *Rhynchospora* aff. *ruiziana*, *Holcus lanatus*, *Festuca asplundii* y *Paspalum bonplandianum*).

Aunque desde la cosmovisión de la Etnia de Los Pastos, el territorio es un organismo vivo, con lugares sagrados, como los volcanes, las lagunas, los montes y los páramos, las observaciones de campo confirman que para el desarrollo de las



Figura 1. Cobertura vegetal de los páramos del volcán Chiles, Nariño, Colombia.

actividades que se realizan en la zona, se practica la tala de la vegetación arbórea y arbustiva y quemas en pajonales-frailejonales, principalmente; unido a lo anterior, se realizan drenajes, para desecar las áreas de pantano. De acuerdo con las familias entrevistadas, tanto la ganadería como la agricultura, son prácticas que se han desarrollado en los páramos por varias generaciones, al igual que el uso del calendario lunar, para las siembras en la chagra. Dentro de las costumbres ancestrales de los indígenas Pastos, se destaca la ceremonia del "lavado de varas", que aun realizan en las lagunas cercanas al volcán Chiles, cuando hay cambio de gobierno. Ésta, se debe cumplir como un rito de agradecimiento a la "Pacha Mama" y de purificación con el agua de las varas de justicia, que significan la rectitud y transparencia de las autoridades.

En general, se puede determinar que en todos los páramos Latinoamericanos, se practican actividades que causan disturbios y producen fragmentación o disminución de áreas de subpáramo, páramo y superpáramo. Los resultados son cambios internos en la estructura y en la composición del sistema, degradación del suelo y alteraciones en la calidad y en la cantidad del recurso hídrico, generando un paisaje altamente heterogéneo, a manera de mosaico, que afecta los servicios ambientales y altera los regímenes de disturbios naturales y el equilibrio dinámico, propio del ecosistema. Criollo (2008) considera que parte del problema ambiental radica en la orientación antropocéntrica que el hombre ha impuesto en su relación con el entorno, ya que la naturaleza es considerada como objeto del derecho que regula un mundo creado a imagen del ser humano, es decir, un derecho que reduce a la naturaleza a los intereses de la especie *Homo*, sin tener en cuenta la complejidad de los ecosistemas que la conforman ni los procesos temporales de reversibilidad o regeneración de éstos.

Se estaría cumpliendo aquí la hipótesis de Ellis & Ramankutty (2008), respecto a que la heterogeneidad de los páramos los ha convertido en un bioma antropogénico, porque forman un mosaico de paisajes diversos, donde se combina una variedad de diferentes usos y coberturas de la tierra, debido, tanto a las acciones humanas que allí se realizan como a la variación natural en la hidrología del terreno, los suelos, el clima y los regímenes de perturbación, como incendios; sin embargo, ante estos procesos de transformación del paisaje paramuno, aún existen factores que pueden contribuir a disminuir el deterioro de este valioso ecosistema, entre ellos, se puede destacar: en los países con áreas de páramo existe, a nivel constitucional o legal, una normatividad conducente a la conservación y al manejo del ecosistema, así como la regulación de las actividades que allí se puedan desarrollar (Ecovera, 2009) y prueba de ello, son las 36 áreas protegidas para Latinoamérica por entidades gubernamentales registradas, que contribuyen a la conservación y recuperación del ecosistema (Hofstede *et al.* 2003).

Además, en los últimos años, se ha retomado la implementación de las prácticas de cultivo, que eran desarrolladas por los antepasados, soportado en el conocimiento ecológico tradicional de pueblos y de comunidades indígenas y campesinas, teniendo en cuenta que las leyes, las costumbres y las prácticas tradicionales reflejan tanto la adhesión al territorio como la responsabilidad por la conservación de las tierras tradicionales para su uso, por las generaciones futuras. Ejemplo de ello, son las técnicas que utilizaban las comunidades indígenas precolombinas, como: las huertas o policultivos pequeños, donde se mezclaban maíz, frijoles y papas; la descomposición en superficie de los residuos de anteriores cosechas, para aportar nutrientes al suelo; el mantenimiento de tierras en barbecho, que permitía la utilización de un lote, una o dos veces, para dejarlo descansar varios años y el empleo de herramientas, como hachas de piedra, bastón o palos para labrar la tierra (Patiño, 1997; Langebaek, 1987).

Según Worster (2008), muchas prácticas agrícolas que una vez fueron vistas como primitivas o mal orientadas están siendo reconocidas como sofisticadas y adecuadas, porque en la medida en que mejor se ha ido comprendiendo cómo interactúan los sistemas agrícolas con la naturaleza, los científicos han descubierto múltiples razones para respetar los antiguos logros históricos de miles de agricultores tradicionales anónimos. Finalmente, teniendo en cuenta los bienes y los servicios que ofrecen el ecosistema paramuno debe ser protegido como un bien común, ya que los páramos son de interés público y social. Igualmente, sería conveniente replantear la relación que existe, en la actualidad, entre ser humano-naturaleza, atendiendo a la propuesta de Ost (1996), quien considera que sería más razonable regular la relación del ser humano con la naturaleza, sus modos de acceso a ésta e, inclusive, firmar tratados sobre la naturaleza.

**Agradecimientos:** La autora agradece a la Doctora Aceneth Perafán del Departamento de Historia de la Universidad del Valle, por sus aportes en la revisión del documento. **Financiación:** Este estudio fue realizado con el apoyo de la Universidad de Nariño. **Conflicto de interés:** La autora declara que no existe ningún conflicto de intereses, que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BALSLEV, H.; LUTEYN, J.L. 1992. Páramo. An Andean ecosystem under human influence. Academic Press. Londres. 282p.
2. BERNSEN, O. 1991. Observaciones preliminares sobre el cultivo en zonas de páramo de Colombia. Nov. Col. 3:63-73

3. BRAILOVSKY, A. 2006. Ambiente y Sociedades en Iberoamérica. Los conflictos ambientales en la perspectiva del largo plazo. La coevolución naturaleza –sociedad. En: *Lecturas de Clase Tópicos Ambientales I: Ambiente y Cultura. Módulo I.* 14p.
4. CARRIZOSA U., J. 2003. Colombia de lo imaginario a lo complejo. Reflexiones y notas acerca de ambiente, desarrollo y paz. Bogotá, D.C.: Inst. Estudios Ambientales, U.N. de Colombia. 203p.
5. CASTAÑO-URIBE, C.; CARRILLO, R.; SALAZAR, F. 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia. Tomo III. Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia 2001. IDEAM. Min. Medio Ambiente. Bogotá. 595p.
6. CORREAL, G. 1981. Evidencias culturales y megafauna pleistocénica en Colombia. *Fund. Invest. Arqueol. Nales.* Banco de la República. Bogotá, 148p.
7. CORREAL, G.; VAN DER HAMMEN, T. 1977. Investigaciones arqueológicas en los abrigos rocosos del Tequendama. Biblioteca Banco Popular. Bogotá. 194p.
8. CRIOLLO, R. 2008. Perspectivas Futuras del Derecho Ambiental. En: *Los derechos del Planeta/Derecho Ambiental.* Disponible desde Internet en: <http://losderechosdelplaneta.blogspot.com/2008/03/perspectivas-futuras-del-derecho.html> (con acceso 09/01/2014).
9. DELGADO T., J.M. 2004. *Crónica de los Pastos*, 1ª Ed. Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador. 168p.
10. ECOVERSA. 2009. Identificación de instrumentos legales, regulatorios, técnicos y económicos relacionados con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas de páramo en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. CONDESAM, GEF y PNUMA. Quito, Ecuador. p.17.
11. ELLIS, E.; RAMANKUTTY, N. 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Front. Ecol. Environ.* 6(8):439-447.
12. FRIEDE, J. 1976. *El indio en la lucha por la tierra.* Tercera edición ampliada y revisada. Bogotá: Punta de Lanza. 25p.
13. GONZÁLEZ, F.; CÁRDENAS, T. 1995. El páramo un paisaje deshumanizado: El caso de las provincias del Norte y Gutiérrez (Boyacá-Colombia). En: *ECOAN. El Páramo. Ecosistema de alta montaña. Serie Montañas Tropoandinas. Vol. 1. Fund. Ecosist. Andinos-ECOAN.* p.64-81.
14. GUTIÉRREZ, A. 2002. Dioses, símbolos y alimentación en los Andes: Interrelación hombre-fauna en el Ecuador Prehispánico. Ed. Abya-Yala. Quito, Ecuador. 437p.
15. HOFSTEDE, R. 2003. Los páramos en el mundo: Su diversidad y sus habitantes. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena, V. (eds) *Los páramos del mundo. Proy. Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.* Quito. p.15-38.
16. HOFSTEDE, R.; SEGARRA, P.; MENA, V. 2003. Los páramos del mundo. *Proy. Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.* Quito, 299p.
17. HOFSTEDE, R.; COPPUS, R.; MENA, P.; SEGARRA, P.; WODLF, J.; SEVINK, J. 2002. El Estado de Conservación de los Paramos de Pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos.* 15(1):3-18.
18. LANGEBAEK, C. 1987. Modelos, poblamiento e integración étnica entre los Muisca. Siglo XVI. Banco de República. Bogotá. p.168.
19. LLACSA, T.J. 2005. El aspecto cultural de la conservación in situ de los cultivos nativos en el Perú. *Rev. Est. Exp. Agr. Andenes.* Cuzco. 3(5):6-7.
20. LÓPEZ-ZENT, E. 1993. Plants and people of the Venezuelan páramos. *Antropología.* 79:17-42.
21. LUTEYN, J.L. 1999. Páramos: A Checklist of plant diversity, geographic distribution and botanical literature. *Mem. N.Y. Bot. Garden.* 84:1-278.
22. MAMIÁN G., D. 1996. Los Pastos. En: López, P.; Cerón, C.; Mamián G., D.; Zambrano, C. (eds). *Geografía Humana de Colombia, Tomo IV, Vol. 1.* Inst. Col. Cultura Hispánica, Santa Fe de Bogotá. Disponible desde internet en <http://www.banrepcultural.org/blavirtual/geografia/geohum4/pastos4.htm> (con acceso 06/06/2011).
23. MARTEN, G. 2001. *Ecología humana: Conceptos básicos para el desarrollo sustentable.* Ed. Earthscan Publications. 256p.
24. MENA, P.; HOFSTEDE, R. 2006. Los páramos ecuatorianos. En: M. Moraes R.; Øllgaard, B.; Kvist, L. P.; Borchsenius F.; Balslev, H. (Eds.). *Botánica Económica*

- de los Andes Centrales. Vol 91. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. p.91-109.
25. MENA, P.; MORALES, M.; ORTIZ, P.; RAMÓN, G.; RIVADENEIRA, S.; SUÁREZ, E.; TERÁN, J.F.; VELÁZQUEZ, C. 2009. Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador. EcoCiencia-Abya Yala. Quito. 132p.
  26. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2002. Páramos: Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña colombiana. Bogotá. 72p.
  27. MOLINILLO, M.F.; MONASTERIO, M. 2003. Los páramos de Venezuela. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena, V. (eds). Los páramos del mundo. Proy. Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, p.205-236.
  28. MOLINILLO, M.F.; MONASTERIO, M. 2002. Patrones de Vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotrópicos* 15(1):19-34.
  29. MONASTERIO, M.; SARMIENTO, L. 1991. Adaptive radiation of *Espeletia* in the cold Andean tropics. *Trend Ecol. Ev.* 6(12):387-391.
  30. MOTTA, N.; PERAFÁN, N. 2010. Historia ambiental del Valle del Cauca. Geoespacialidad, cultura y género. Unidad de Artes Gráficas, Fac. Humanidades, U. del Valle. 199p.
  31. OSPINA, G. 2008. Problemas abiertos a la investigación sobre las interacciones entre sociedad y ambiente. En: López, C.E.; Ospina, G.A. (eds). *Ecología Histórica: Interacciones Sociedad Ambiente a distintas escalas Espaciotemporales*. U. Tecn. Pereira, U. Cauca, Soc. Col. Arqueología. Ed. Postergraph S.A. Pereira. p.13-18.
  32. ORTÍZ, D. 2003. El páramo en Ecuador. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena, V. (eds). *Los páramos del mundo*. Proy. Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, p.91-157.
  33. ORTÍZ, P. 2009. Páramo y agro. En: Mena Vásconez, P.; Morales, M.; Ortiz, P.; Ramón, G.; Rivadeneira, S.; Suárez, E.; Terán, J.F.; Velázquez, C. *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador*. EcoCiencia-Abya Yala. Quito. p 52-82.
  34. OST, F. 1996. *Naturaleza y Derecho. Para un debate ecológico en profundidad*. Mensajero. Bilbao. p.191-193.
  35. PATIÑO, V.M. 1997. *La tierra en América Equinoccial*. Bogotá, Colombia, Imprenta Nacional. p.405.
  36. PICKETT, S.; COLLINS, S.; ARMESTO, J. 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*. 54:129-136.
  37. PREMAUIER, J.; VARGAS, O. 2004. Patrones de diversidad en vegetación pastoreada y quemada en un páramo húmedo (parque Natural Chingaza, Colombia). *Ecotrópicos*. 17(1-2):52-66.
  38. QUINTANILLA, V. 1983. Observaciones fitogeográficas en el páramo de la Cordillera Oriental del Ecuador. *Bull. l'Institut Francais d'études Andines*. 12(1-2):55-74.
  39. RAMÓN, G. 2000. Cambios históricos en el manejo de los páramos serranos. Manejo, recuperación y conservación de los suelos serranos. CAMAREN. Quito. 236p.
  40. RAMÓN, G. 2009. Conocimiento y prácticas ancestrales. En: Mena Vásconez, P.; Morales, M.; Ortiz, P.; Ramón, G.; Rivadeneira, S.; Suárez, E.; Terán, J.F.; Velázquez, C. (eds). *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador*. EcoCiencia-Abya Yala. Quito. p.11-20.
  41. RANGEL, J.O. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. En: Rangel, J.O. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. U.N. de Colombia. Inst. Ciencias Naturales. Bogotá. p.1-23.
  42. RECHARTE, H.; GEARHEARD, J. 2001. Los páramos altamente diversos: Ecología política de una región. En: Mena V., Medina, G.; Hofstede, R. (eds). *Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas*. Abya/Yala. Proy. Páramo Andino. p.55-85.
  43. REICHEL-DOLMATOFF, G. 1982. *Colombia indígena, manual de la historia de Colombia*. Vol. I. Procultura. Bogotá. p.33-115.
  44. REYES, P.; MOLANO, J.; GONZÁLEZ, F.; CORTÉS, A.; RANGEL O.; FLÓREZ, A.; IRIARTE, P.; KRAUS, E. (eds.) 1996. *El páramo, un ecosistema de alta montaña*. Serie Montañas Tropoandinas. Vol I. Fundación Ecosistemas Andinos. Santafé de Bogotá. 168p.
  45. SÁNCHEZ, P.E. 2003. La gente en el páramo Jalca. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena, V. (eds). *Los páramos*

- del mundo. Proy. Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, p.184-203.
46. SINSAJOA, Y. 2008. Cartografía y análisis geográfico del Páramo de Chiles. Proy. Páramo Andino transfronterizo. Consolidación del manejo ambiental del resguardo indígena de Chiles. Convenio TP 37 de primero de noviembre de 2007. WWF Colombia. 86p.
47. SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa Tecnológica del Futuro. UPS. Fundagro. Quito - Ecuador, 654p.
48. TRIANA, A. 1992. La Colonización española en el Tolima en los siglos XVI y XVII. Bogotá: FUNCOL. p.308.
49. TUXILL, J; NABHAN, G. 2001. Plantas, comunidades y áreas protegidas. Una guía para el manejo *in situ*. Ed. Nordan-Com. Montevideo. 226p.
50. VAN DER HAMMEN, T.; VERNER, J.H.; VAN DOMMELLEN, H. 1973. Palinological record of the upheaval of the Northern Andes: A study of the Pliocene and lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 16:1-122.
51. VAN DER HAMMEN, T. 1998. Páramos. En: Chaves, M.E.; Arango, N. (eds). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997 - Colombia. Tomo I. Ins. Invest. Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Min. Medio Ambiente. Bogotá. p.10-37.
52. VERWEIJ, P.; BUDDE, P.E. 1992. Burning and grazing gradients in paramo vegetation: Initial ordination analyses. En: Balslev, H.; Luteyn, J.L. (eds.): *Paramo an Andean Ecosystem under Human Influence*. Acad. Press. Londres. p.177-195.
53. VERWEIJ, P.A.; KOK, K.; BUDDE, P.E. 2003. Aspectos de la transformación del páramo por el hombre. En: Van der Hammen, T., Dos Santos, A.G. (eds.). *Estudios de ecosistemas tropoandinos*. Vol. 5. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados. Berlin-Stuttgart. Germany: Cramer (Borntraeger). 545p.
54. YOUNG, K.R. 1994. Roads and the environmental degradation of tropical montane forest. *Conserv. Biology* 8:972-976.
55. WORSTER, D. 2008. *Transformaciones de la Tierra*. Trad. Castro, G. Ed. Gráficos del Sur, Montevideo, Uruguay. 216p.

Recibido: Abril 17 de 2013

Aceptado: Enero 22 de 2014

#### Como citar:

Baca-G., A.E. 2014. Reflexiones sobre los procesos de ocupación humana en los páramos. Situación actual del páramo Volcán Chiles, Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 217-226.

# ASPECTOS DE LA DISTRIBUCIÓN LARVAL DE STOMATOPODA (CRUSTÁCEA) EN AGUAS SUPERFICIALES DEL PACÍFICO COLOMBIANO

## ASPECTS OF LARVAL DISTRIBUTION OF STOMATOPODA (CRUSTACEA) IN SURFACE WATERS OF THE COLOMBIAN PACIFIC

Raúl H. López<sup>1</sup>, Juan C. Jaimes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biólogo Marino, Dr. rer. nat. Profesor Asociado, e-mail: raul.lopez@unimilitar.edu.co; <sup>2</sup> Biólogo Marino, M.Sc. Asistente de Investigación, e-mail: juan.jaimes@unimilitar.edu.co, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, km 2 vía Cajicá-Zipacquirá. Cundinamarca, Colombia.

Rev.U.D.C.A Act & Div. Cient. 17(1): 227-236, Enero- Junio, 2014

### RESUMEN

La distribución larval de estomatópodos en aguas superficiales del Pacífico colombiano, se evaluó alrededor de septiembre, entre el 2001 y 2004. Mediante una red cónica con poro de  $363\mu\text{m}$ , se obtuvieron 98 muestras superficiales de mesozooplankton, de las cuales, se extrajeron todas las larvas de estomatópodos. Se estimaron las abundancias para evaluar las posibles relaciones con la temperatura, la salinidad, la hora de captura, las fases lunares y la circulación superficial. Los promedios térmicos ( $26,9^{\circ}\text{C}$ ) y salinos ( $31,8$  UPS) indicaron condiciones normales en el área de estudio, con mayor influencia de la temperatura sobre la abundancia larval, cuyo promedio fue más alto en septiembre de 2004 ( $197$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ), que en los otros periodos ( $>27$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ). Aunque se hallaron larvas, incluso hasta  $556$  km de la costa, en todos los periodos los mayores valores ( $70$ - $2282$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ), se registraron en aguas neríticas del centro-sur ( $3$ - $5^{\circ}\text{N}$ ), quizá en relación con el asentamiento de poblaciones adultas, en esa zona. Se observó una tendencia al aumento larvario en la noche, cuarto menguante y cuarto creciente. Es muy probable que en la distribución larval influya también la dinámica hidrológica del área de estudio.

Palabras clave: Stomatopoda, distribución larval, fases lunares, nictimeral, Pacífico colombiano.

### SUMMARY

The distribution of stomatopod larvae in surface waters of the Colombian Pacific was evaluated around September of the years 2001-2004. By means of a conical  $363\mu\text{m}$ -pore net 98

surface mesozooplankton samples were obtained, of which all stomatopod larvae were extracted. Their abundances were estimated to evaluate possible relationships, with temperature, salinity, catch time, moon phases, and surface circulation. Thermal ( $26.9^{\circ}\text{C}$ ) and saline ( $31.8$  UPS) averages indicated normal conditions in the study area, with higher thermal influence on larval abundance, whose average was higher in 2004 ( $197$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ) than in the other periods ( $>27$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ). Although larvae were found even  $556$  km offshore, in all periods the highest values ( $70$ - $2282$  Ind./ $1000\text{m}^3$ ) occurred in south-central neritic waters ( $3$ - $5^{\circ}\text{N}$ ), maybe related to the settlement of adult populations in that area. A trend in larval increasing by night, moon waning and moon waxing was observed. It is very likely that the hydrological dynamics of the study area has also an influence on larval distribution.

Key words: Stomatopoda, larval distribution, lunar phases, nictemeral, Colombian Pacific.

### INTRODUCCIÓN

Los estomatópodos son crustáceos marinos y algunos estuarinos de las regiones tropicales, subtropicales y templadas, que habitan en el intermareal, en galerías y en grietas de rocas y de corales, hasta  $1000\text{m}$  de profundidad (Manning, 1995). En el mundo, se conocen cerca de  $450$  especies (Müller, 1994), de ellas,  $53$  especies y subespecies se han registrado en el Pacífico americano y sólo  $11$  especies, en el Pacífico colombiano (Murillo, 1988; Murillo & Álvarez, 2004; Barragán & Hendrickx, 2010).

Como componente importante en los ecosistemas bentónicos, a veces abundante (Manning, 1995), la comunidad de estomatópodos es frecuente en las capturas de camarones (Hendrickx & Sánchez, 2005) y langostinos (Roux & Piñero, 2006). Varias especies son de importancia comercial (Vila *et al.* 2013).

Al igual que en peces, moluscos y otros crustáceos, las fases tempranas de los estomatópodos hacen parte del meroplancton, cuyo estudio da una mejor comprensión de procesos ecológicos fundamentales, como la dispersión/retención, el reclutamiento y la conectividad (Cowen *et al.* 2007; Pineda *et al.* 2007; Cowen & Sponaugle, 2009; Sponaugle *et al.* 2002); en ésta son más relevantes los estadios tempranos, pues los crustáceos adultos son sésiles o tienen poco desplazamiento (Gawarkiewicz *et al.* 2007; Siegel *et al.* 2008; Díaz *et al.* 2012). Las larvas de estomatópodos son también alimento representativo de varios peces, como ocurre en el Pacífico colombiano (Gómez *et al.* 1999, 2003; Navia *et al.* 2006) y en otras regiones del Pacífico americano, *e.g.*, México (Valadez *et al.* 2001; Raymundo & Saucedo, 2008) y Ecuador (Morales *et al.* 2004; Ramírez *et al.* 2008).

Los estomatópodos tienen de cuatro a nueve estadios larvales planctónicos durante varios meses (Reaka & Manning, 1987), con un consecuente potencial de dispersión alto, lo que explica su rango latitudinal amplio (Díaz *et al.* 2012). Como en los demás organismos planctónicos (Harrison *et al.* 2004; Suthers & Rissik, 2009; Mullaney & Suthers, 2013), su dinámica está influenciada por un cuadro complejo de factores en acoplamiento físico-biológico, *e.g.*, transporte pasivo o advectivo, atribuible a factores físicos, en particular las corrientes (Barber *et al.* 2002a, b; Lavaniegos *et al.* 2010), así como la topografía costera e insular, la migración vertical circadiana (nictimeral), las épocas de reproducción y las relaciones tróficas (Cowen *et al.* 2007; Gawarkiewicz *et al.* 2007; Díaz *et al.* 2012).

En el Pacífico americano, no se han efectuado estudios exclusivos sobre larvas de estomatópodos, sino que se incluyen en evaluaciones generales de zooplancton, *e.g.*, en aguas de California (Jiménez *et al.* 2000, 2001; Lavaniegos *et al.* 2009, 2010), en Ecuador (Bonilla, 1983) y en Chile (Díaz *et al.* 2012). Lo mismo ocurre en el Pacífico colombiano, en donde sólo han sido considerados en cuatro publicaciones (Giraldo & Gutiérrez, 2007; Martínez *et al.* 2007; Murcia & Giraldo, 2007; Giraldo *et al.* 2011).

Lo anterior explica la realización de este trabajo. Además, los estudios ecológicos sobre los estadios tempranos y adultos de los estomatópodos son relevantes, por su rol en la trama trófica (Gómez *et al.* 1999, 2003; Navia *et al.* 2006; Vinuesa, 2005), la dispersión larvaria (Cowen & Sponaugle, 2009; Sponaugle *et al.* 2002) y los hábitos carroñeros de los adultos, pues al consumir los organismos muertos descarta-

dos por las flotas pesqueras, aceleran la recirculación de la materia orgánica (Vinuesa, 2005).

Se evalúa el efecto de la temperatura, la salinidad y la luminosidad (variación nictimeral) sobre su distribución y su abundancia. Aunque no se tomaron datos de la circulación superficial imperante en el Pacífico colombiano, también se analizó su posible influencia sobre la distribución larval. Esto se justifica, pues la dinámica hídrica es el principal factor de distribución del plancton, en general (Harrison *et al.* 2004; Suthers & Rissik, 2009; Mullaney & Suthers, 2013), incluidas, las larvas de estomatópodos (Barber *et al.* 2002a, b; Lavaniegos *et al.* 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Pacífico colombiano tiene 367.823 km<sup>2</sup> y se localiza entre los 01°30' y 07°10' de latitud norte y los 77°40' y 85°00' longitud oeste (Fernández *et al.* 2003). De julio a septiembre impera un giro o circulación ciclónica elíptica relativamente central, de menor extensión y velocidad que en el resto del año. El noroeste del giro es influenciado por la Corriente del Golfo de Panamá, que fluye hacia el suroeste, mientras que en la zona costera, se desplaza de sur a norte la Corriente de Colombia, con mayor fuerza de mayo a diciembre (Figura 1). Todo el año, se manifiestan procesos de surgencia, pero con menor extensión e intensidad entre agosto y octubre, periodo con mayor estratificación de las masas de agua y una termoclina más profunda hacia la costa (CCCP, 2002; Rodríguez & Schneider, 2003; Villegas, 2003).

En el marco del Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN)-Colombia, se efectuaron cuatro campañas oceanográficas, designadas como 2001 a 2004, con 19, 20, 21 y 20 jornadas, respectivamente. Para facilitar la comparación con otros trabajos, se mantuvo la nomenclatura de las estaciones establecidas dentro del ERFEN, cuyo número, así como el derrotero del buque, son establecidos por la Dirección General Marítima (DIMAR) y el Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), para cada campaña oceanográfica, *i. e.*, no es estándar (Figura 1, Tabla 1), así que no es posible que los muestreos se efectúen en igual número de estaciones nocturnas y diurnas, ni según la fase lunar. En los mapas de distribución se especifican las estaciones donde se encontraron larvas de estomatópodos.

Para obtener el zooplancton, en el primer metro superficial, se realizaron arrastres circulares de 10 minutos, a una velocidad de 3 nudos, con una red cónica ( $\varnothing = 50\text{cm}$ , longitud 1,85m y poro 363 $\mu\text{m}$ ), a la cual, se fijó un flujómetro General Oceanics, para determinar el volumen de agua filtrada. Las muestras, se fijaron con formaldehído al 10% en agua de mar. Se empleó una sonda multiparamétrica perfiladora CTD Seabird-19, para registrar la temperatura y la salinidad.

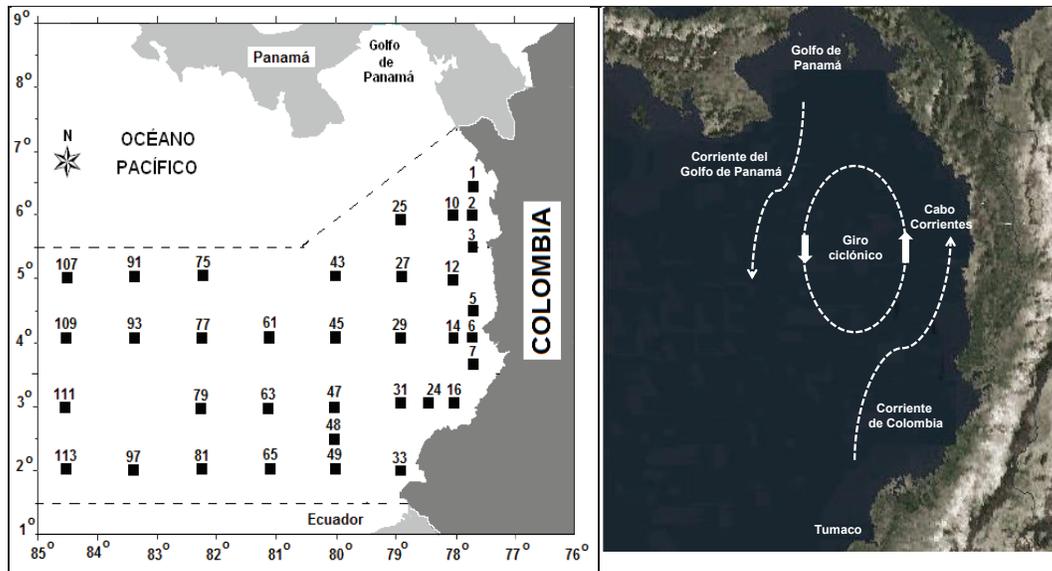


Figura 1. Mapa del Pacífico colombiano, estaciones ERFEN-Colombia, para la captura de mesozooplankton en los cinco periodos de estudio y principales corrientes superficiales.

Tabla 1. Número de estaciones por campaña oceanográfica en el Pacífico colombiano, durante los cuatro periodos de estudio. Se especifica el número de estaciones nocturnas, diurnas y por fase lunar.

Campaña oceanográfica		2001	2002	2003	2004	Total
		28.Ago-15.Sep.	03-22.Sep.	01-21.Sep.	19.Sep-08.Oct.	
<b>Jornadas</b>		<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>80</b>
<b>Fase lunar</b>	Nueva	0	6	4	4	14
	Creciente	6	13	10	12	41
	Llena	10	4	8	4	26
	Menguante	7	2	3	5	17
<b>Estaciones</b>	<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>98</b>
	Noche	13	12	12	18	55
	Día	10	13	13	7	43

Con la ayuda de un estereoscopio Leica E4-Z10, se revisaron las 93 muestras obtenidas en los cuatro periodos de estudio y se extrajeron y contaron todas las fases larvares de estomatópodos. Sus abundancias, se estandarizaron a 1000 m<sup>3</sup> (Suthers & Rissik, 2009), así:  $N = 1000 \text{ m}^3 * n / \pi * r^2 * d$ , donde: N = Número de individuos/1000m<sup>3</sup>, n = número de individuos en cada arrastre, r = radio de la red, d = distancia recorrida por la red en cada arrastre,  $\pi * r^2 * d$  = volumen de agua filtrada en cada arrastre. La distribución por periodo de estudio, se ilustró en mapas elaborados con el programa Surfer 8®.

Dada la migración vertical de las larvas de crustáceos, debida al cambio en las condiciones de luz (Díaz *et al.* 2012), se incluyeron análisis comparativos día : noche; las muestras

obtenidas de las 6:00 a las 18:00 h se denominaron diurnas y de las 18:01 a las 05:59 h nocturnas. Además, se consideraron las fases de luna llena, cuarto menguante, luna nueva y cuarto creciente.

Los datos de abundancia, se transformaron con  $\log(x+1)$ , a fin de reducir el sesgo debido a los valores más elevados pues, según la prueba de Shapiro-Wilk, los datos no tenían una distribución normal. Se evaluó la relación entre las abundancias, la salinidad (IPS= Unidades Prácticas de Salinidad), la temperatura (°C), la hora de captura y las fases lunares, mediante un Análisis Factorial por componentes principales, por periodo y aplicado al conjunto general de datos. Para facilitar la explicación, se efectuó una rotación ortogonal varimax de los factores, *i.e.*, una normalización,

sustrayendo las medias de los valores de las variables y dividiendo por sus desviaciones estándar. El Análisis Factorial incluye las comunalidades, correspondientes al porcentaje de variabilidad estimado en cada variable; entre más alta es la comunalidad es mayor la representación de las variables en los factores. El análisis estadístico, se realizó con STATGRAPHICS Centurión XVI®.

Luego, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis (K-W), con el fin de evidenciar alguna diferencia entre los cuatro periodos evaluados, en relación con la temperatura, la salinidad y las

abundancias larvales de estomatópodos y para determinar la incidencia de la variación nictimera y las fases lunares sobre la abundancia larvaria.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura y salinidad en la superficie: Los promedios de temperatura (°C) y de salinidad (IPS) fueron: 27,3 y 31,7, en 2001; 27,2 y 32,1, en 2002; 27,5 y 31,9, en 2003 y, 26,3 y 31,1, en 2004 (Figura 2). No hubo diferencias significativas entre los cuatro periodos (K-W:  $p \geq 0.05$ ), para estas dos variables.

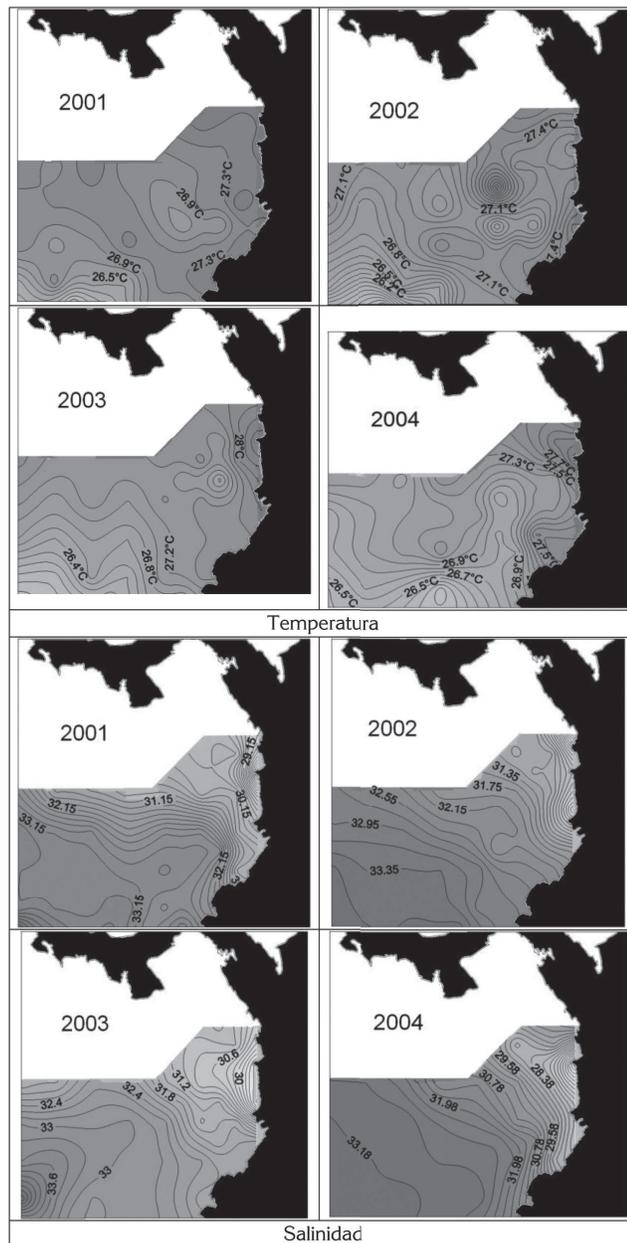


Figura 2. Temperatura (°C) y salinidad superficiales (IPS) en el Pacífico colombiano, durante los cuatro periodos de estudio.

En términos generales, la topografía dinámica superficial del Pacífico colombiano correspondió a la propia del segundo periodo del año, caracterizada por aguas del noreste, ligeramente más cálidas que las del suroeste, un gradiente de mayor a menor temperatura de la zona costera a la oceánica y un comportamiento inverso de la salinidad, con valores dentro de los rangos normales, reportados para el área de estudio (CCCP, 2002).

**Abundancia larvaria de estomatópodos en la superficie:** Puesto que los estadios postlarvarios de los estomatópodos se asientan (Morgan & Provenzano, 1979; Díaz *et al.* 2012), en este trabajo, se consideró que solamente se capturaron larvas. Su abundancia promedio (Ind./1000m<sup>3</sup>), en 2004, fue la más alta (197), seguida de 2002, (26), 2003 (9) y 2001, (9). Estas diferencias fueron corroboradas estadísticamente (K-W:  $p < 0.05$ ).

Los valores anteriores están dentro de lo esperado, pues las larvas de estomatópodos son poco numerosas en las muestras de zooplancton (Gawarkiewicz *et al.* 2007; Siegel *et al.* 2008; Díaz *et al.* 2012), como se ha observado también en el Pacífico colombiano, por Giraldo & Gutiérrez (2007), Martínez *et al.* (2007), Murcia & Giraldo (2007) y Giraldo *et al.* (2011), así como en otras áreas, *e. g.*, Corriente de California (Jiménez *et al.* 2000, 2001; Lavaniegos *et al.* 2009, 2010), alrededores de las Islas Galápagos (Bonilla, 1983) y zona costera de Chile (Díaz *et al.* 2012).

El bajo número se ha explicado por el ocultamiento diurno de las larvas en rocas o en escombros del fondo y su migración a la columna y superficie del agua al anochecer y amanecer, lo que reduce la exposición a las corrientes (Reaka *et al.* 2008). Este mecanismo es utilizado, incluso, para el asentamiento (Morgan & Provenzano, 1979; Díaz *et al.* 2012), en conjunción con el régimen mareal; si las larvas son llevadas por la marea baja a un hábitat inadecuado, con la marea alta la migración vertical puede permitir su salida y posterior advección costera, hasta el ambiente apropiado para el asentamiento (Cowen *et al.* 2007; Gawarkiewicz *et al.* 2007; Díaz *et al.* 2012).

En los cuatro periodos, las mayores abundancias (>70 Ind./1000m<sup>3</sup>) se registraron entre los 3,0 y 5,5°N de la zona nerítica (Figura 3). Esto se podría relacionar con las poblaciones adultas que habitan los extensos bosques de manglar, fondos fangosos, fango-arenosos y sustratos duros en la isla Gorgona (CCCP, 2002), todos hábitats típicos de las once especies reportadas para el Pacífico colombiano; de hecho, en esa zona de gran importancia pesquera, se capturan estomatópodos adultos en los arrastres de camarón (Murillo, 1988; Fernández *et al.* 2003; Murillo & Álvarez, 2004; Barragán & Hendrickx, 2010).

En contraste, las abundancias larvares de estomatópodos en todos los periodos fueron más bajas (6-211 Ind./1000m<sup>3</sup>)

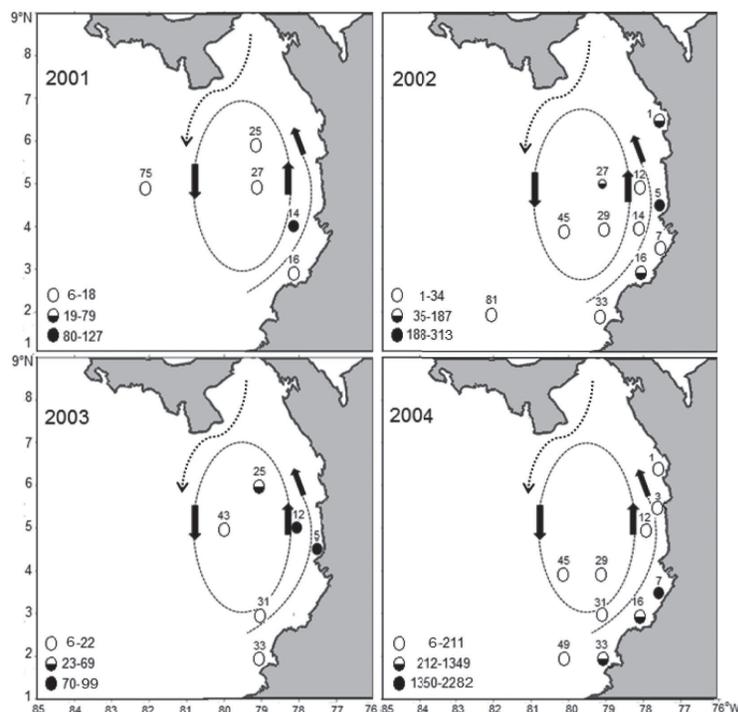


Figura 3. Distribución y abundancia larval de estomatópodos (Ind./1000m<sup>3</sup>) en aguas superficiales del Pacífico colombiano, durante los cuatro periodos de estudio. El esquema de las corrientes del Golfo de Panamá, el giro ciclónico y la Corriente de Colombia muestra su posible influencia en el transporte superficial de las larvas hacia aguas costeras.

hacia la zona de transición nerítica-oceánica; en aguas oceánicas, solamente se hallaron en las estaciones 75 (6 Ind./1000m<sup>3</sup>), en 2001 y 81 (1 Ind./1000m<sup>3</sup>), en 2002 (Figura 3).

En la misma área de estudio, para septiembre-octubre de 2004, Murcia & Giraldo (2007) reportaron una distribución larvaria de estomatópodos similar a la del presente trabajo, mientras que en marzo de 2006, Martínez *et al.* (2007) observaron la mayor concentración en el norte del Pacífico colombiano, acaso, en parte, porque en esa época las condiciones ambientales y oceanográficas cambian, por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (CCCP, 2002).

Variación nictimeral y entre fases lunares de la abundancia larvaria promedio de estomatópodos: Se evidenciaron mayores capturas durante la noche (Ind./1000m<sup>3</sup>): 2001(11), 2002(44), 2003(13), 2004(262), que durante el día: 2001(3), 2002(9), 2003(7), 2004(2), aunque sin diferencias significativas (K-W:  $p \geq 0.05$ ), seguramente, debido al bajo número de datos. (Un problema importante en la Oceanografía biológica es la escasez de datos, sobre todo en el Pacífico colombiano, por lo cual, en otras partes del mundo se están desarrollando sistemas de simulación y observación de los océanos para cubrir esta necesidad (Lin *et al.* 2010).

En el Pacífico colombiano, las mareas pueden alcanzar hasta 5m en la zona central costera (IDEAM, 2012), *i.e.*, entre los 3.0 - 5.5°N, en donde la presencia de estadios tempranos de estomatópodos fue más representativa, según se anotó con anterioridad.

En relación con las fases lunares, las mayores abundancias promedio y frecuencias de captura fueron en cuarto creciente (264 Ind./1000m<sup>3</sup>; 0,41) y cuarto menguante (87 Ind./1000m<sup>3</sup>; 0,33) y las más bajas en luna llena y luna nueva (7 Ind./1000 m<sup>3</sup>; 0,25 en ambos casos). No se obtuvieron diferencias significativas (K-W:  $p \geq 0.05$ ).

Bonilla (1983) también refirió alta abundancia en cuarto menguante en los alrededores de las Islas Galápagos y resaltó que un número elevado de larvas no es proporcional al número de estaciones, *i.e.*, que se pueden capturar muchas, incluso, en pocos sitios. Reaka (1976) señaló algo similar y que la periodicidad lunar y mareal influyen en la reproducción de los estomatópodos y, por ende, en el número de larvas en el medio, según la época

Correlación entre variables: El análisis factorial mostró mayores asociaciones entre la abundancia (0,67 a 0,92), la temperatura (-0,69 a -0,90) y la salinidad (0,60 a 0,82), indicativo de la mayor influencia termohalina sobre la abundancia larval y la poca amplitud de sus rangos en la superficie. Tam-

bién hubo alguna influencia inversa de la luz sobre la abundancia larval, evidenciada por las correlaciones altas con las fases lunares (-0,75 a 0,90; excepto en 2003 = 0,03) y la hora de captura (día : noche) (0,64 a 0,88), lo que se interpretó como una influencia importante de la luz. Se consideraron los dos primeros componentes del análisis factorial (factores 1 y 2), porque en los cuatro periodos explicaron entre 65,04 y 68,54% de la variabilidad total de los datos (Tabla 2).

Al aplicar la prueba estadística a la totalidad de los datos, se obtuvieron mayores correlaciones para la abundancia (0,75), la temperatura (-0,67) y la fase lunar (0,60); para la salinidad fue 0,30 y para la hora -0,27. Es probable que cuarto creciente y cuarto menguante fueron más favorables, dadas las abundancias larvales promedio más altas, durante esas fases lunares. Las correlaciones entre las variables, la gran mayoría positivas, mostraron cambios por periodo de estudio, atribuibles, en primer lugar, a la gran dinámica hídrica del Pacífico colombiano.

Distribución larvaria de estomatópodos y circulación superficial: Otro elemento asociado con la distribución larvaria de estomatópodos en los cuatro periodos estudiados, se atribuye al transporte por las corrientes. La distribución de las larvas sugiere que la Corriente del Golfo de Panamá, el giro ciclónico central y la Corriente de Colombia favorecen su transporte hacia aguas costeras. Lo dicho, se basa en que la mayor dispersión larval por la circulación macro-escalar (Cowen *et al.* 2007; Reaka *et al.* 2008; Cowen & Sponaugle, 2009), se ha comprobado en muchas otras regiones, *e.g.*, California (Jiménez *et al.* 2000, 2001; Lavaniegos *et al.* 2009, 2010), Ecuador (Bonilla, 1983) y Chile (Díaz *et al.* 2012).

La estocasticidad a escala media complica entender el rol y la dispersión/retención del meroplancton en aguas neríticas (Siegel *et al.* 2008). De todas maneras, de la oceanografía meso-escalar costera en el Pacífico colombiano, solamente se han referido algunos anillos o remolinos ciclónicos y anticiclónicos en la Corriente de Colombia (Alvariño, 1978) y variaciones mareales de ca. 5m (IDEAM, 2012). En otras corrientes costeras, tal circulación se asocia con la generación de focos de alta productividad y abundancia de zooplancton, en general (Harrison *et al.* 2004; Mullaney & Suthers, 2013), en donde, inclusive, concurren aglomeraciones de larvas de estomatópodos, especialmente, en aguas tropicales, donde los adultos son más abundantes (Morgan & Provenzano, 1979; Díaz *et al.* 2012).

Barber *et al.* (2002a, b) indican que las larvas de estomatópodos se alejan hasta unos 111km de la costa, para facilitar su retorno o acceso a nuevas áreas, lo que, parcialmente, ayudaría a explicar la tendencia observada en el Pacífico colombiano a encontrar pocas larvas en aguas oceánicas (has-

Tabla 2. Correlaciones entre las variables abióticas y la abundancia larval de estomatópodos en el Pacífico colombiano, durante los cuatro periodos de estudio y, en general, obtenidas mediante el análisis factorial (extracción por componentes principales).

Variable	2001 n= 23			2002 n= 25		
	Factor		Comunalidad	Factor		Comunalidad
	1	2		1	2	
n	0,93	0,05	0,86	0,80	-0,11	0,65
S	0,75	-0,06	0,57	0,71	0,53	0,79
T°C	-0,83	-0,12	0,70	-0,87	0,13	0,78
Día: noche	0,04	0,78	0,60	0,09	0,74	0,56
Fase lunar	0,02	0,76	0,58	0,27	-0,76	0,65

Variable	2003 n= 25			2004 n= 25		
	Factor		Comunalidad	Factor		Comunalidad
	1	2		1	2	
n	0,67	-0,44	0,65	0,76	0,11	0,59
S	0,60	0,48	0,60	0,82	0,04	0,68
T°C	-0,90	0,15	0,84	-0,69	-0,49	0,72
Día:Noche	-0,10	0,88	0,79	0,19	0,64	0,45
Fase lunar	0,67	0,03	0,45	0,02	0,90	0,82

GENERAL n= 98			
Variable	Factor		Comunalidad
	1	2	
n	0,75	-0,23	0,61
S	0,31	0,73	0,63
T°C	-0,67	-0,52	0,72
Día:Noche	-0,27	0,75	0,64
Fase lunar	0,60	0,10	0,36

ta ca. 556km de la costa) y un número más alto y con mayor frecuencia hacia la zona costera.

En síntesis, los resultados muestran que la distribución larvaria en el Pacífico colombiano depende de las condiciones oceanográficas y la influencia de la luz y sugieren que también influye el comportamiento reproductivo y la ontogenia particular de cada especie, en el marco del acoplamiento físico-biológico, referido por otros autores (Barber *et al.* 2002a, b; Cowen *et al.* 2007; Gawarkiewicz *et al.* 2007; Lavaniegos *et al.* 2010; Díaz *et al.* 2012).

Dada la dificultad para evaluar la dispersión/retención y diversidad de los estomatópodos (Reaka & Manning, 1987; Reaka *et al.* 2008), los estudios poblacionales, filogenéticos y filogeográficos se refuerzan con análisis moleculares de larvas y adultos (Barber *et al.* 2002a, b; Barber & Boyce, 2006). Además, la identificación de los estadios larvarios es mucho más difícil que la de los adultos, también complicada (Müller, 1994; Tang *et al.* 2010). Por esto, no se establecieron las identidades de los ejemplares capturados en el Pacífico colombiano que, además, se fijaron y se conservaron con formaldehído, el cual, desnaturaliza el ADN; sin embargo, es importante anotar que pudieron corresponder a algunas

de las siguientes tres familias y 11 especies, registradas al presente para el Pacífico colombiano, en especial, en la zona central-sur (3.0-5.5°N), donde se halló la mayor abundancia y frecuencia larvaria de estomatópodos: Gonodactylidae: *Gonodactylus zaca*, *G. festae*, *G. albicinctus*, *G. bahiahondensis*; Squillidae: *Cloridopsis dubia*, *Squilla aculeata aculeata*, *S. biformis*, *S. mantoidea*, *S. parva*, *S. panamensis*, Pseudosquillidae: *Pseudosquilla adialta* (Murillo, 1988; Murillo & Álvarez, 2004; Barragán & Hendrickx, 2010).

**Conflictos de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los dos autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Este trabajo fue posible gracias a la financiación de Universidad Militar Nueva Granada y al apoyo logístico de la Dirección General Marítima (DIMAR), entidad que proporcionó el buque oceanográfico para la realización de los cruceros oceanográficos y el Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), el cual, suministró los datos crudos de temperatura y salinidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVARIÑO, A. 1978. El zooplancton del Pacífico colombiano y las pesquerías. Memorias. I Seminario de Oceanografía del Pacífico Sudeste. Septiembre 1-5/76, Cali. p.206-271.
- BARBER, P.H.; MOOSA, M.K.; PALUMBI, S.R. 2002a. Rapid recovery of genetic diversity of stomatopod populations on Krakatau: temporal and spatial scales of marine larval dispersal. Proc. Biol. Sci. 269(1500):1591-1597.
- BARBER, P.H.; PALUMBI, S.R.; ERDMANN, M.V.; MOOSA, M.K. 2002b. Sharp genetic breaks among populations of *Haptosquilla pulchella* (Stomatopoda) indicate limits to larval transport: patterns, causes, and consequences, Mol. Eco. 11:659-674.
- BARBER, P.H.; BOYCE, S.L. 2006. Estimating diversity of Indo-Pacific coral reef stomatopods through DNA barcoding of stomatopod larvae. Proc. Biol. Sci. 273(1597):2053-2061.
- BARRAGÁN, J.S.; HENDRICKX, M.E. 2010. Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental. Rev. Mex. Biol. 81:1-49.
- BONILLA, D. 1983. El zooplancton de las Islas Galápagos. Acta Oceanogr. Pac. 2(1):119-146.
- CCCP. 2002. Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control de Contaminación del Pacífico. Imágenes de la Naturaleza, Cali. 109p.
- COWEN, R.K.; GAWARKIEWICZ, G.; PINEDA, J.; THORROLD, S.R.; WERNER, F.E. 2007. Population connectivity in marine systems: an overview. Oceanography 20:14-21.
- COWEN, R.K.; SPONAUGLE, S. 2009. Larval dispersal and marine population connectivity. Ann.. Rev. Mar. Sci. 1:443-466.
- DÍAZ, E.; HERNÁNDEZ, E.; HERNÁNDEZ, C.E.; QUIÑONES, R.A. 2012. Mesoscale  $\beta$  diversity and spatial nestedness of crustacean larvae in the coastal zone off central southern Chile: population and community implications. ICES J. Mar. Sci. 69:429-438.
- FERNÁNDEZ, C.E.; ANGILO, J.A.; NEWMARK, F.; MOSQUERA, C. 2003. Una visión de pesca multiespecífica en el Pacífico colombiano. Adaptaciones tecnológicas. Ser. Doc. Gen. INVEMAR. 14:1-75.
- GAWARKIEWICZ, G.; MONISMITH, S.; LARGIER, J. 2007. Observing larval transport processes affecting population connectivity: progress and challenges. Oceanography 20: 40-53.
- GIRALDO, A.; GUTIÉRREZ, E. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). Invest. Mar. 35(1):117-122.
- GIRALDO, A.; VALENCIA, B.; RAMÍREZ, D.G. 2011. Productividad planctónica y condiciones oceanográficas locales en isla Gorgona durante julio de 2006. Bol. Investig. Mar. Costeras. 40(1):185-201.
- GÓMEZ, G.; ZAPATA, L.; FRANKE, R.; RAMOS, G. 1999. Hábitos alimentarios de *Epinephelus acanthistius* y notas de otros peces serránidos capturados en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Bol. Investig. Mar. Costeras. 28:43-60.
- GÓMEZ, G.; ZAPATA, L.; FRANKE, R.; RAMOS, G. 2003. Hábitos alimentarios de *Mustelus lunulatus* y *M.*

- henlei* (Pisces: Triakidae) colectados en el parque nacional natural Gorgona, Pacífico colombiano. Bol. Investig. Mar. Costeras. 32:219-229.
17. HARRISON, P.A.; WHITNEY, F.A.; TSUDA, A.; SAITO, H.; TADOKORO, K. 2004. Nutrient and plankton dynamics in the NE and NW gyres of the Subarctic Pacific Ocean. J. Oceanogr. 60:93-117.
  18. HENDRICKX, M.; SÁNCHEZ, P. 2005. Estomatópodos del género *Squilla* (Haplocarida: Stomatopoda: Squillidae) recolectados frente a las costas de Sinaloa, en el SE del Golfo de California, México, en los cruceros CCEMEX C1-C2-C3. Cienc. Mar. 31(1A):31-41.
  19. IDEAM. 2012. Pronóstico de pleamares y bajamares en la costa pacífica colombiana. Año 2013. Inst. Hidrol, Meteo. Est. Amb., Bogotá D.C. 130p.
  20. JIMÉNEZ, L.C.; LAVANIEGOS, B.E.; BAUMGARTNER, T.R. 2000. Biomasa y estructura del zooplancton en la parte sur de la Corriente de California durante julio de 1998. Crucero IMECOCAL 9807. B/O Francisco de Ulloa. 15-30 de julio de 1998. Inf. Téc. Com. Acad. Ser. Ecol. CICESE, Ensenada, B. California, México. 41p.
  21. JIMÉNEZ, L.C.; LAVANIEGOS, B.E.; BAUMGARTNER, T.R. 2001. Biomasa y estructura del zooplancton colectado por el crucero IMECOCAL 9809/10 en la parte sur de la Corriente de California. Inf. Téc. Com. Acad. Ser. Ecol. CICESE, Ensenada, B. California, México. 39p.
  22. LAVANIEGOS, B.E.; CADENA, J.L.; GARCÍA, P.G. 2009. Biomasa y estructura del zooplancton frente a la costa occidental de Baja California durante 2006 (cruceros IMECOCAL 0602, 0604, 0607). Inf. Téc. Cen. Inv. Cient. y Ed. Sup. Ensenada (CICESE), Ensenada, B. California, México. 50p.
  23. LAVANIEGOS, B.E.; AMBRIZ, I.; HEREÚ, C.; JIMÉNEZ, L.C.; CADENA, J.L.; GARCÍA, P. 2010. Variabilidad estacional e interanual del zooplancton. En: Gaxiola G.; Durazo, R. eds. Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-007: Diez años de investigaciones mexicanas de la Corriente de California, p.87-126.
  24. LIN, P.; JI, R.; DAVIS, C.S.; MCGILLICUDDY, D.J. 2010. Optimizing plankton survey strategies using observing system simulation experiments. J. Mar. Syst. 82:187-194.
  25. MANNING, R.B. 1995. Stomatopod Crustacea of Vietnam: The legacy of Raoul Serène. Crustacean Research, Car. Soc. Jap. Sp. Num. 4:1-339.
  26. MARTÍNEZ, T.; GIRALDO, A.; RODRÍGUEZ, E. 2007. Zooplancton en la Corriente de Colombia, Pacífico colombiano, durante marzo de 2006. Bol. Cient. CCCP 14:69-82.
  27. MORALES, O.; CASTILLO, J.; SOSA, O.; RODRÍGUEZ, C. 2004. Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California. Rep. Téc. Lab. Ecol. Pesq., CICESE, Ensenada, Baja California, México. 119p.
  28. MORGAN, S.G.; PROVENZANO, A.J. 1979. Development of pelagic larvae and postlarva of *Squilla empusa* (Crustacea: Stomatopoda) with an assessment of larval characters within the Squillidae. Fishery Bull. 77(1):61-90.
  29. MULLANEY, T.J.; SUTHERS, I.M. 2013. Entrainment and retention of the coastal larval fish assemblage by a short-lived, submesoscale, frontal eddy of the East Australian Current. Limnol. Oceanogr. 58(5):1546-1556.
  30. MÜLLER, H.G. 1994. World catalogue and bibliography of the recent Stomatopoda. Laboratory for Tropical Ecosystems Research & Information Service. Wis. Ver., Wetzlar, 312p.
  31. MURCIA, M.; GIRALDO, A. 2007. Condiciones oceanográficas y composición del mesozooplancton en la zona oceánica del Pacífico colombiano, durante septiembre-octubre de 2004. Bol. Cient. CCCP:14:83-94.
  32. MURILLO, C.B. 1988. Estomatópodos de la costa pacífica de Colombia e isla Gorgona (Crustacea: Stomatopoda, Gonodactylidae y Pseudosquillidae) An. Inst. Invest. Mar. P. Betín 18:95-112.
  33. MURILLO, C.; ÁLVAREZ, R. 2004. Nuevos registros y consideraciones biogeográficas de los estomatópodos (Hoplocarida: Stomatopoda) del Pacífico colombiano y comparación con las especies del Caribe colombiano. En: Hendrickx, M.E. ed. Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este. Inst. Cien. Mar Limol. UNAM, México, D.F. 3:1-16.
  34. NAVIA, A.; GIRALDO, A.; MEJÍA, P. 2006. Nota sobre la biología del toyo vieja (*Mustelus lunulatus*) en

- la zona central de pesca del Pacífico colombiano. Invest. Mar., Valparaíso 34(2):217-222.
35. PINEDA, J.; HARE, J.; SPONAUGLE, S. 2007. Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity. Oceanography. 20:22-39.
36. RAMÍREZ, V.; NIVIA, A.F.; RÚBIO, E.A. 2008. Food habits and feeding ecology of an estuarine fish assemblage of northern Pacific Coast of Ecuador. Pan-Am. J. Aquat. Sci. 3(3):361-372.
37. RAYMUNDO, A.; SAUCEDO, M. 2008. Hábitos alimentarios del pez trígido *Prionotus ruscarius* (Gilbert & Starks, 1904) durante 1996, en las costas de Jalisco y Colima, México. Rev. Bio. Mar. Oceanogr. 43(1):7-15.
38. REAKA, M.L. 1976. Lunar and tidal periodicity of molting and reproduction in stomatopod Crustacea: A selfish herd hypothesis. Biol. Bull. 150:468-490.
39. REAKA, M.L.; MANNING, R.B. 1987. The Significance of body size, dispersal potential, and habitat for rates of morphological evolution in stomatopod Crustacea. Smithsonian. Contr. Zool. 448:1-46.
40. REAKA, M.L.; RODGERS, P.J.; KUDLA, A.U. 2008. Patterns of biodiversity and endemism on Indo-West Pacific coral reefs. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 105(Suppl. 1):11474-11481.
41. RODRÍGUEZ, E.; SCHNEIDER, W. 2003. On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. Geo. Res. Let. 30 (7):1410.
42. ROUX, A.; PIÑERO, R. 2006. Crustáceos decápodos y estomatópodos asociados a la pesquería del langostino patagónico *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) en el golfo de San Jorge, Argentina. Rev. Invest. Des. Pesq. 18:33-43.
43. SIEGEL, D.A.; MITARAI, S.; COSTELLO, C.J.; GAINES, S.D.; KENDALL, B.E.; WARNER, R.; WINTERS, K.B. 2008. The stochastic nature of larval connectivity among nearshore marine populations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105:8974-8979.
44. SUTHERS, I.M.; RISSIK, D. 2009. Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality. Com. Sci. Ind. Res. Org. (CSIRO) Pub., Collingwood. 272p.
45. SPONAUGLE, S.; COWEN, R.K.; SHANKS, A.; MORGAN, S.G.; LEIS, J.M.; PINEDA, J.; BOEHLERT, G.W.; KINGSFORD, M.J.; LINDEMAN, K.C.; GRIMES, C.; MUNRO, J.L. 2002. Predicting self-recruitment in marine populations: Biophysical correlates and mechanisms. Bull. Mar. Sci. 70(1):341-375.
46. TANG, R.W.K.; YAU, C.; NG, W.C. 2010. Identification of stomatopod larvae (Crustacea: Stomatopoda) from Hong Kong waters using DNA barcodes. Mol. Eco. Res. 10(3):439-448.
47. VALADEZ, C.; AGUILAR, B.; HERNÁNDEZ, S. 2001. Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper, 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Cienc. Mar. 27(1):91-104.
48. VILA, Y.; SOBRINO, I; JIMÉNEZ, M.P. 2013. Fishery and life history of spot-tail mantis shrimp, *Squilla mantis* (Crustacea: Stomatopoda), in the Gulf of Cadiz (eastern central Atlantic). Sci. Mar. 77(1):137-148.
49. VILLEGAS, N. 2003. Evolución mensual de las corrientes verticales y zonas de surgencia en la Cuenca del Pacífico Colombiano. Bol. Cient. CCCP 9:34-44.
50. VINUESA, J.H. 2005. Distribución de crustáceos decápodos y estomatópodos del golfo San Jorge, Argentina. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 40(1):7-21

Recibido: Enero 5 de 2014

Aceptado: Abril 17 de 2014

#### Como citar:

López, R.H.; Jaimes, J.C. 2014. Aspectos de la distribución larval de Stomatopoda (Crustacea) en aguas superficiales del Pacífico colombiano. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 227-236.

# MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAPEL PLEGADIZA RECUPERADO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

## IMPROVEMENT OF RECOVERY FOLDING PAPER MECHANICAL PROPERTIES FROM MUNICIPAL SOLID WASTE

Johnatan Alberto Gutiérrez-R.<sup>1</sup>, Luis Fernando Marmolejo-Rebellón<sup>2</sup>, Fred Albán Achinte<sup>3</sup>, Wilmar Alexander Torres<sup>4</sup>, Patricia Torres-Lozada<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ing. Sanitario, Est. M.Sc Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: johnatan.gutierrez@correounivalle.edu.co; <sup>2</sup> Ing. Sanitario. M.Sc., Ph.D. Prof. asistente, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: luis.marmolejo@correounivalle.edu.co; <sup>3</sup> Ing. de Materiales, M.Sc., Prof. Asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: fred.alban@correounivalle.edu.co; <sup>4</sup> Estadístico, Prof. Auxiliar, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, e-mail: alexandertor@gmail.com; <sup>5</sup> Ing. Sanitaria, M.Sc., Ph.D. Prof. Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: patricia.torres@correounivalle.edu.co, Dirección correspondencia: Carrera. 100 No. 13-00 Edificio. 336 – Oficina 2016. Cali, Valle del Cauca – Colombia, e-mail: luis.marmolejo@correounivalle.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 237-243, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Entre los residuos sólidos municipales – RSM, el papel es uno de los materiales con mayor potencial de aprovechamiento; sin embargo, el papel plegadiza (PL) recuperado en las plantas de manejo de residuos sólidos municipales – PMRS, de los pequeños municipios del Valle del Cauca, Colombia, presenta poca posibilidad de comercialización, haciendo necesario buscar opciones de aprovechamiento, priorizando en alternativas *in situ*. En este artículo, se evaluó el efecto de la mezcla de Papel Bond (PB) con Papel Plegadiza blanco y café (PLB y PLC) sobre la tensión y la rigidez flexural. Los tratamientos evaluados para cada uno de los dos tipos de PL fueron PL:PB 70:30, 80:20, 90:10 y 100:00. En los tratamientos PLB:PB no se encontraron diferencias significativas en la tensión y en la rigidez flexural; todos los tratamientos con PB presentaron mayores valores que el tratamiento control (PLB:PB 100:00). Para los tratamientos PLC:PB solamente el 70:30 incidió en la tensión, aumentándola y la rigidez flexural en todos los tratamientos que contenían PB fue menor que la del tratamiento control. En general, los resultados muestran que incorporar PB puede ser una opción para valorizar el PL y las fracciones de las mezclas dependerán de los requerimientos del producto.

Palabras clave: Aprovechamiento de RSM, plantas de aprovechamiento, reciclaje de papel, tensión y rigidez flexural.

### SUMMARY

Among municipal solid waste - MSW, paper is one of the most promising materials for recycling. However, folding paper (PL), the second category of the paper received in Solid Waste Management Facilities of small municipalities of Valle del Cauca - Colombia, has little marketability and is being sent to final disposal. Therefore, it is convenient to identify options to valorize it. For this proposal, in this research the effect of mixing Paper Bond (PB) with white or brown folding paper (PLB and PLC), taking tension and flexural rigidity as response variables was evaluated. The treatments evaluated for each of the two types of PL were PL: PB 70:30, 80:20, 90:10 and 100:00. In PLB:PB treatments, no significant differences in tension between the treatments were found. For the flexural rigidity, all treatments with PB showed a higher value than the control (PLB: PB 100:00). For treatments PLC:PB, only 70:30 showed a higher value of tension than 100:00 treatment. Additionally, the treatments that contain PLC, presented lower values of flexural rigidity comparing with the treatment 100 PLC:0PB. It can be concluded that to incorporate PB may be an option to improve the recovery and valorization of PL.

Key words: Use of RSM, exploitation plants, paper recycling, tension and flexural rigidity.

## INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas para el aprovechamiento de los RSM en Colombia es la implementación de Plantas de Manejo de Residuos Sólidos – PMRS, cuyo objeto fundamental es el aprovechamiento y la valorización de la mayor cantidad posible de residuos y la disposición final de aquellos materiales que no tienen posibilidad de ser aprovechados o no existen opciones para la transformación o mercadeo en el entorno (Marmolejo *et al.* 2009).

El papel es uno de los materiales contenidos en los RSM que tiene mayor potencial de aprovechamiento y cuyo reprocesamiento demanda menos energía y causa menos emisiones que la fabricación de cantidades equivalentes, a partir de materiales vírgenes (Merrild *et al.* 2008). Algunas alternativas de aprovechamiento de papel son la obtención de energía por medio de su incineración y elaboración de madera sintética, consistente en una mezcla de productos plásticos (MAVDT & EPAM, 2008); sin embargo, dado que las PMRS se ubican principalmente en pequeños municipios (SSPD, 2008), en donde la cantidad de material y las limitaciones técnicas y financieras dificultan la aplicación de tecnologías con altos requerimientos de inversión, operación y mantenimiento es conveniente estimular opciones de aprovechamiento *in situ*, que prioricen el empleo de mano de obra, sobre el uso de tecnologías altamente mecanizadas.

En el caso de los RSM generados en PMRS del Valle del Cauca, Colombia, el papel constituye, aproximadamente, 3% del total de los RSM, siendo el Papel Bond (PB) y el Papel Plegadiza (PL) las categorías predominantes, mientras que el PB tiene una amplia demanda en el mercado regional; el PL tiene poca posibilidad de comercialización, siendo necesario almacenarlo durante largos períodos de tiempo o enviarlo a disposición.

En el caso del PL existe dos subcategorías que se pueden diferenciar visualmente por el color de su base: blanco (PLB) y café (PLC), cuyas características físicas y mecánicas difieren, debido a las fibras, a partir de las cuales se fabrican; la primera está constituida por pulpa de origen químico, que le otorga unas fibras puras y largas, que se traduce en resistencia y en estabilidad, mientras que la segunda se fabrica a partir de fibras mecánicas, por lo que se presentan fibras impuras y cortas, que le restan resistencia y estabilidad a los papeles producidos (Smook, 1990).

Una de las opciones que podría contribuir a incrementar el potencial de aprovechamiento del PL es mejorar sus propiedades mecánicas, lo cual, se puede lograr mediante la mezcla con otros materiales (Smook, 1990). Entre las propiedades mecánicas a mejorar están la tensión y la rigidez flexural, las que le aportan resistencia a las fibras frente a esfuerzos tensores y plasticidad contra fuerzas flectoras, que le permitan retomar su forma original respectivamente (Casey, 1991). Para tal fin, en este artículo, se evaluó el efecto de la incorporación de Papel Bond (PB) al Papel Plegadiza (PL), en diferentes proporciones, sobre el comportamiento de las variables de respuesta tensión y rigidez flexural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de PB fueron obtenidas a partir del papel desechado en oficinas y las de PLB y PLC (Figura 1), a partir de los RSM recibidos en tres PMRS, ubicadas en el Norte del Valle del Cauca, verificando que los materiales estuvieran secos; previo a la conformación de las mezclas, cada uno de los materiales fue homogenizado y para facilitar el procesamiento posterior, se redujo el tamaño de los materiales, picando el PB, en una trituradora de seguridad y fraccionando en guillotina el PL (PLB y PLC), en trozos de 5 x 2cm.



Figura 1. Papel plegadiza blanco y café.

**Montaje experimental:** Para cada uno de los tipos de PL (PLB y PLC), se evaluaron los tratamientos mostrados en la tabla 1. La máxima proporción de PB incorporada al PL

fue 30%, debido a que se consideró que valores superiores harían poco atractiva la mezcla, debido a la alta demanda del PB.

Tabla 1. Tratamientos para evaluar repulpeo de plegadiza.

Tratamientos	PL:PB
$T_{i1}$ (Control)	100:0
$T_{i2}$	90:10
$T_{i3}$	80:20
$T_{i4}$	70:30

$i=1$  (PLB);  $i=2$  (PLC).

Por cada color de PL, se tuvieron cuatro tratamientos y se elaboraron tres unidades experimentales (UE) de cada uno; cada UE, se obtuvo del repulpeo de una masa de 843g de mezcla de PB y PL y su conformación se hizo adaptando el proceso de elaboración de papel artesanal para la mezcla de papeles, propuesto por Pedraza *et al.* (2007) e, incluyó, las siguientes etapas: **Humectación:** a masa de papel de cada UE fue sumergida durante 24 horas en cinco litros de agua, del acueducto municipal. **Repulpeo:** la masa humectada fue licuada durante cinco minutos en una licuadora industrial de ocho litros de capacidad, con potencia de 0,5 HP y una velocidad de 3500RPM. Una vez obtenida la pulpa, se calculó la cantidad necesaria para elaborar una hoja de 600g/m<sup>2</sup> y 16cm de diámetro; de cada tratamiento, se obtenían cinco hojas, denominadas unidades observacionales o submuestras. **Secado:** las hojas formadas, se secaron a temperatura ambiente durante cinco días. El gramaje de las hojas secas, se determinó utilizando la Ecuación 1 (Casey, 1991):

$$G = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 1.}$$

Donde, G: gramaje de la hoja formada (g/m<sup>2</sup>); P: masa de la hoja formada (g) y A: área de la hoja formada (m<sup>2</sup>).

**Ensayos mecánicos:** De cada una de las hojas formadas, se obtuvieron dos probetas, una para la prueba de tensión, de 15mm de ancho y, la otra, para la de rigidez flexural, de 35mm de ancho; el largo era determinado por los bordes de las unidades observacionales, verificando que fuera constante para cada una de las determinaciones.

El ensayo de tensión, se realizó bajo las condiciones de la Norma TAPPI T494 OM-2001 (TAPPI, 2001); para ello, la probeta fue llevada hasta el punto de falla en una máquina Universal JJ Instruments T30K, determinando el esfuerzo en Newtons; la carga aplicada, se incrementó a una velocidad de 2mm/min, hasta llegar a la carga de rotura.

Para los ensayos de rigidez flexural, se utilizó el procedimiento propuesto por Casey (1991), aplicando la carga a una velocidad, de 2mm/min, sobre la cara superficial de la probeta, hasta llegar a una extensión de 5mm, sobre el eje horizontal de ésta; para ello, se utilizó un equipo de ensayos universales Tinius Olsen H50KS. La probeta, se apoyaba en los extremos de un soporte con una luz de 123mm. Con los registros de extensión, se obtenía una curva de Carga-Deformación, en la cual, se encontraba la pendiente F/m, que se introducía en la Ecuación 2 (Casey, 1991), para obtener el módulo de elasticidad del material. Finalmente, se calculaba la rigidez flexural, de acuerdo con la Ecuación 3 (Casey, 1991):

$$E_B = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde, E<sub>B</sub>: Módulo de elasticidad (N/mm<sup>2</sup>); m: relación F/m obtenida del ensayo; L: Distancia entre apoyos (mm); b: Ancho de la probeta (mm) y d: Espesor de la probeta (mm).

$$R = \frac{ET^3W}{12L^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde, R: Rigidez Flexural (MPa o N/mm<sup>2</sup>); E: Módulo de elasticidad E<sub>B</sub> (MPa o N/mm<sup>2</sup>); T: Espesor de la probeta (mm); W: Ancho de la probeta (mm) y L: Distancia entre los apoyos del soporte (mm).

**Procesamiento estadístico de los datos:** Para evaluar el efecto de la mezcla sobre las variables objeto de estudio, se empleó un diseño de experimentos completamente al azar de dos factores con sub-muestreo (Kuehl, 2001), cuyo modelo estadístico se muestra en la Ecuación 4; este modelo, se empleó, debido a que se tenían varias mediciones por unidad experimental, lo cual, además de la variabilidad existente entre las unidades experimentales, introduce la variabilidad entre las observaciones.

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + e_{ijk} + \delta_{ijkl} \quad \text{Ec. 4}$$

$i = 1,2,3,4 ; j = 1,2,3,4 ; k = 1,2,3 ; l = 1,2,3,4,5$

Donde,  $\gamma_{ijkl}$ : Medición de la variable de respuesta (Tensión, Rigidez);  $\mu$ : Media general del modelo;  $\tau_i$ : Efecto fijo asociado al  $i$ -ésimo nivel del factor PL;  $\gamma_j$ : Efecto fijo asociado al  $j$ -ésimo nivel del factor PB;  $(\tau\gamma)_{ij}$ : Efecto debido a la interacción entre los dos factores;  $e_{ijk}$ : Efecto del error aleatorio para la  $k$  – esima unidad experimental de la interacción  $ij$  – esima entre los dos factores y  $\delta_{ijkl}$ : Efecto aleatorio de la  $i$  – esima sub muestra asociada a la  $k$  – esima unidad experimental de la interacción  $ij$  – esima entre los dos factores.

Para que el modelo propuesto tuviera validez, sobre los residuales se verificaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett) y de independencia (mediante la prueba de Durbin-Watson) (Montgomery, 2002). En el caso de la variable Rigidez Flexural, debido al incumplimiento de los supuestos con los datos originales, fue necesario aplicar la transformación logarítmica, verificando el cumplimiento de los supuestos.

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey, la que determina cuáles de los tratamientos presentan diferencias significativas y cuáles son estadísticamente iguales. El procesamiento estadístico de la información obtenida, se realizó en el software de programación para el análisis de datos y gráficos de libre distribución R versión 2.11.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del efecto de la mezcla PLB: PB: La tabla 2 presenta los resultados de la Prueba de Comparación de Tukey para los diferentes tratamientos en la tensión de la PLB. Los resultados obtenidos muestran que, en el caso de la tensión, con un nivel de confianza de 5%, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y, por tal razón, la incorporación de PB en las proporciones evaluadas, no incide en esta propiedad respecto del tratamiento control.

Tabla 2. Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para la Tensión Media PLB.

Niveles a comparar		Medias		Diferencia	Valor-P
70:30	100:0	66,5	68,8	-2,32	0,982
80:20	100:0	73,1	68,8	4,23	0,906
90:10	100:0	79,9	68,8	11,09	0,358
80:20	70:30	73,1	66,5	6,55	0,734
90:10	70:30	79,9	66,5	13,41	0,224
90:10	80:20	79,9	73,1	6,87	0,706

\*Diferencia significativa a un nivel de 5%.

Debido a que la mayor proporción de la fibra del PB es corta, que se compone por fibra corta de bagazo de caña, hasta un 80% y de fibra larga de resinosas, hasta un 20%, se consideraba factible que al mezclarlo con el PLB, cuya fibra podría ser más homogénea o más larga, disminuyera la tensión de esta última; sin embargo, esta situación no se evidenció, posiblemente, por similitud en las características de las fibras mezcladas. Es posible que el uso de material reciclado para la elaboración de la PLB afecte la longitud de sus fibras, incidiendo en su tensión.

En el caso de la rigidez flexural (Tabla 3), todos los tratamientos con mezcla presentaron diferencias significativas, con un nivel de confianza del 5%, respecto del tratamiento control. En todos los casos, la rigidez flexural de los tratamientos con mezcla fue mayor; lo cual, indicaría que la incorporación de PB aportó rigidez al PLB. Este comportamiento podría estar asociado con características físicas de la fibra larga del PB, como el espesor de la pared, que podría ser más grueso

que el de la fibra del PLB y, por ende, aumentar su rigidez; sin embargo, esta hipótesis debe ser validada con pruebas de morfología de la fibra. En cuanto a la comparación de la rigidez flexural de las mezclas, no se encontraron diferencias significativas entre éstas.

Evaluación del efecto de la mezcla PLC: PB: La tabla 4 presenta los resultados de la prueba de comparación para los diferentes tratamientos en la tensión de la PLC. En el caso de la tensión, con un nivel de significancia de 5%, solamente hubo diferencias significativas entre los tratamientos 70:30 y 100:00, siendo mayor en la primera, lo que indica que desde la perspectiva de esta variable, la primera mezcla fue la única de las evaluadas, que mejoró tensión respecto del tratamiento control.

La obtención de la PLC, a través de procesos mecánicos y el uso de pulpa reciclada para su fabricación, reducen tanto la longitud promedio de las fibras como la disponibilidad de los

enlaces químicos -puentes de hidrógeno- entre sus fibras, generando una menor tensión respecto de pulpas obtenidas químicamente, las que además son más elásticas, por su menor contenido de lignina (Smook, 1990); aunque el

PB es obtenido químicamente tiene un máximo de 20% de fibra larga, lo que, posiblemente, hace necesario la adición de proporciones mayores o iguales que 30%, para mejorar la tensión del blanco.

Tabla 3. Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para la Rigidez Media PLB.

Niveles a comparar		Rigidez		Media	Log-Rigidez		Media	Diferencia	Valor-P
70:30	100:0	2,66		2,22	0,957		0,78	0,177	0,034*
80:20	100:0	2,84		2,22	1,032		0,78	0,251	0,001*
90:10	100:0	2,91		2,22	1,062		0,78	0,282	<0,001*
80:20	70:30	2,84		2,66	1,032		0,957	0,075	0,641
90:10	70:30	2,91		2,66	1,062		0,957	0,105	0,352
90:10	80:20	2,91		2,84	1,062		1,032	0,03	0,963

\*Diferencia significativa a un nivel de 5%.

Tabla 4. Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para la Tensión Media PLC.

Niveles a comparar		Medias		Diferencia	Valor-P
70:30	100:0	84,7	55,4	29,35	0,004*
80:20	100:0	72,2	55,4	16,81	0,072
90:10	100:0	68,4	55,4	13,01	0,182
80:20	70:30	72,2	84,7	-12,54	0,204
90:10	70:30	68,4	84,7	-16,33	0,081
90:10	80:20	68,4	72,2	-3,79	0,908

\*Diferencia significativa a un nivel de 5%.

En la tabla 5, se presenta la prueba de comparación del ensayo de rigidez flexural para todos los tratamientos de PLC. Respecto de la rigidez flexural, se encontró que para un nivel de significancia de 5%, el tratamiento control fue diferente a los otros tres evaluados. En todos los casos, la rigidez media del PLC sin mezclar fue mayor que la de las mezclas en porcentajes, que oscilan entre 26,7 y 45,6%; de otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos que incluían la mezcla del PLC con PB. El proceso de extracción de las fibras pudo ser el factor diferenciador, que incidió en este comportamiento.

Como se indicó anteriormente, la pulpa del PLC es producida mecánicamente y el PB químicamente; en el primer caso, la lignina, que impide la formación de puentes de hidrógeno, se conserva en la superficie de la fibra, haciéndola más rígida y, en el segundo, es disuelta, a través de los procesos de blanqueo químico, ejerciendo el efecto contrario, es decir,

haciéndola más flexible. Como lo muestran los resultados, con todas las mezclas se logró disminuir la rigidez comparadas con el tratamiento control.

Finalmente, se concluye que la incorporación de papel bond al papel plegadiza blanco en las proporciones evaluadas, no ejerció efecto sobre la tensión, pero sí aumentó la rigidez flexural y no se encontraron diferencias en los valores de ambas propiedades físicas entre las mezclas. En caso de requerirse el aumento de la rigidez flexural del papel plegadiza blanco, la mejor proporción sería la mezcla PLB: PB 90:10.

El tratamiento papel plegadiza café y papel bond (PLC:PB) en una proporción 70:30 mostró diferencias significativas en las dos variables analizadas, comparado con el tratamiento control; con la mezcla, se obtuvo una pulpa con mayor tensión y más flexible, dado que incrementó el 52,9%, en la tensión y descendió un 21,1%, en la rigidez flexural, respec-

tivamente. En caso de considerarse necesario conservar o aumentar la rigidez flexural, en la mezcla 70:30 podría aumentarse el gramaje, incrementando el volumen de pulpa, para formar la hoja.

Los tratamientos 90:10 y 80:20 solamente incidieron en la rigidez flexural, haciéndola menor que la del tratamiento control. Aunque la mezcla más indicada para una aplicación depende de las características del producto a obtener con la pulpa, el tratamiento 70:30 presenta la ventaja de influir en ambas propiedades físicas.

Tabla 5. Prueba de Comparación Múltiple de Tukey para la Rigidez Media PLC.

Niveles a comparar	Rigidez	Media	Log-Rigidez	Media	Diferencia	Valor-P
70:30 100:0	2,62	3,32	0,945	1,182	-0,237	0,007*
80:20 100:0	2,37	3,32	0,849	1,182	-0,332	<0,001*
90:10 100:0	2,28	3,32	0,806	1,182	-0,376	<0,001*
80:20 70:30	2,37	2,62	0,849	0,945	-0,096	0,522
90:10 70:30	2,28	2,62	0,806	0,945	-0,14	0,2
90:10 80:20	2,28	2,37	0,806	0,849	-0,044	0,923

\*Diferencia significativa a un nivel del 5%

Los resultados muestran que la incorporación de papel bond al papel plegadiza, tanto blanco como café, incide en las propiedades físicas evaluadas, constituyendo una opción de valorización, dependiendo de los requerimientos de los productos finales. Esta opción de aprovechamiento evaluada tiene un alto potencial de aplicación en los contextos de las PMRS objeto de estudio.

**Conflicto de intereses:** 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.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY 2001 –TAPPI-. Norma TAPPI T494 OM-2001. Tensile properties of paper and paperboard.
2. CASEY, J.P. 1991. Pulpa y papel: química y tecnología química. Vol. 3, Editorial Noriega- Limusa. 200p.
3. KUEHL, R.O. 2001. Diseño de Experimentos. Thomson Learning. Segunda edición. International Thomson Editores, S.A. México. 680p.
4. MARMOLEJO, L.F.; TORRES, P.; OVIEDO, É.R.; BEDOYA, D.F.; AMÉZQUITA, C.P.; KLINGER, R.; ALBÁN, F.; DÍAZ, L.F. 2009. Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales. *Rev. Ing. Competitiv.* 11:79-93.
5. MERRILD, H.; DAMGAARD, A.; CHRISTENSEN, T. 2008. Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. *Res. Conserv. Recyc.* 52:1391-1398.
6. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL –MAVDT- & ESTUDIOS Y PROYECTOS AMBIENTALES Y MECÁNICOS -EPAM S.A. E.S.P.-. 2008 Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. . Manual 3: Orgánicos, papel y cartón. Bogotá D.C. 91p.
7. MONTGOMERY, D. 2002. Diseño y Análisis de Experimentos. 2ª Edición. México D.F.: Limusa Wiley. 686p.
8. PEDRAZA, M.L.; COSSIO, L.P.; HILARIO, A.C. 2007. Aprovechamiento de Papel reciclado. *Transferencias*

de tecnologías limpias en el sector de residuos sólidos. Lima, CONCYTEC - OEA.

9. SMOOK, G.A. 1990. Manual para técnicos de pulpa y papel. 4ª Ed. Atlanta: TAPPI Press. 396p.

10. SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS –SSPD-. 2008. Diagnóstico sectorial: plantas de aprovechamiento de residuos sólidos. Dis-

ponible desde internet en [http://www.superservicios.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=73cfd722-c46e-4caf-b03f-486810f6536c&groupId=10122](http://www.superservicios.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=73cfd722-c46e-4caf-b03f-486810f6536c&groupId=10122) (con acceso 02/12/2012).

Recibido: Agosto 6 de 2013  
Aceptado: Marzo 28 de 2014

Como citar:

Gutiérrez – R., J.A.; Marmolejo – Rebellón, L.F.; Albán Achinte, F.; Torres, W.A.; Torres – Lozada, P. 2014. Mejoramiento de propiedades mecánicas del papel plegadiza recuperado de residuos sólidos municipales. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 237-243.



# INFLUENCIA DE LA EDAD DE LIXIVIADOS SOBRE SU COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SU POTENCIAL DE TOXICIDAD

## INFLUENCE OF LEACHATES AGE ON ITS PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION AND TOXICITY POTENTIAL

Patricia Torres-Lozada<sup>1</sup>, Luz Edith Barba-Ho<sup>2</sup>, César Ojeda<sup>3</sup>, Jonier Martínez<sup>4</sup>, Yulieth Castaño<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ing. Sanitaria, M.Sc., Ph.D. Prof. Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: patricia.torres@correounivalle.edu.co; <sup>2</sup> Química M.Sc. Prof. Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: luz.barba@correounivalle.edu.co; <sup>3</sup> Estadístico, M.Sc. Prof. Auxiliar, Facultad Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: cesar.ojeda@correounivalle.edu.co; <sup>4</sup> Est. Estadística, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: jonier.martinez@correounivalle.edu.co; <sup>5</sup> Est. Estadística, Universidad del Valle, Cali, Colombia, e-mail: yulieth.castano@correounivalle.edu.co. Dirección correspondencia: Carrera 100 No. 13-00 Edif.336. Cali, Valle del Cauca-Colombia. e-mail: patricia.torres@correounivalle.edu.co.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 245-255, Enero-Junio 2014

### RESUMEN

Los lixiviados son subproductos de la operación normal de rellenos sanitarios, que pueden contener una amplia diversidad de contaminantes; las prácticas tradicionales de manejo de los rellenos sanitarios se basan, principalmente, en la caracterización físico-química, debido a su relación con la toxicidad. En el presente estudio, se analizó la influencia de la edad de los lixiviados de celdas de rellenos sanitarios y un vertedero sobre las características físico-químicas y su potencial toxicidad. En general, la composición de los lixiviados depende de la edad de la celda en la que se originan, encontrándose mayores concentraciones en los lixiviados más jóvenes, en los cuales, la mayoría de mediciones están asociadas con las variables indicadoras de materia orgánica y sólidos; en los lixiviados de mayor edad, las concentraciones medidas y la relación entre las variables disminuyen, siendo necesario caracterizar un mayor número de variables.

Palabras clave: Caracterización de lixiviados, correlación de parámetros, relleno sanitario municipal, toxicidad.

### SUMMARY

Leachates are byproducts of the normal operation of landfills that may contain a huge diversity of contaminants; traditional landfills management practices are mainly based on physicochemical characterization due to their relationship with toxicity. The aim of this study was to analyze the influence of age leachates of cells from two different landfills and one weir on physicochemical characteristics and their toxicity

potential. In general, we observed that the composition of the leachates depends of the age of the cells in which they're originated, finding greater concentrations in younger leachates in which the majority of measures are associated with organic matter and solid variables, in the older leachates, the measured concentrations and the relationship between the variables decreases, being necessary to characterize a greater number of variables.

Key words: Leachate characteristics, statistical correlation of physicochemical parameters, municipal landfill, toxicity.

### INTRODUCCIÓN

La cantidad de residuos generados por la sociedad está ligada estrechamente con su nivel económico; la mayoría de éstos son el resultado de los productos usados que, luego de cumplir la función para la que fueron adquiridos, se convierten en desechos denominados residuos sólidos urbanos – RSU (Shekdar, 2009), cuya eliminación adecuada es una necesidad y hace parte integral del entorno urbano y la planificación de la infraestructura, para garantizar un ambiente seguro y saludable, considerando la promoción del crecimiento económico sostenible (Karak *et al.* 2013).

La disposición final es un componente importante de la gestión integral de los residuos sólidos – GIRS, debido a que aquellos RSU que no se reutilizan, requieren un lugar donde depositarlos, de manera definitiva. Los rellenos sanitarios son y seguirán siendo la alternativa de disposición final de RSU más utilizada, tanto en los países en desarrollo como

en los industrializados (Bartone & Bernstein, 1993; Themelis, 2003; Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). En Colombia, se mantiene esta tendencia, ya que aunque predominan los botaderos a cielo abierto (40,9%) y los rellenos sanitarios (42,4%), la cantidad de RSU dispuestos en cada uno de ellos es del orden del 7 y 90%, respectivamente (SSPD, 2010).

Cuando los RSU son dispuestos en rellenos sanitarios ocurren una serie de reacciones biológicas y químicas, que favorecen su degradación, siendo generalmente aceptado que en rellenos sanitarios de 30 años o menos de operación, ocurren, al menos, cuatro fases de descomposición: aerobia inicial, ácida anaerobia, metanogénica inicial y metanogénica estable; sin embargo, factores en el relleno sanitario, como la composición de los RSU, condiciones climáticas, como la precipitación e infiltración, la forma de operación, como es el caso de la recirculación de los lixiviados y la implementación de procesos de aireación, pueden tener un efecto sobre las tasas y el tiempo de degradación de los RSU (Kjeldsen *et al.* 2002).

La mayoría de los rellenos sanitarios reciben una mezcla de residuos municipales, comerciales e industriales, pero excluyen cantidades significativas de residuos altamente tóxicos o peligrosos (Christensen *et al.* 1994). Generalmente, el impacto ambiental de los rellenos sanitarios está asociado, principalmente, con la emisión de Gases de Efecto Invernadero – GEI ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ) y los efluentes líquidos o lixiviados producidos, como consecuencia de la percolación de las aguas lluvias, a través de la masa de residuos, las reacciones químicas y biológicas ocurridas en las celdas que contienen los residuos y su contenido de agua (Boumechhour *et al.* 2013).

Los lixiviados son fuente de sustancias químicas y biológicas altamente tóxicas, que pueden generar perjuicios en la salud humana y el ambiente (Raco *et al.* 2013); el mayor impacto ambiental está asociado a la contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea (Pablos *et al.* 2011).

Generalmente, los lixiviados se componen de una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos, que pueden ser clasificados en cuatro grupos (Kjeldsen *et al.* 2002; Wiszniowski *et al.* 2006; Aziz *et al.* 2010): i) materia orgánica disuelta (DQO, COT, AGV, ácidos húmicos y fúlvicos); ii) macrocomponentes inorgánicos (Ca, Mg, Na, K,  $\text{NH}_4^+$ , Fe, Mn; Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ); iii) metales pesados (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn) y, iv) Compuestos xenobióticos (hidrocarburos aromáticos, fenoles, alifáticos clorados, pesticidas, plastificantes). Otros compuestos pueden estar presentes en los lixiviados (boratos, sulfuros, arsenato, selenato, Ba, Li, Hg, Co), pero, normalmente, en concentraciones muy bajas (Ramírez – Sosa *et al.* 2013).

En un mismo relleno sanitario es común encontrar áreas o celdas de diferentes edades, lo que genera lixiviados de di-

ferente composición (Ragle *et al.* 1995; Pablos *et al.* 2011). Adicionalmente, la composición de los lixiviados varía entre diferentes rellenos sanitarios, dependiendo, principalmente, de factores, como la composición y la etapa de degradación de los RSU y la tecnología o tipología de relleno (Kjeldsen *et al.* 2002). De acuerdo con diversos autores (Kang *et al.* 2002; Kulikowska & Klimiuk, 2008; Renou *et al.* 2008; Shouliang *et al.* 2008), los lixiviados se pueden clasificar en tres grupos, de acuerdo con el tiempo de operación del relleno sanitario y, particularmente, de la celda del relleno, de la cual, provengan (jóvenes < 5 años; intermedios 5-10 años y maduros > 10 años de operación).

En general, el grado de biodegradabilidad de los lixiviados es inversamente proporcional a su edad, siendo más biodegradables los jóvenes y menos los maduros (Fátima *et al.* 2012; Ramírez – Sosa *et al.* 2013), por esta razón, la determinación de la cantidad y la composición de los lixiviados son un paso esencial en el desarrollo de sus sistemas de gestión (Abu-Qdais *et al.* 1997; El-Fadel *et al.* 2002), incluida la identificación y la selección de estrategias de tratamiento adecuadas (Shouliang *et al.* 2008). En el presente estudio, se analizó la influencia del tiempo de operación de celdas de dos rellenos sanitarios y un vertedero del Valle del Cauca sobre las características físico-químicas de los lixiviados generados y la correlación entre las variables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron analizadas 20 muestras de lixiviados, procedentes de celdas de dos rellenos sanitarios activos (una con una edad o tiempo de operación de 5 años y otra de 15 años) y un vertedero clausurado hace cinco años y que operó durante 51 años, todos ellos, ubicados en el departamento del Valle del Cauca – Colombia. Las muestras fueron tomadas en diferentes periodos de 2012.

Las muestras fueron preservadas a 4°C y fueron caracterizadas mediante la determinación de: pH, conductividad (CE); sales: alcalinidad (AT), dureza (DT), cloruros (Cl); materia orgánica: ácidos grasos volátiles (AGV), demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y  $\text{DBO}_5$ ), carbono orgánico total (COT); sólidos: sólidos totales y disueltos (ST y SDT) y formas de nitrógeno: nitrógeno total y amoniacal. Adicionalmente, se hicieron mediciones de sustancias tóxicas, como metales pesados, que incluyeron hierro, manganeso, níquel, aluminio cadmio, zinc y plomo; benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), así como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), siguiendo las metodologías de APHA (2005).

Teniendo en cuenta que la toxicidad del nitrógeno amoniacal es debida a la forma no ionizada (amoníaco libre o  $\text{NH}_3$ ), para su cálculo, se utilizó la Ecuación 1 (Anthonisen *et al.*

1976), que relaciona el pH de la muestra, la temperatura ambiente y la concentración de nitrógeno amoniacal.

$$NH_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(17/14) * (N \text{ amoniacal} * 10^{pH})}{\left(\frac{K_b}{K_w} + 10^{pH}\right)} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde,  $K_b/K_w$  es la relación entre las constantes de disociación del amoníaco y el agua con respecto de la temperatura (°C) del medio y equivale a  $e^{(6,344/273 + ^\circ\text{C})}$ .

Inicialmente, los registros fueron analizados estadísticamente, mediante el uso de técnicas descriptivas univariadas, como indicadores de tendencia central, variabilidad, posición, forma y representaciones gráficas. Posteriormente, se utilizó una técnica descriptiva, que permite conocer el grado de asociación lineal entre las variables involucradas y la intensidad de tal asociación, conocida como análisis de correlaciones, considerando, como una fuerte relación lineal entre dos variables, un coeficiente de correlación mayor de 0,85 (Johnson & Wichern, 2007).

Posterior al análisis descriptivo, se realizó un análisis multivariado, denominado análisis de componentes principales

(ACP), que explica la estructura de correlación del conjunto de variables fisicoquímicas, a través de pocas combinaciones lineales de éstas con el objetivo de reducir dimensionalidad y poder interpretarlas de manera más sencilla.

Los resultados obtenidos fueron procesados a través del paquete estadístico R (R Core Team, 2012), el cual, es de uso libre y es distribuido bajo los términos de la Licencia Pública General (GNU). Para el desarrollo del ACP, se usaron las librerías *ade4* (Dray & Dufour, 2007; Chessel *et al.* 2004; Dray *et al.* 2007) y *ade4TkGUI* (Thioulouse & Dray, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis Descriptivo:** En la tabla 1, se presentan los rangos (valores máximo y mínimo) de las variables fisicoquímicas analizadas a los tres tipos de lixiviados y en las figuras 1 y 2, se muestra la representación gráfica en función de las medias y su dispersión; en la primera, se presentan las variables DQO, DBO<sub>5</sub>, COT, AGV's, Cloruros y ST, mientras que en la segunda, se encuentran los STD, Conductividad, Alcalinidad, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total y dureza.

Tabla 1. Resumen de variables fisicoquímicas en los lixiviados estudiados.

Parámetros	Unidades	LJ		LI		LM	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min
pH	Unidades	8,26	7,77	8,5	7,6	9,58	8,18
CE	mS/cm	36,7	27,1	23,5	16,2	20,6	11,6
AGV	meq/L	295	70	100	50	62,5	45
AT	mg CaCO <sub>3</sub> /L	36300	12400	10746	7344	8694	1689
DT	mg CaCO <sub>3</sub> /L	4324	1251	1863	866	2700	400
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	13391	1171	1594	496	165	78
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	25455	9181	6638	3673	2197	1105
COT	mg COT/L	7840	3531	3025	1240	999	415
ST	mg/L	33796	17673	17950	10596	9345	5472
SDT	mg/L	33703	17041	17775	10473	8877	5382
NTK	mg N-NTK/L	2492	2184	2072	1204	1095	9,2
NH <sub>3</sub> Libre	mg NH <sub>3</sub>	1090	187	787	237	257	4,1
N Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /L	2184	1050	1848	1008	956	9,2
Cl <sup>-</sup>	mg Cl/L	4200	2121	3099	1398	2420	800

LJ: Lixiviado joven < 5 años

LI: Lixiviado intermedio 5-10 años

LM: Lixiviado Maduro > 10 años

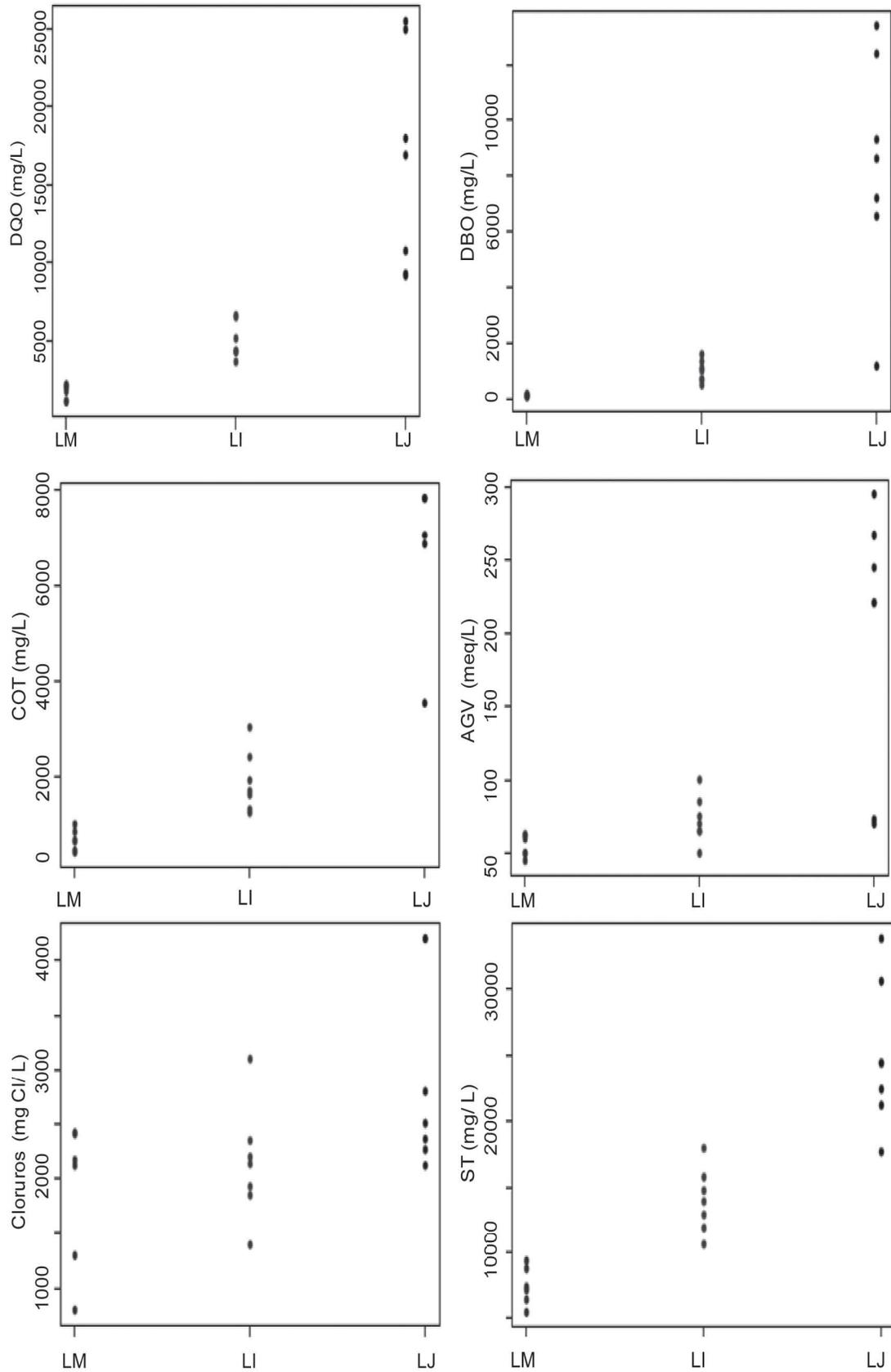


Figura 1. Comportamiento de variables fisicoquímicas.

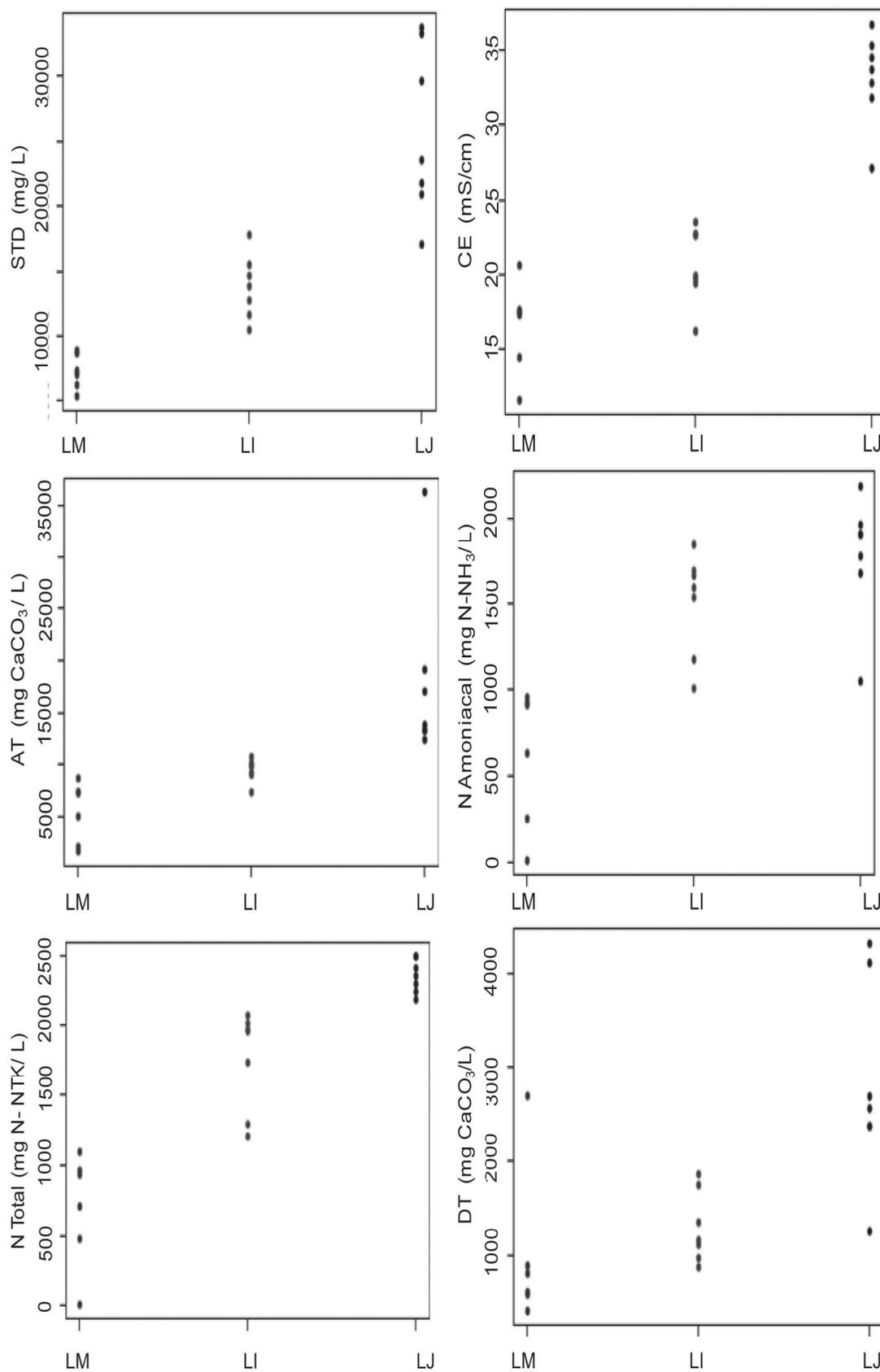


Figura 2. Comportamiento de variables fisicoquímicas.

En general, las características de los lixiviados estudiados corresponden a lo que diversos autores denominan típicas, de acuerdo con la edad de la celda (LJ: joven con < 5 años; LI: intermedio con un periodo de 5 a 10 años y LM: maduro con periodos mayores a 10 años, respectivamente) (Kang *et al.* 2002; Kulikowska & Klimiuk, 2008; Renou *et al.* 2008; Shouliang *et al.* 2008).

El pH aumentó con la edad del lixiviado, lo que coincide con la reducción de los AGV, debido a que los rellenos sanitarios jóvenes se encuentran en la fase acidogénica del proceso anaerobio, que conduce a la liberación de grandes cantidades de AGV, que pueden representar hasta el 95% de la materia orgánica, a diferencia de lo que sucede en rellenos sanitarios maduros, que se encuentran o inician su fase metanogénica, donde los AGV se transforman en metano y en dióxido de carbono (Tchobanoglous *et al.* 1994; Kurniawan *et al.* 2006; Renou *et al.* 2008; Kheradmand *et al.* 2010).

Parámetros, como la conductividad, la alcalinidad y la dureza, tienen una relación directamente proporcional, ya que dependen de la presencia de iones en los lixiviados (Kang *et al.* 2002). De esta manera, se observa cómo a medida que aumenta la edad del lixiviado, disminuye la dureza y la alcalinidad. Asimismo, se reduce la presencia de los iones bicarbonato, carbonato, magnesio y calcio, lo cual, disminuye la movilidad iónica y se ve reflejado en valores menores de conductividad.

Con relación a las variables indicadoras de Materia Orgánica (DQO, DBO, y COT), se observó una tendencia a disminuir a medida que aumentaba la edad del lixiviado. La relación DBO/DQO también decreció significativamente, de 0,53 para LJ; 0,16 para LI y 0,09 para LM, lo cual, es indicativo de la disminución de la biodegradabilidad de los lixiviados con respecto de la edad y que coincide con lo encontrado por autores, como Fátima *et al.* (2012) y Ramírez – Sosa *et al.* (2013).

En términos del nitrógeno, tanto el total como el amoniacal, disminuyen a medida que aumenta la edad del lixiviado, puesto que en los vertederos jóvenes ocurre la desaminación de los aminoácidos y la destrucción de compuestos orgánicos (Kulikowska & Klimiuk, 2008). Ziyang *et al.* (2009) encontraron que la variación del nitrógeno presente en celdas de diferente edad fue alta en los primeros 4 años y se podía estabilizar en los 8 años siguientes; la relación  $\text{NH}_4^+$ -N/NT también decreció en el tiempo del 97 al 56%, indicando que el porcentaje de otras especies, como nitritos y nitratos, se incrementa en los lixiviados maduros.

En los lixiviados estudiados, los valores de amoníaco o amonio no ionizable ( $\text{NH}_3$ ) presentaron una relación inversa con la edad de la celda, variando entre 187-1090, 237-787 y 41-

259 $\text{mgL}^{-1}$  para LJ, LI y LM, respectivamente (valores promedio 675, 470 y 211 $\text{mgL}^{-1}$ ). Al igual que el papel de los metales pesados y la alcalinidad, los compuestos nitrogenados presentes en los lixiviados han sido ampliamente estudiados, debido a que se relacionan con la generación de efectos potencialmente inhibitorios o tóxicos (Olivero *et al.* 2008; Pablos *et al.* 2011).

En los lixiviados evaluados, los niveles de contaminantes, como HAP's y BTEX estuvieron por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas, debido, probablemente, a que los residuos sólidos depositados en los diferentes rellenos sanitarios son de procedencia urbana, los cuales, normalmente, aportan bajos niveles de estos contaminantes comparados con residuos industriales. Otros factores que influyen en la presencia no cuantificable de HAPs y BTEX son los cambios bioquímicos y procesos físico-químicos, que incluyen la disolución, adsorción, precipitación, dilución, volatilización y otros que influyen en la calidad del lixiviado y que se llevan a cabo en forma natural en el relleno (Kulikowska & Klimiuk, 2008).

En general, los resultados de los parámetros físico-químicos para los tres lixiviados estudiados presentan importantes relaciones entre la edad de la celda de donde provenían los lixiviados y las variaciones de sus características, encontrándose una relación inversamente proporcional entre la edad de los lixiviados y el potencial de toxicidad, reflejado en la reducción de los niveles de biodegradabilidad, en función de la mayor edad de los lixiviados.

**Análisis de Correlaciones:** En la tabla 2, se presenta la matriz de correlaciones, en la cual, se pueden observar correlaciones altas entre las variables DBO, DQO, COT y AGV, que era de esperarse, debido a que todas ellas están asociadas a materia orgánica. Adicionalmente, el parámetro que presentó una fuerte relación con un mayor número de variables (DBO, DQO, COT y ST) fue SDT. Por otro lado, la CE presentó un alto grado de correlación con COT, ST y SDT; esta última correlación coincide con la presentada por autores, como Mor *et al.* (2006), quienes encontraron que la CE y los SDT se encontraban estrechamente relacionados (0,994). Se resalta que el pH presentó una correlación negativa y débil con todas las variables.

#### **Análisis de Componentes Principales – ACP**

**Selección de los componentes principales:** En la tabla 3, se presentan los valores propios y de inercia para la selección de los componentes principales. En esta tabla, se observa que con los dos primeros componentes se explica el 80% de la variabilidad total de las variables bajo estudio y teniendo en cuenta que uno de los criterios para seleccionar el número de componentes es que éstos cubran un porcentaje de

Tabla 2. Matriz de Correlación de variables fisicoquímicas.

	pH	DBO	DQO	COT	ST	SDT	CE	AT	AGV	N Am	N To	D	Cl <sup>-</sup>
pH	1,00												
DBO	-0,35	1,00											
DQO	-0,41	<u>0,96</u>	1,00										
COT	-0,37	<u>0,94</u>	<u>0,89</u>	1,00									
ST	-0,52	<u>0,88</u>	<u>0,91</u>	<u>0,88</u>	1,00								
SDT	-0,51	<u>0,87</u>	<u>0,90</u>	<u>0,87</u>	<u>0,97</u>	1,00							
CE	-0,44	0,78	0,83	<u>0,86</u>	<u>0,88</u>	<u>0,88</u>	1,00						
AT	-0,33	0,77	0,83	0,74	0,67	0,67	0,74	1,00					
AGV	-0,35	<u>0,89</u>	<u>0,88</u>	<u>0,88</u>	0,80	0,81	0,76	0,63	1,00				
N Am	-0,47	0,48	0,58	0,57	0,74	0,73	0,74	0,58	0,36	1,00			
N To	-0,46	0,65	0,71	0,76	0,82	0,81	<u>0,85</u>	0,65	0,62	0,93	1,00		
D	-0,32	0,77	0,68	0,78	0,71	0,69	0,61	0,47	0,63	0,53	0,64	1,00	
Cl <sup>-</sup>	-0,06	0,47	0,51	0,54	0,59	0,67	0,65	0,41	0,48	0,55	0,58	0,22	1,00

D: Dureza; N To: Nitrógeno Total; N Am: Nitrógeno Amoniacal; AT: Alcalinidad Total; CE: Conductividad Eléctrica; SDT: Sólidos Disueltos Totales; ST: Sólidos Totales.

Tabla 3. Valores Propios y coordenadas asociadas a las variables en cada componente.

Variables	Valores Propios y de Inercia			Coordenadas asociadas en cada componente		
	Valores propios	Acum	Variabilidad	Componente 1	Componente 2	Componente 3
pH	9,2	9,2	0,71	0,49	0,33	0,69
DBO	1,12	10,32	0,79	-0,92	0,36	-0,01
DQO	0,98	11,3	0,87	-0,94	0,23	-0,01
COT	0,59	11,89	0,91	-0,94	0,22	0,02
ST	0,51	12,4	0,95	-0,96	-0,04	-0,04
SDT	0,21	12,61	0,97	-0,96	-0,06	0,02
CE	0,16	12,77	0,98	-0,93	-0,12	0,1
AT	0,12	12,89	0,99	-0,79	0,08	0,04
AGV	0,06	12,95	1,00	-0,85	0,38	0,02
N Am	0,03	12,98	1,00	-0,75	-0,6	-0,01
N To	0,01	12,99	1,00	-0,87	-0,38	0,01
D	0,01	13,00	1,00	-0,75	0,21	-0,24
Cl <sup>-</sup>	0	13,00	1,00	-0,62	-0,27	0,65

varianza, entre el 80 y 90% (Díaz, 2007), para efectos de este estudio se eligieron dos componentes.

**Correlación de los parámetros con los componentes:** En la tabla 3, también se presentan las coordenadas asociadas a las variables para cada una de los componentes. Se resalta que la mayoría de las variables que muestran una alta correlación con el primer componente, están asociadas a materia orgánica (DBO, DQO, COT), además de los ST, SDT y CE; el pH y los cloruros están altamente correlacionados con el componente tres. Pablos *et al.* (2011) encontraron en la evaluación de 21 muestras de lixiviados de diferentes rellenos sanitarios, que los tres primeros componentes permitían explicar el 72,55% de la variabilidad total, siendo cloruros,

alcalinidad, conductividad, amoníaco y demanda química de oxígeno, los parámetros que mayor representación tenían en el primer componente.

**Correlación entre individuos y variables:** En la figura 3, se presenta gráficamente la correlación entre los individuos y las variables con los planos factoriales 1 – 2, donde el eje X es el primer componente y el eje Y, el segundo. Se observa que la mayoría de las mediciones realizadas al lixiviado LJ están relacionadas con los ST y los SDT y con la DBO, DQO y el COT; además, muestra alta relación con el primer componente. Las variables fisicoquímicas Nitrógeno total y amoniacal están relacionadas con el segundo componente principal.

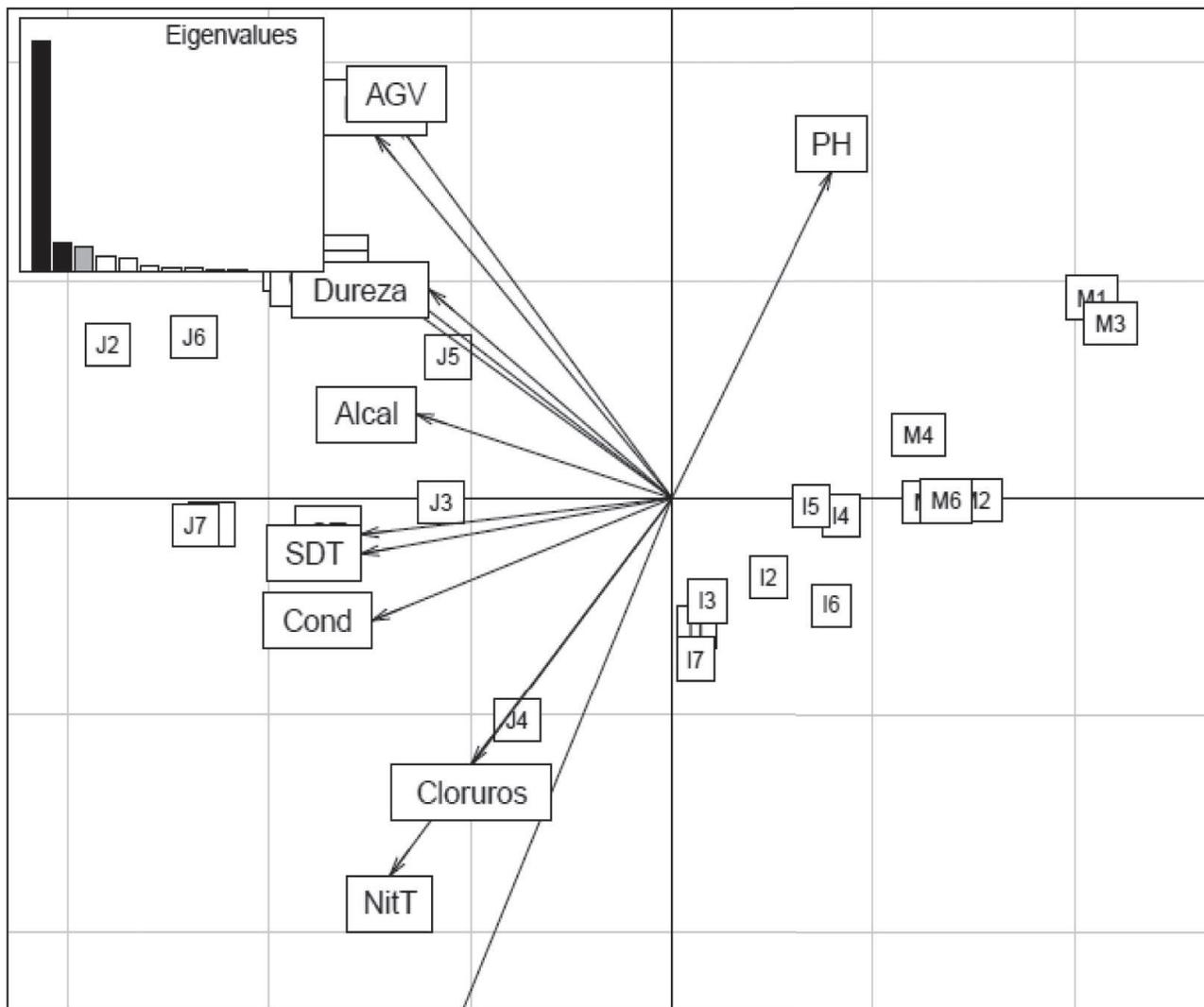


Figura 3. Correlaciones entre individuos y variables en planos 1 – 2.

También es de notar que todas las observaciones tomadas de los lixiviados jóvenes están relacionadas con variables fisicoquímicas, indicando la alta concentración que existe en estos lixiviados, contrario a lo que se puede observar con los lixiviados intermedio y maduro, pues por la edad de éstos presentan bajas concentraciones de las variables fisicoquímicas en cuestión, por lo que es recomendable considerar un mayor número de variables, para tener una caracterización más precisa de estos lixiviados.

Para futuros estudios es recomendable realizar un análisis individual en cada relleno sanitario y con un mayor número de muestras, ya que se pudo observar que el tiempo de funcionamiento de éstos influye en la concentración de las variables fisicoquímicas en sus respectivos lixiviados. La realización de estudios de toxicidad es una herramienta que podría complementar la toma de decisiones para la gestión adecuada de los lixiviados, generados en cada tipo de relleno sanitario.

Se concluye que los resultados de las variables fisicoquímicas medidas a los lixiviados evaluados, muestran que la composición de los lixiviados depende del tiempo de funcionamiento de los rellenos sanitarios y, particularmente de la edad de la celda, en los cuales se originan. En general, se observaron mayores concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en los lixiviados más jóvenes, que disminuyeron proporcionalmente con la edad.

En el lixiviado joven, la mayoría de mediciones en el lixiviado están asociadas con las variables fisicoquímicas DBO, DQO, ST, SDT y los AGV's, por lo que este tipo de lixiviados se puede caracterizar mediante estas variables. En lixiviados de mayor edad, las concentraciones medidas disminuyen y la relación entre las variables no es tan fuerte, siendo necesario caracterizar un mayor número de variables, como las indicadores de material inorgánico y contaminantes específicos, que deberán ser definidos de acuerdo con las características y procedencia de los residuos sólidos depositados en los rellenos sanitarios.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a la Universidad del Valle por la financiación del Proyecto "Evaluación de la influencia de la edad de rellenos sanitarios municipales sobre la composición y toxicidad de los lixiviados". **Conflictos de intereses:** 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.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABU-QDAIS, H.A.; HAMODA, M.F.; NEWHAM, J. 1997. Analysis of residential solid waste at generation sites. *Waste Manag. Res.* 5:395-405.
2. ANTHONISEN, A.C.; LOEHR, R.C.; PRAKASAM, T.B.S.; SRINATH, E.G. 1976. Inhibition of Nitrification by Ammonia and Nitrous Acid. *J. Water Pollut Con F.* 48:835-852.
3. APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>st</sup> ed. Editors APHA, Am. Water Works Assoc. and Water Environment Federation. (Washington, DC). 1368p.
4. AZIZ, S.Q.; AZIZ, H.A.; YUSOFF, M.S.; BASHIR, M.J.K.; UMAR, M. 2010. Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study. *J. Environ. Manag.* 91:2608-2614.
5. BARTONE, C.R.; BERNSTEIN, J.D. 1993. Improving municipal solid waste management in third world countries. *Resourc., Conserv. Recyc.* 8:43-54.
6. BOUMECHHOIR, F.; RABAH, K.; LAMINE, C.; SAID, B.M. 2013. Treatment of landfill leachate using Fenton process and coagulation/flocculation. *Water Environ. J.* 27:114-119.
7. CHESSEL, D.; DUFOUR, A.B.; THIOULOUSE, J. 2004: The ad4 package-I-One-table methods. *R. News.* 4:5-10.
8. CHRISTENSEN, T.H.; KJELDSEN, P.; ALBRECHTSEN, H.J.; HERON, G.; NIELSEN, P.H.; BJERG, P.L.; HOLM, P.E. 1994. Attenuation of landfill leached pollutants in acquifers. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 24:119-202.
9. DÍAZ, L. 2007. Estadística Multivariada: Inferencia y Métodos. Ed. Universidad Nacional. Bogotá D.C. 529p.
10. DRAY, S.; DUFOUR, A.B. 2007. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *J. Stat. Softw.* 22:1-20.
11. DRAY, S.; DUFOUR, A.B.; CHESSEL, D. 2007. The ad4 package-II: Two-table and k-table methods. *R. News.* 7:47-52.
12. EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. 2002. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Manag.* 22:269-282.
13. FÁTIMA, S.; RAFIQ, S.K.; HAI, A. 2012. Effect of depth and age on leachate characteristics of Achan Landfill, Srinagar, Jammu and Kashmir, India. *J. Environ. Sci. Tox. Food Technol.* 2:4-11.

14. HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. 2012. What a waste: A global review of solid waste management. En: Bank, W. (ed.) Urban Development Series Knowledge papers. Washington D.C.: Urban Development and Local Government Unit & World Bank. 22p.
15. JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall. p.457-458.
16. KANG, K.; SHIN, H.S.; PARK, H. 2002. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Res.* 36:4023-4032.
17. KARAK, T.; BHAGAT, R.M.; BHATTACHARYYA, P. 2013. Municipal Solid Waste Generation, Composition, and Management: The World Scenario. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 43:215-215.
18. KHERADMAND, S.; KARIMI-JASHNI, A.; SARTAJ, M. 2010. Treatment of municipal landfill leachate using a combined anaerobic digester and activated sludge system. *Waste Manag.* 30:1025-1031.
19. KJELDSSEN, P.; BARLAZ, M.A.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T.H. 2002. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 32:297-336.
20. KULIKOWSKA, D.; KLIMIUK, E. 2008. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Biores. Technol.* 99:5981-5985.
21. KURNIAWAN, T.A.; LO, W.H.; CHAN, G. 2006. Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *J. Hazard Mat.* 129:80-100.
22. MOR, S.; RAVINDRA, K.; DAHIYA, R.P.; CHANDRA, A. 2006. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Environ. Monit. Assess.* 118:435-456.
23. OLIVERO, J.; PADILLA, C.; LA ROSA, O.D. 2008. Relationships between physicochemical parameters and the toxicity of leachates from a municipal solid waste landfill. *Ecotox. Environ. Safe.* 70:294-299.
24. PABLOS, M.V.; MARTINI, F.; FERNÁNDEZ, C.; BABÍN, M.M.; HERRAEZ, I.; MIRANDA, J.; MARTÍNEZ, J.; CARBONELL, G.; SAN-SEGUNDO, L.; GARCÍA-HORTIGÜELA, P.; TARAZONA, J.V. 2011. Correlation between physicochemical and ecotoxicological approaches to estimate landfill leachates toxicity. *Waste Manag.* 31:1841-1847.
25. R CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-7-0. URL Disponible desde Internet en: <http://www.R-project.org/> (con acceso 29/11/2012).
26. RACO, B.; DOTSIKA, E.; BATTAGLINI, R.; BULLERI, E.; DOVERI, M.; PAPA KOSTANTINO, K. 2013. A Quick and Reliable Method to Detect and Quantify Contamination from MSW Landfills: a Case Study. *Water Air Soil Poll.* 224:1-18.
27. RAGLE, N.; KISSEL, J.; ONGERTH, J.E.; DEWALLE, F.B. 1995. Composition and Variability of Leachate from Recent and Aged Areas within a Municipal Landfill. *Water Environ. Res.* 67:238-243.
28. RAMÍREZ-SOSA, D.R.; CASTILLO-BORGES, E.R.; MÉNDEZ-NOVELO, R.I.; SAURI-RIANCHO, M.R.; BARCELÓ-QUINTAL, M.; MARRUFO-GÓMEZ, J.M. 2013. Determination of organic compounds in landfill leachates treated by Fenton-Adsorption. *Waste Manag.* 33:390-395.
29. RENO, S.; GIVAUDAN, J.G.; POULAIN, S.; DIRAS-SOUYAN, F.; MOULIN, P. 2008. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *J. Hazard Mat.* 150:468-493.
30. SHEKDAR, A.V. 2009. Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Manag.* 29:1438-1448.
31. SHOU LIANG, H.; BEIDOU, X.; HAICHAN, Y.; LIANSHENG, H.; SHILEI, F.; HONGLIANG, L. 2008. Characteristics of dissolved organic matter (DOM) in leachate with different landfill ages. *J. Environ. Sci.* 20:492-498.
32. SSPD – SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. 2010. Situación de la disposición final de los residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico 2009. Bogotá D.C.: La Superintendencia. 65p.
33. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. 1994. Gestión integral de residuos sólidos. Ciudad de México. McGraw-Hill/ Interamericana de España S.A. p.471.
34. THEMELIS, N.J. 2003. An overview of the global waste-to-energy industry. *Waste Manag. World.* 4:40-47.

35. THIOULOUSE, J.; DRAY, S. 2009. ad4TkGUI: ad4 Tcl/Tk Graphical User Interface. R package version 0.2-5. Disponible desde internet en <http://CRAN.R-project.org/package=ade4TkGUI> (con acceso 3/12/2012).
36. WISZNIOWSKI, J.; ROBERT, D.; SURMACZ-GORSKA, J.; MIKSCH, K.; WEBER, J.V. 2006. Landfill leachate treatment methods: A review. *Environ. Chem. Lett.* 4:51-61.
37. ZIYANG, L.; YOUCAI, Z.; TAO, Y.; YU, S.; HUILLI, C.; NANWEN, Z. 2009. Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages. *Sci. Total Environ.* 407:3385-3391.

Recibido: Marzo 12 de 2013

Aceptado: Enero 27 de 2014

#### Como citar:

Torres-Lozada, P.; Barba-Ho, L.E.; Ojeda, C.; Martínez, J.; Castaño, J. 2014. Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 245-255.



# DE LA PLANEACIÓN A LA GESTIÓN AMBIENTAL COLECTIVA: POSIBILIDADES EN BOGOTÁ-COLOMBIA

## FROM PLANNING TO A COLLECTIVE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: POSSIBILITIES IN BOGOTÁ-COLOMBIA

Adriana Posada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Economista Agrícola, Esp. Gestión Social y Ambiental. M.Sc. Planeación Urbana y Regional, docente Facultad Ingeniería Geográfica y Ambiental, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, calle 222 #55-37, Bogotá, D.C., Colombia, e-mail: aposada@udca.edu.co; adriaposada@yahoo.es

Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient. 17(1): 257-264, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

Bogotá ha avanzado en el manejo ambiental de su territorio, pero el camino para hacer realidad un mejor entorno ambiental apenas empieza y, para ello, se hace necesario pasar de la planeación a la gestión ambiental colectiva. Se requiere reflexionar y alertar sobre la necesidad urgente de utilizar la cantidad de instrumentos existentes para incidir con eficiencia en el mejoramiento de la calidad de vida. El Distrito Capital está generando una diferencia en el enfoque de la planeación ambiental, pero falta, por una parte, el cambio de mentalidad colectiva para apropiarse del futuro y, por otra, importantes y reales esfuerzos públicos que muestren la materialización de las acciones, en la relación sociedad naturaleza. En suma, sin la gestión ambiental colectiva, la planeación carece de sentido, pues el primer aliento de vida de la planeación lo inyectan las comunidades al plasmar sus sueños en un ideal que, luego, podrán ayudar a hacerlo real, a través de la gestión participativa.

Palabras clave: Conflicto socio ambiental, gestión territorial, planeación territorial.

### SUMMARY

Bogotá has advanced in the environmental management of its territory, but the purpose to create a better surrounding just begins and for this it is necessary to move from the planning to the collective environmental management. Reflect and highlight the urgent need to use the amount of existing instruments to influence effectively in improving the quality of life is required. The District Capital is generating a difference in approach to environmental planning; but missis on one hand, to appropriate future collective mentality change, and for another, actual and important public efforts

that show the materialization of the actions in the relationship nature- society. In short, without the collective environmental management planning, planning is meaningless, because its first breath of life is injected by the communities, capturing their dreams in an ideal which can then help to make it real through participatory management.

Key words: Socio-environmental conflict, land management and territorial planning.

### INTRODUCCIÓN

En Colombia han pasado 23 años desde que la Constitución Política incluyó, en el Artículo 58, el derecho a gozar de un ambiente sano (REPÚBLICA DE COLOMBIA, 1991); a partir de ello, los entes territoriales han tenido la decisión de circunscribir planes de ordenamiento ambiental de su territorio y presupuestos, para garantizar las acciones necesarias que conduzcan a la recuperación ambiental, con el fin de lograr una mejor calidad de vida; sin embargo, la necesidad de mejorar las condiciones ambientales del territorio, data de muchos más años antes que la norma lo determinara. La norma no es la que le dio el origen a la necesidad de mejorar el ambiente, todo lo contrario, las dificultades antrópicas generadas por un degradado entorno natural son el punto de partida para llevar a las políticas y a la normativa del país y del mundo a pensar en instrumentos para solucionar, en parte, el problema ambiental.

Más de dos décadas después de que en Colombia se hubiesen promulgado diferentes políticas, normas, planes y programas, no concretamos aún las acciones, debido a que damos vueltas en círculo sobre el qué hacer, el cómo, el dónde, el con qué, pero no llevamos con efectividad a la práctica, los distintos instrumentos creados. Ello, debido, en gran parte,

a que no hemos podido pasar de la fragmentación de las acciones, a la visión sistémica y, mucho menos, a las acciones concretas en la relación sociedad naturaleza.

El país creó un sistema de planeación complejo, con instancias diversas, multiplicidad de instrumentos, actores y niveles, con ámbitos de competencias medianamente determinadas e, incluso, donde confluyen con entidades e instituciones de otra naturaleza (Quijano, 2012).

La urgencia de hacer de Bogotá un territorio más armónico se destaca no solamente por ser la capital colombiana, sino por contar con ventajas comparativas en su ubicación, en la conformación de su estructura natural, en la responsabilidad de y para más de siete millones de personas y en la administración de recursos financieros, que se deben invertir en el mejoramiento de las condiciones actuales.

Preguntémonos si en el territorio bogotano se evidencian cambios notorios positivos en su estructura natural, ¿con qué instrumentos se cuenta para hacerlo posible?, ¿son efectivos en el ámbito natural y social?, ¿quiénes son los responsables de hacer el cambio?, ¿las personas del común conocemos los problemas, participamos en su solución y hacemos posible algún cambio? Es entonces necesario indagar por los instrumentos que se están utilizando para lograr tal armonía y sobre todo, se requiere establecer si hacen parte de un proceso socio ambiental articulado, integral y colectivo.

Por ello, como lo plantea Retolosa (2010), al vivir en tiempos complejos y por momentos conflictivos, necesitamos disponer de instrumentos más flexibles, que nos permitan planificar y monitorear nuestras acciones en contextos inciertos, emergentes y complejos; siempre desde una lógica flexible, no rígida.

Fernández (2000) destaca la diferencia entre el proceso técnico de la planificación y el de la administración del territorio; este último, como el más complejo, en tanto debe efectivizar los planes, a través de diversas clases de controles, monitoreos o acciones instrumentales que, muy a pesar de su existencia, han creado una creciente desconfianza por su inoperatividad y por la dificultad de implementarlos.

En teoría, según la Alcaldía Mayor de Bogotá –AMB- (2008), el Distrito quiere enmarcar y articular las acciones de todos los actores estratégicos hacia el fortalecimiento de la gestión ambiental del Distrito Capital y de la región, asumiendo un proceso en el que intervienen diferentes actores estratégicos, a través de la formulación y adopción de políticas públicas.

Respecto a lo anterior, Velásquez (2010) aplaude los aciertos en materia de planificación territorial que ha tenido el distrito, pero insiste en que falta superar problemas relativos a la

práctica de la planificación participativa, entre ellos, el escaso interés de los actores políticos en el proceso.

Como un importante avance conceptual, la AMB (2010) asume explícitamente el concepto de gestión ambiental territorial e introduce tres elementos principales para conocerla: la construcción social del territorio, la planificación participativa y la estructuración de la inversión ambiental local y territorial.

Por ello, el objetivo de este escrito es aportar elementos para comprender que los conflictos ambientales como parte de la dinámica del sistema territorial, necesitan no sólo planificar acciones para solucionarlos, sino establecer, con mucha fuerza, la integración de diferentes actores transformadores, para ejecutar con mayor acierto lo planeado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Distrito de Bogotá reconoce diferentes territorios de interés ambiental y ha avanzado en la planificación y en la gestión que le compete, según su contexto particular (Figura 1). Entonces, un análisis de planeación y de gestión ambiental del Distrito, incluye, no solamente la mirada endógena, sino elementos exógenos, propios de su estructura ecológica principal y de su connotación como capital colombiana.

Para analizar la información, se utilizan los insumos que permiten obtener una mirada comparativa, no sólo del uso y devenir de los instrumentos de planeación y de gestión, sino de las responsabilidades y las posibilidades que tiene el Distrito Bogotá para recuperar gradualmente y en asocio con la sociedad, los elementos básicos del tejido natural. Tal información se subdivide en:

1. El uso de los conceptos y su significancia: Se utilizaron consideraciones de autores que han disertado sobre la planificación y la gestión ambiental; se analizaron las principales políticas relacionadas con el tema y se realizaron una docena de entrevistas individuales, a personas claves en los procesos de planificación y de gestión ambiental territorial de Bogotá.
2. El uso de los instrumentos de planeación y de gestión y su correspondiente evolución: Se analizaron los instrumentos de planeación y de gestión con que cuenta el Distrito, comparando los cambios entre cuatro periodos de gobierno y analizando el enfoque de las diferentes propuestas consignadas en las fichas de inversión distrital.
3. La comparación entre variables claves de los principales entes territoriales en Colombia: Para los seis principales municipios de Colombia (Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cartagena y Santa Marta), se comparan las cifras de población total, área en km<sup>2</sup> y presupuesto de inversión para la vigencia actual, según los datos del DNP (2013).

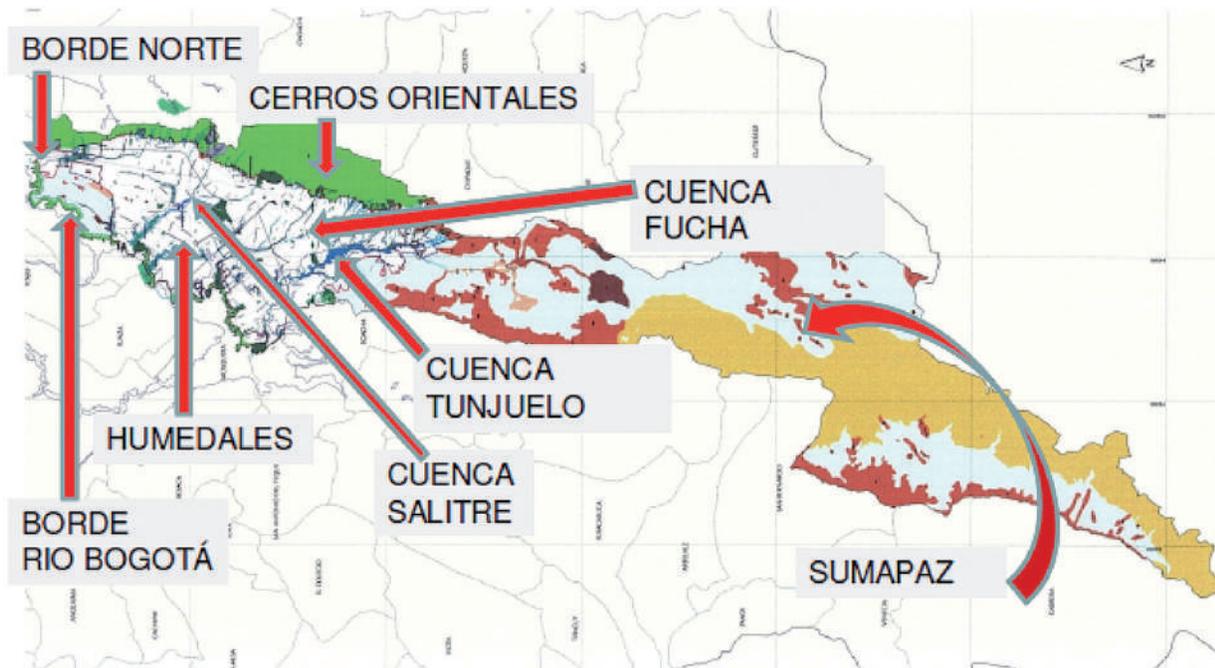


Figura 1. Ubicación de los territorios de interés ambiental reconocidos por el Distrito Bogotá. AMB (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Los instrumentos de planeación con que cuenta Bogotá:** Desde el ámbito nacional, el MAVDT (2008) establece el marco institucional para la gestión ambiental, de acuerdo a lo previsto en la Ley 99 de 1993, que define las siguientes correspondencias de planeación y de gestión ambiental territorial así:

- El MAVDT, como cabeza del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y como rector de la política ambiental.
- Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, como autoridades ambientales en las áreas urbanas y rurales de los municipios de su jurisdicción.
- Las autoridades ambientales al interior del perímetro urbano de los grandes centros urbanos.

Desde el ámbito distrital, Bogotá ha contado con cuatro planes de gestión ambiental: el primero, en 1992 (inclusive, antes de la promulgación de la Ley 99 de 1993, que crea al MMA); luego, en el siguiente periodo de gobierno, en 1995; posteriormente, el tercero, se adoptó mediante el Decreto 061 de 2003, con un alcance de nueve años (2001–2009); más adelante, el Decreto Distrital 456 de 2008, permitió adoptar el actual Plan de Gestión Ambiental, con una vigencia de largo plazo de 30 años (2008-2038).

Como consecuencia, la AMB (2010) asume el enfoque territorial de la gestión ambiental reconociendo en su política

sectorial ambiental, las dinámicas de organización de los territorios. Además, existen otros insumos que dan luces sobre la evolución del concepto y de los instrumentos utilizados para la recuperación ambiental territorial en Bogotá. Como se observa en el cuadro 1, se trata, por una parte, de los denominados “instrumentos de planificación y de gestión” y, por otra, de los nombrados como “instrumentos de planeación ambiental”.

Para completar lo anterior, existen un SIGA –Sistema de Indicadores de Gestión Ambiental del Distrito Capital- y un Plan de Gestión para el Desarrollo Rural Sostenible, en el cual, se destaca la estrategia denominada “gestión social integral del territorio”, que tiene por objetivo acompañar y promover procesos de gestión social de la base natural y de los territorios, fortaleciendo la capacidad de negociación de los actores locales y, específicamente, de los productores rurales (AMB, 2009).

Respecto a la corroboración de los proyectos específicos sobre gestión ambiental en el territorio Bogotano, se destacan los siguientes cuatro proyectos (el 30%), entre los 12 aprobados a la fecha, para la vigencia 2012-2016:

- Proyecto 131. Participación ciudadana y educación ambiental como instrumentos de gestión para la apropiación social de los territorios ambientales.
- Proyecto 817. Planeación ambiental participativa, comunicación estratégica y fortalecimiento de procesos de for-

Cuadro 1. Síntesis de los instrumentos de planificación y de gestión ambiental utilizados en Bogotá.

	Locales	Territoriales	Distritales
Instrumentos de planificación y de gestión.	Agendas ambientales locales; planes ambientales locales; plan de desarrollo local.	Sistema planificación distrital; políticas ambientales de humedales, de ruralidad, de reasentamientos, de prevención y manejo de riesgo, de salud y ambiente; planes de desarrollo, de gestión ambiental, de ordenación y manejo de ecosistemas, de ordenamiento territorial, de desarrollo local, de control de los vertimientos.	Plan de gestión ambiental distrital; plan de ordenamiento territorial; planes maestros; plan de desarrollo distrital; sistema interinstitucional.
Instrumentos de planeación ambiental.	Plan de acción cuatrienal Ambiental; planes Institucionales de gestión ambiental.		Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas; planes de manejo ambiental de áreas de interés ambiental.

mación para la participación, con énfasis en adaptación al cambio climático.

- Proyecto 821. Fortalecimiento de la gestión ambiental para la restauración, conservación, manejo y uso sostenible de los ecosistemas urbanos y de las áreas rurales.
- Proyecto 826. Control y Gestión ambiental a residuos peligrosos, orgánicos y escombros.

De lo anterior, se puede establecer que la mayoría de instrumentos corresponde a planes y que la gestión, propiamente dicha, no se plantea como tal, solamente se halla en función de un plan, como lo es el plan de gestión ambiental. Además, los proyectos, como la menor unidad operativa que permite llegar a la acción real, no muestran claridad y concreción en su contenido de gestión ambiental o socio ambiental colectivo.

En los proyectos, se encuentra que la gestión ambiental se entiende como una acción de educación ambiental, otras como gestión administrativa, otras como participación ambiental y otras como veeduría ambiental. Y aunque en la descripción inicial de los proyectos se nota un discurso más elaborado que el de los proyectos de las vigencias anteriores, ya en el detalle de las acciones para cumplir los objetivos específicos, se sigue recurriendo a las típicas de educación, de participación y de administración ambiental.

En cuanto a la manera de diseñar la planeación y la gestión ambiental, se observa el ingreso de los siguientes temas nuevos (a diferencia de los objetivos de calidad ambiental, de eco-eficiencia y de armonía, que se habían presentado desde 1992: “gestión del riesgo y de desastres”, “socializa-

ción y corresponsabilidad”, “ordenamiento y gestión de la ciudad-región”.

Es de anotar que en el plan de desarrollo Distrital, a diferencia del plan de gestión ambiental, el tema relativo a la gestión ambiental se separa de la gestión del riesgo, pero al mismo tiempo, se asume como una política que debe estar articulada con las demás políticas ambientales. Y respecto a los sistemas de información que se vienen elaborando, estos ayudan a mejorar la capacidad técnica para identificar y para comprender los conflictos ambientales, pero no se comprueba la forma en que ayudan a mejorar la coordinación de las acciones.

Al respecto, ¿será posible que los sistemas de gestión ambiental o de planeación puedan coordinar eficientemente acciones conjuntas y transformadoras? La información es diferente de la gestión; la comunidad informada puede visualizar mejor su situación y hasta hacer prospectiva, sensibilizarse y generar conciencia, pero es la comunidad empoderada la que es capaz de vincular la información con la acción efectiva. La Web, por ejemplo, permite la generación de redes de contactos, pero muchos de ellos no pasan de ser virtuales y no es posible establecer aún cuáles son las redes que hay entretejidas virtualmente, para lograr acciones en el territorio real.

**Diferentes aportes sobre la gestión ambiental colectiva:** Para Moura (2008), el modelo de planeamiento estratégico adoptado por las ciudades capitalistas admite sólo la participación social, como mera formalidad; la población, en lugar de participar, es meramente “participada” en lo relativo a las decisiones tomadas por los especialistas en procesos que no

incluyen a la comunidad. Los ciudadanos no son agentes activos en la producción del territorio, pero sí aparecen como receptores pasivos de los servicios ofertados.

Lo anterior, se presenta en el caso Bogotano y en gran parte del territorio colombiano, pues se ha utilizado el concepto, el método y los instrumentos de participación como un formalismo, lo cual, se puede comprobar únicamente con que cada uno de nosotros se pregunte: ¿en la elaboración de cuántos planes ambientales he participado? El asunto es que la participación real empieza en la misma elaboración participativa del instrumento plan, de lo contrario, seguimos produciendo instrumentos sin dolientes.

En la misma vía, Sáenz (2006) señala que una condición básica de sostenibilidad es la participación activa y el empoderamiento de ciudadanos desde la base, en los procesos, las actividades, los recursos, las proposiciones y las decisiones del desarrollo. Esta participación se da en procesos de concertación entre actores diversos hasta lograr construir un tejido social; por esto, la gestión de procesos de desarrollo es la generación de capacidades locales para lograr una mejor calidad de vida y no solamente un ordenamiento de la gestión de obras.

Al respecto, se observa que un asunto es armonizar los instrumentos de gestión ambiental de las autoridades ambientales nacionales, regionales y locales o armonizar los instrumentos de gestión del suelo; pero otra situación es lograr recuperar el tejido natural, con una participación efectiva de la sociedad, para lo cual, en primera instancia, se requiere que exista un tejido social local fuerte y, en este sentido, no existe en Bogotá un plan específico de gestión social, mucho menos, un proceso claro de gestión socio ambiental.

De manera contundente, Leff (2009) consideró que la gestión democrática del ambiente implica un proceso de concertación, que permita dirimir conflictos, pero que también abra opciones para crear diferentes estrategias de apropiación y de transformación de la naturaleza, dentro de los principios de racionalidad ambiental; la acción social es la que construye una nueva racionalidad ambiental.

En el caso de Bogotá, en teoría, los diferentes planes elaborados durante tres periodos de gobierno por las distintas secretarías técnicas del Distrito, tienen buenos planteamientos, destacando los del Jardín Botánico, quienes integran todo en la gestión ambiental territorial, pero entre las diferentes secretarías aún subsisten inconsistencias internas. Cuando se trata de la gestión, es mejor poca teoría y mucha efectividad, frente a mucha teoría y poca acción. Tal como sostiene Ostrom (2011), los recursos comunes no deben ni centralizarse, ni privatizarse.

De allí, que la articulación interinstitucional sea diferente a la articulación de los actores sociales claves, es decir, los usuarios directos, aquellos a los que no se les paga por hacer algo, sino que pagan impuestos para que alguien los oriente sobre cómo interactuar mejor con su territorio. La forma, el cómo es la acción, la acción colectiva que es la verdadera gestión ambiental. Al respecto, Posada (2009) manifiesta que es necesario identificar los distintos intereses que se pueden presentar respecto a un recurso natural o a una zona determinada y sus posibles tendencias, para luego establecer las estrategias que permitan una gestión socio ambiental acertada.

De forma similar, Andrade (2009) sostiene que son tan importantes los sujetos involucrados, beneficiarios o afectados, como los objetos de conservación que han recibido atención y la forma como se construye la naturaleza protegida, como una decisión de la sociedad, por ello, el reto ecosistémico es la construcción social de la nueva naturaleza protegida.

Pero estas posiciones tan enriquecedoras, no se ven plasmadas en el ejercicio de gestión ambiental de Bogotá; en parte, se encuentran en la teoría de los diferentes planes, tal como se aprecia en siguiente la aseveración de la AMB (2010): “hoy se comprende a Bogotá en el marco ambiental y cultural de territorios por cuencas, cerros, redes de humedales, páramos y ruralidad, porque los actores comunitarios y públicos requieren de un contexto mayor de incidencia y construcción...”. ¿Quién?, ¿qué personas son las que tienen esta importante comprensión ambiental del territorio? Tal vez sea un objetivo de futuro (y de muy largo plazo), pero por ahora, esta racionalidad ambiental no se da en toda su dimensión y menos en coherencia con las necesidades socio ambientales de Bogotá.

La gestión territorial permite el avance del desarrollo local si es tratado como un proceso que involucra el surgimiento, las motivaciones, las actividades y los logros de los diferentes actores y agregan que, la cuestión ambiental apenas aparece en forma incipiente en estos procesos, pero que van en crecimiento unidos a una demanda por parte de los habitantes del territorio, en relación a las formas de producción imperantes (Aradas *et al.* 2012).

En esta misma vía, Fernández (2000) asume que el pensamiento ambiental contribuye en su desarrollo conceptual y metodológico, a analizar las posibilidades sistémicas de la modelación de los procesos del desarrollo territorial, permitiendo esclarecer los aspectos inherentes a la complejidad e interactividad de tales procesos, abriendo vías para aprender la interacción entre asentamiento y territorio. Este tratamiento sistémico de los procesos territoriales es un instrumento alternativo, que permite una mayor transparencia y da posibilidad de control social o comunitario.

Bogotá tiene una responsabilidad mayor y lo ha asumido con instrumentos válidos, pero los procesos de recuperación ambiental exigen algo más que planes de instituciones públicas y, por ello, los compromisos ambientales públicos no pueden tener respuestas totales en periodos de gobierno de cuatro años. Se haría mal, si no asumimos una posición positiva y esperanzadora desde la academia, por ello, es importante considerar las reflexiones de autores, como Wong (2010), quien sugiere, por un lado, repensar las bases conceptual-filosóficas de la cuestión territorial y, por otro, flexibilizar las formas de instrumentación y de gestión de los procesos. Aquí, adquieren relevancia las nuevas tendencias de participación y de gestión de los actores sociales en los procesos de desarrollo, quienes se encuentran ganando espacios, más allá de ser representantes de comunidades.

**Posibilidades que enmarcan a Bogotá en una ventaja comparativa sobre gestión ambiental:** Una forma de analizar la eficiencia de los planes tienen que ver con la disponibilidad y el gasto presupuestal, que se ha previsto para temas ambientales en el territorio bogotano. Al respecto, según la AMB (2012), en el caso de las localidades, se invertirá en la solución a situaciones ambientales conflictivas de los territorios, según los proyectos de los planes de desarrollo local.

Como se observa en la figura 2, la comparación entre los seis principales municipios de Colombia, permiten ver a Bogotá no como el más extenso (es mayor el espacio territorial de Santa Marta), pero sí como la entidad territorial con mayor número de habitantes y con un presupuesto financiero notoriamente superior, respecto a los demás. En síntesis, se

triplica la población (respecto al municipio que está por debajo), pero también se triplica el presupuesto disponible para la acción.

Entrando ahora en el detalle de la inversión presupuestada para temas territoriales y ambientales, se observa en la figura 3, que es Bogotá el que mayor porcentaje de su presupuesto ha destinado en el actual periodo para inversión en temas territoriales y ambientales, con un 33% del total, con lo cual, se deduce que, en términos financieros, sí hay con qué hacer algo. Entonces, ¿dónde está el vacío?, ¿por qué siguen prevaleciendo tantos conflictos ambientales?

La respuesta está en el proceso de gestión ambiental territorial. El proceso, como un proceso sistémico, apenas está empezando. Si bien es destacable que exista un plan de gestión ambiental de largo plazo, que cubre hasta el 2038, las inquietudes contemporáneas surgen respecto a las formas concretas de vincular a la población eficientemente y con continuidad a sus causas, problemas y soluciones comunes.

Para Sáenz (2006), la gestión incluye el manejo participativo de programación de la inversión efectiva y manejo de los recursos en función del plan, monitoreo de procesos, evaluación, negociación, manejo de conflictos y rendición de cuentas; considera que este concepto es más amplio que el de administración o implementación de un plan, pues consiste en un proceso dinámico, que involucra a varios actores locales y los compromete a una actitud positiva que permita cambiar la situación.

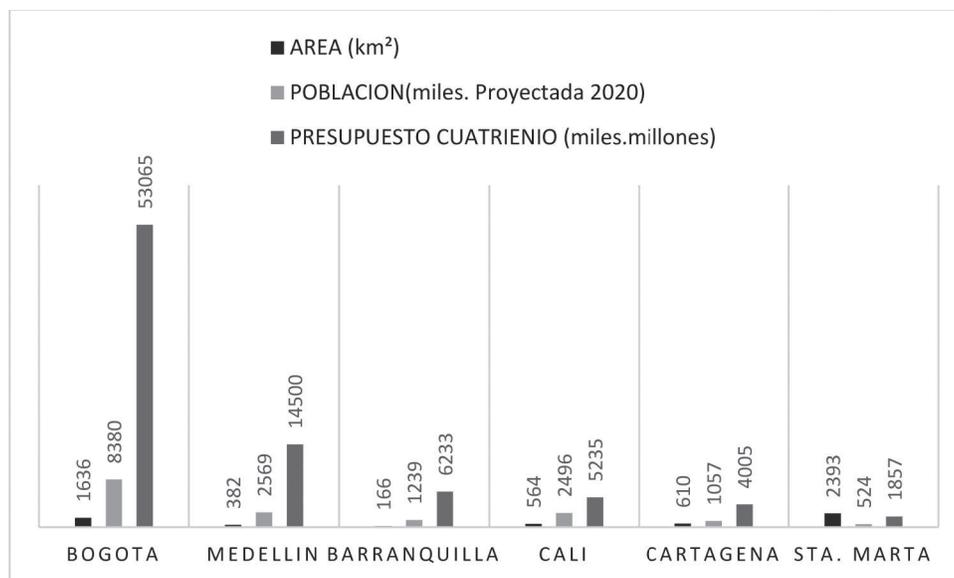


Figura 2. Comparación cifras básicas principales municipios de Colombia.

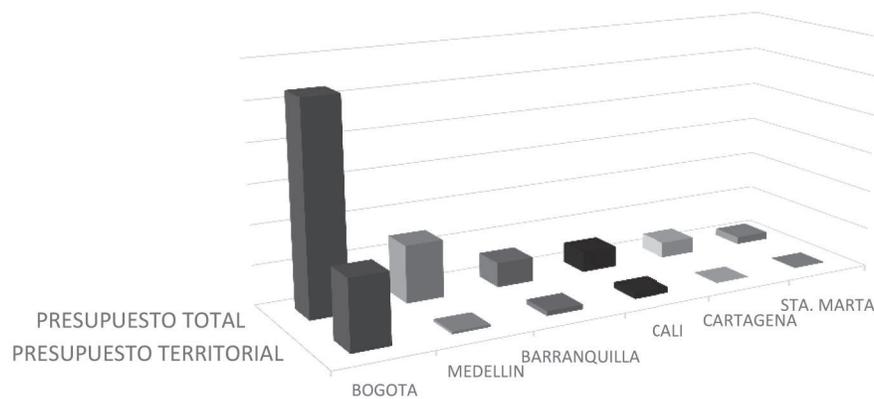


Figura 3. Comparación presupuestos y detalles presupuestales principales municipios de Colombia.

En Colombia, el Ministerio de Medio Ambiente –MMA- (1998) ya lo ha señalado en su política, pues advierte que, dada la complejidad del proceso, en razón de la diversidad de intereses involucrados y de las dificultades de orden técnico, político y económico, el ordenamiento ambiental del territorio debe adoptar un carácter gradual.

Según Posada (2012), para hacer realidad una transformación ambiental en un territorio es necesario que los grupos o el colectivo tengan intereses de hacerlo. Indefectiblemente, los intereses colectivos son intereses difusos, pero no por ello menos importantes que los intereses individuales reales. Cada grupo de interés tiene un aporte que debe ser considerado al momento de realizar una gestión socio ambiental o cualquier proyecto ambiental, que implique al colectivo social.

Se concluye, entonces, que en el caso de Bogotá existen muchas necesidades ambientales, pero también varias personas que podría hacer parte de la solución y un buen presupuesto para jalonar acciones concretas, pero que se requiere un ajuste estructural, que no parta tan sólo de los planes, sino de alternativas integradoras, diferentes y creativas, que bien pueden provenir de la misma sociedad.

También, se constata que se ha venido trabajando por separado el tema ambiental, la planeación, la gestión y el territorio; sin embargo, ya existen algunas posiciones que manifiestan la necesidad de integración de las partes, en relación con el todo, como un sistema. Es claro que, a nivel mundial, estamos en la era de las fusiones y requerimos pasar de la planeación individual a la acción colectiva, para poder estar en el contexto de la realidad que tenemos y que necesitamos. La gestión ambiental colectiva puede ser una buena respuesta para dinamizar los procesos de armonización del

territorio no como un instrumento más, sino como acciones conjuntas, acciones transformadoras graduales en un horizonte de largo plazo.

Este horizonte ya ha tenido unos puntos de partida relevante en Colombia y, en especial, en Bogotá, si consideramos las visiones plasmadas en los documentos de política, como la agenda siglo XXI o Colombia 2020 o el mismo plan de gestión ambiental de Bogotá, proyectado al 2038; sin embargo, haciendo un simple ejercicio aritmético, se puede deducir que, tal vez, la efectividad de las acciones en el largo plazo se puedan medir y ver reflejadas en una realidad en, aproximadamente, en el 2050.

Para determinar esta temporalidad, se considera que llevamos más de 20 años desde la Constitución Política de Colombia haciendo planes de mejoramiento ambiental; que estamos empezando a teorizar sobre la gestión ambiental colectiva; que pasaremos por otra década para poder dinamizar la práctica del cuidado del ambiente (de forma momentánea, parcial e individual) y que necesitaremos de otras dos décadas para garantizar una práctica del cuidado del ambiente, de forma integral, constante y grupal, con lo cual, podremos ver materializar la teoría en hechos transformadores.

**Agradecimiento:** La autora agradece a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, por financiar el proyecto de investigación “Gestión Ambiental Territorial en Bogotá”, que dio origen a este manuscrito. **Conflicto de Intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado por la autora, quien declara ser la única autora y que no presenta conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ –AMB-. 2012. Plan de desarrollo económico y social y de obras públicas para Bogotá distrito capital 2012 - 2016: Bogotá humana. Colombia. 48p.
2. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ –AMB-. 2009. Plan de Gestión para el Desarrollo Rural Sostenible, del Distrito de Bogotá. Secretaria Distrital de Ambiente. Secretaria Distrital de Planeación. Colombia. 170p.
3. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ –AMB-. 2010. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Territorios ambientales y gestión ambiental territorial en Bogotá. Colombia. 18p.
4. ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ –AMB-. 2008. Secretaria Distrital de Ambiente. Plan de gestión ambiental del distrito capital 2008-2038. Decreto Distrital 456 de 2008. Colombia. 72p.
5. ANDRADE, G. 2009. ¿El fin de la frontera? Reflexiones desde el caso colombiano para una nueva construcción social de la naturaleza protegida. Rev. Est. Soc. Colombia.32:48-59.
6. ARADAS, M.; DÜRE, L.; PAGANI, V.; CARUSO, C.; PERA PUJOL, P. 2012. Convergencias y Divergencias en Experiencias de Gestión Local en áreas rurales de Argentina. Rev. Econ. Agr. (Argentina).16:1-19.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN –DNP-. 2013. Informe de ejecuciones presupuestales del año anterior 2012. Disponible desde Internet en: [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co) (con acceso 01/02/2014).
8. FERNÁNDEZ, R. 2000. Gestión ambiental de ciudades. Teoría crítica y aportes metodológicos. 1a edición. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental PNUMA. Chile. 335p.
9. LEFF, E. 2009. Racionalidad ambiental la reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI editores. Segunda edición. México. 509p.
10. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL –MAVDT-. 2008. Política de Gestión ambiental Urbana. Colombia. 54p.
11. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE –MMA-. 1998. Oficina asesora de ordenamiento ambiental. Lineamientos para la política nacional de ordenamiento ambiental del territorio. Colombia. 68p.
12. MOURA, R. 2008. Coerción en las prácticas urbanas y fragmentación de la cohesión social: una mirada desde las ciudades brasileñas. Revista papeles (Brasil).101:89-99.
13. OSTROM, E. 2011. El Gobierno de Los Bienes Comunes: La Evolución de Las Instituciones de Acción Colectiva. Fondo de cultura económica México. 2ª ed. 403p.
14. POSADA, A. 2009. Intereses ambientales: reflexiones sobre la aplicación de lo difuso. Rev. Ingenierías. (Colombia). 8(14):11-20.
15. POSADA, A. 2012. Análisis de intereses ambientales mediante lógica difusa: caso reserva forestal regional del norte de Bogotá-Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. (Colombia). 15(2):437-498.
16. QUIJANO, H. 2012. Descentralización y medio ambiente en Colombia. Fundación Konrad Adenauer. Colombia. 1ª ed. 149p.
17. REPÚBLICA DE COLOMBIA. 1991. Constitución política de Colombia. 139p.
18. RETOLOZA, I. 2010. Teoría de cambio, un enfoque de pensamiento – acción para navegar en la complejidad de los procesos de cambio social. PNÚD/Hivos. Guatemala. 49p.
19. SÁENZ, A. 2006. Estándares para la medición del desarrollo local. Cuadernos EBAPE. (Brasil). 4(4):1-31.
20. VELÁSQUEZ, F. 2010. La planeación territorial en Colombia: contexto, trayectoria y experiencias. Cuadernos descentralistas #25. Perú. 1ª ed. 196p.
21. WONG, P. 2010. Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI. Rev. (México). Estudios Sociales (número especial):11-39.

Recibido: Febrero 24 de 2014

Aceptado: Abril 25 de 2014

Como citar:

Posada, A. 2014. De la planeación a la gestión ambiental colectiva: posibilidades en Bogotá-Colombia. Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient. 17(1): 257-264.

# EFICIENCIA EN LOS PROCESOS LOGÍSTICOS EN LAS EMPRESAS CERTIFICADAS EN BASC MEDELLÍN MEDIANTE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

## EFFICIENCY IN LOGISTICS PROCESSES IN MEDELLIN BASC CERTIFIED COMPANIES THROUGH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Tomás José Fontalvo Herrera<sup>1</sup>, Adel Mendoza Mendoza<sup>2</sup>, Delimiro Visbal Cadavid<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor en Administración, Magíster en Administración de Empresas. Jefe de Departamento de Organización Industrial de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena. Colombia, e-mail: tfontalvoh@unicartagena.edu.co;

<sup>2</sup>Magíster en Ingeniería Industrial, Docente de Planta de la Universidad del Atlántico, Programa de Ingeniería Industrial, e-mail: adelmendoza@mail.uniatlantico.edu.co; <sup>3</sup>Magíster en Ingeniería Industrial, Docente de Planta de la Universidad del Magdalena, Programa de Ingeniería Industrial. Director de la Especialización en Logística, e-mail: dvisbal@unimagdalena.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 265-274, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación es estimar la eficiencia técnica de las empresas certificadas en BASC, ubicadas en Medellín, durante el 2010, mediante la metodología no paramétrica de Análisis Envolverte de Datos (DEA), utilizando el modelo CCR, orientado a salidas. Como fuente de información, se utilizaron los datos de la Superintendencia de Sociedades; se trabajó como variables de entrada: Subtotal de Inventario, Total Activo Corriente, Propiedad Planta y Equipo y Proveedores y, como variable de salida, los Ingresos Operacionales. De las empresas analizadas en el presente estudio, se observó que 7 de las 60 empresas certificadas en BASC presenta una eficiencia de 100%. La eficiencia promedio del grupo empresarial estudiado fue de 31,85%.

Palabras clave: Eficiencia Técnica, Análisis Envolverte de Datos, Modelo CCR.

### SUMMARY

The aim of this research is to estimate the technical efficiency of firms certified in BASC located in Medellin in 2010, using the methodology no parametric Data Envelopment Analysis (DEA) using the output-oriented CCR model. As a source of information we used data from the Superintendence of Companies, is worked as input variables: Subtotal of inventory, Total Current Assets Property, Plant and Equipment and Suppliers, and as output variable: Operating Income. Of the companies analyzed in this study found that 7 of the 60

companies certified in BASC have an efficiency of 100%. The average efficiency of the business group studied was 31.85%

Key words: Technical Efficiency, Data Envelopment Analysis, CCR model.

### INTRODUCCIÓN

La metodología del Análisis Envolverte de Datos fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes, con base en los conceptos planteados por Farrel, en 1957 (Charnes *et al.* 1978), la cual, es una técnica que utiliza la programación lineal, con el propósito de comparar unidades de producción que emplean el mismo grupo de recursos para producir el mismo grupo de productos, creando una frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia, dentro de la población de unidades de producción bajo estudios. El Análisis Envolverte de Datos (DEA) tiene como objetivo encontrar las unidades de producción, denominadas DMU (Decision Making Unit), que producen los niveles más altos de Outputs, mediante el uso de los niveles más bajos de Inputs. Por lo cual, maximiza la relación de los Outputs ponderados y los Inputs ponderadas para cada DMU en consideración, además, la maximización de este objetivo está sujeta a la restricción de que la misma proporción para todas las DMU debe ser menor o igual a 1. Una DMU alcanza una eficiencia del 100%, sólo si ninguna de sus entradas o salidas se pueden mejorar sin empeorar algunas de sus otras entradas o salidas. La metodología DEA permite desarrollar procesos de medición en organizaciones y procesos, pues posibilita el manejo de diversas entradas y

salidas (Wong & Wong, 2007). Los modelos básicos del Análisis Envolvente de Datos son el CCR (Charnes *et al.* 1978) y el BCC (Banker *et al.* 1984).

**El Modelo DEA-CCR.**

Si  $Y_o = (y_{1o}, y_{2o}, y_{3o}, \dots, y_{so})$  y  $X_o = (x_{1o}, x_{2o}, x_{3o}, \dots, x_{mo})$  representa, respectivamente, las cantidades de salidas (productos) y entradas (recursos) de la DMU<sub>0</sub>, la unidad productiva que está siendo evaluada, la medida escalar de la eficiencia de la DMU<sub>0</sub> puede ser obtenida como la solución óptima del siguiente modelo conceptual.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } \theta &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \\
 \text{Sujeto a} \\
 \frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} &\leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 u_{rj}, v_{ij} &\geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

En donde,  $u_{ro}$  y  $v_{io}$  es el conjunto de los pesos más favorables para la DMU<sub>0</sub> en el sentido de maximizar la razón anterior. Se asume que los datos son no negativos y que cada DMU tiene, al menos, un valor positivo, tanto en las entradas como en las salidas.

**El modelo BCC.** El modelo BCC difiere del modelo CCR, sólo por la adición de la restricción  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , la cual, junto con la restricción  $\lambda_j \geq 0$ , para toda  $j$ , imponen una condición de convexidad al conjunto de producción posible.

La técnica Análisis Envolvente de Datos permite calcular el desempeño de la eficiencia de múltiples unidades productivas (Nijkamp *et al.* 2009). Dentro de las aplicaciones realizadas con esta técnica, se puede referenciar la evaluación de eficiencia en bancos (Primorac & Trostok, 2005; Pastor *et al.* 2006; Pasiouras, 2008; Tortosa-Ausina *et al.* 2008), en la evaluación de riesgos crediticios (Paradi *et al.* 2004; Psillaki *et al.* 2010), en la evaluación de alternativas de diseño de instalaciones (Toloo & Nalchigar, 2009) y en la asignación de recursos (Hadi-Vencheh *et al.* 2008).

En la aplicación de la técnica DEA, se requiere que las unidades productivas, objeto de estudio seleccionadas, cumplan las siguientes condiciones: ser homogéneas para que se puedan comparar y heterogéneas para captar datos e información que haga posible la constatación de las unidades productivas; deben gestionar recursos asociados a las variables de entrada y de salida y ser suficientes para no limitar la capacidad discriminatoria del análisis (Pino *et al.* 2010).

Coll & Blasco (2007) utilizan la técnica y afirman que el modelo DEA-CCR tiene como intencionalidad optimizar los pesos, que permitan maximizar la eficiencia relativa de una unidad productiva evaluada. Perdomo & Mendieta (2007), dentro de sus estudios utilizan el Análisis Envolvente de Datos para analizar la relación del nivel producido, el uso óptimo de los recursos utilizados para el desarrollo de la producción y los precios acordados con lo anterior. Otros autores evaluaron la utilidad del Análisis Envolvente de Datos como método para la determinación de objetivos de gestión con respecto a los insumos requeridos y los resultados alcanzados (García & González, 2005).

Quintanilha & Correia (2012) utilizaron la metodología en un grupo de empresas de aviación en Brasil y calcularon su eficiencia comparando sus resultados y desempeños con el modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta metodología permite analizar cómo los procesos productivos pueden tener mejores resultados cuando se utilizan iguales recursos; lo anterior, teniendo en cuenta que las organizaciones deben mejorar su productividad y su competitividad para generar preferencia y posicionarse en el contexto donde ofrecen sus productos y servicios (Belmonte & Plaza, 2008).

El cálculo de la eficiencia es importante para la toma de decisiones así como para asignar responsabilidades, pues facilita determinar las intencionalidades de la organización y los insumos requeridos para lograrla (Martín *et al.* 2007). Para poder alcanzar la competitividad, las organizaciones no solamente tienen que poder producir y entregar productos y servicios de forma segura y oportuna, sino deben optimizar los procesos logísticos que garanticen lo anterior. En este sentido, se puede lograr mejores niveles de eficiencia y productividad, que le permitan a las organizaciones competir y lograr la sostenibilidad en el mercado a mediano y largo plazo. Para conseguir lo anterior, es necesario que las empresas utilicen criterios de racionalidad económica, que permita que los procesos de producción alcancen mejores niveles de eficiencia, estudiando, para éstos, la relación de las variables de entrada y de salida y su impacto en las empresas.

Por otro lado, las condiciones de la economía mundial actual y el libre comercio entre grupos económicos y países, implica una nueva concepción de los procesos logísticos para lograr las importaciones y las exportaciones entre estos grupos y países, para lo cual, es necesario mejorar los niveles de seguridad, productividad y eficiencia de las empresas. Estas condiciones económicas requieren el posicionamiento y la ampliación de sus mercados para sostenerse en los contextos donde intervienen. Lo anterior, requiere la optimización de los costos productivos, que permitan mejorar los márgenes de contribución y, de esta forma, se refleje en los estados de resultados de las compañías.

Los Tratados de Libre Comercio (TLC) implican un conjunto de retos para la implementación de los procesos logísticos, que garantice la entrega de productos o servicios de forma segura (Mejía & Castro, 2007). Por lo anterior, se requiere el diseño e implementación de normas, como el estándar BASC, que contribuya el mejoramiento de los procesos, su legalidad y la seguridad al interior de las organizaciones y, de esta forma, optimizar la cadena de suministro en las operaciones comerciales entre países. Por estas nuevas condiciones que la internacionalización de la economía requiere, la Coalición Empresarial Anti Contrabando (BASC, por sus siglas en inglés), nace para dar respuestas a temas de gestión de control y seguridad. Según Hernández (2004), el diseño, la implementación y la certificación de este estándar logístico internacional facilita la entregar de productos de forma legal, oportuna, segura y garantiza las transacciones comerciales de forma ágil.

Considerando los planteamientos presentados, en este trabajo de investigación se da respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cómo calcular la eficiencia de las empresas de Medellín certificadas con BASC?, ¿cuál de las empresas certificadas en BASC, en la ciudad de Medellín, tienen mejor desempeño en su eficiencia?, ¿cómo incide el proceso de certificación de las empresas de Medellín certificadas el 2010 en BASC en el mejoramiento de los niveles de eficiencia de éstas?

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación en donde se utiliza un análisis cualitativo, descriptivo, propositivo y cuantitativo, soportada en el Análisis Envolvente de Datos (DEA), mediante el modelo CCR orientado a salidas (CCR - O). Se utiliza el modelo CCR y no el modelo BCC, ya que mediante el primero, una empresa puede ser comparada con otras sustancialmente más grandes o más pequeñas, mientras que con el modelo BCC una empresa es comparada con otras lo más similares posibles a su tamaño (Quindos *et al.* 2003).

Como fuente de información, se utilizaron los estados financieros disponibles en la Superintendencia de Sociedades del 2010, de donde se tomaron los diferentes rubros financieros de las organizaciones, consideradas en el estudio. Inicialmente, se realizó la selección de variables teniendo en cuenta que con estas variables se pueda obtener una buena discriminación entre las unidades eficientes e ineficientes, de acuerdo a la correlación que exista entre las variables seleccionadas. De los estados financieros de las empresas estudiadas, se seleccionaron los indicadores para aplicar la metodología. En particular, se trabajó como variables de entrada Subtotal Inventarios, Activo Corriente, Propiedades Planta y Equipos y Proveedores; como variables de salida, los Ingresos Operacionales. Los valores de estas variables se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Magnitud de las variables de entradas y salidas de las empresas certificadas en BASC Medellín, 2010.

Empresa	(I) Subtotal Inventarios	(I) Total Activo Corriente	(I) Propiedades Planta y Equipo	(I) Proveedores	(O) Ingresos Operacionales
Empresa 1	88.839.865	200.743.506	59.732.978	59.473.205	341.709.905
Empresa 2	1.394.487	8.597.527	1.925.104	1.869.386	18.266.276
Empresa 3	4.998.004	25.786.531	610.259	5.652.512	46.578.961
Empresa 4	11.975.188	29.260.702	36.232.085	421.711	91.810.613
Empresa 5	0	480.635	9.692	0	118.685
Empresa 6	15.643.123	22.443.190	15.449.671	15.737.640	88.441.048
Empresa 7	265.601	2.183.782	428.609	699.446	10.611.064
Empresa 8	6.019.889	14.730.889	15.907.911	1.598.589	39.482.714
Empresa 9	0	875.831	3.251.208	0	5.367.191
Empresa 10	6.587.127	32.748.006	2.831.031	2.930.564	24.675.571
Empresa 11	281.684	2.655.524	989.679	577.585	7.549.278
Empresa 12	1.571.837	3.474.093	826.253	10.618	3.032.529
Empresa 13	9.697.962	36.651.101	3.400.022	15.976.341	122.225.414
Empresa 14	2.705.445	8.711.090	3.575.333	3.604.788	21.609.208
Empresa 15	0	578.772	439.066	38.581	1.987.395
Empresa 16	2.172.759	4.425.079	1.650.190	101.646	4.974.358
Empresa 17	634.957	10.242.237	7.429.097	227.736	16.013.598

Continuación Tabla 1.

Empresa 18	0	8.639.238	2.408.744	3.459.340	10.416.326
Empresa 19	53.192.307	163.103.191	80.368.822	30.435.235	581.088.456
Empresa 20	0	2.520.170	37.196	1.264.699	15.058.541
Empresa 21	108.728.051	235.903.562	155.430.632	51.407.356	736.054.790
Empresa 22	0	12.356.955	74.301	0	9.811.825
Empresa 23	10.579	13.443.901	2.344.790	1.083.250	9.213.515
Empresa 24	0	4.983.203	487.094	209.053	14.285.184
Empresa 25	86.877.698	372.788.779	112.062.561	162.770.405	804.096.973
Empresa 26	36.169.260	72.272.463	25.857.561	5.579.864	149.928.419
Empresa 27	119.174.260	192.381.456	83.611.538	25.384.243	350.507.206
Empresa 28	14.496.598	49.007.941	14.055.343	6.707.789	103.635.336
Empresa 29	28.194.801	54.555.876	5.918.767	5.905.822	81.728.258
Empresa 30	8.070.765	11.746.756	523.670	698.420	16.197.441
Empresa 31	81.589.662	409.128.847	242.429.735	39.670.615	660.542.186
Empresa 32	31.137.450	214.298.660	27.160.558	10.656.879	261.372.350
Empresa 33	7.776.389	23.299.777	1.782.490	5.932.161	29.968.699
Empresa 34	7.235.865	23.944.481	13.932.059	2.268.763	42.812.028
Empresa 35	7.979.041	40.216.821	9.270.989	9.697.495	64.897.119
Empresa 36	32.152.927	73.049.624	28.916.754	7.543.822	182.574.248
Empresa 37	35.610.864	113.754.573	63.986.264	8.817.617	154.522.410
Empresa 38	9.047.104	39.307.837	820.824	3.715.962	581.610.133
Empresa 39	0	10.587.507	132.781	757.510	10.975.453
Empresa 40	51.512.170	197.327.960	69.738.512	30.457.867	299.636.760
Empresa 41	100.167.249	220.171.063	97.459.912	14.332.425	611.887.149
Empresa 42	0	879.831	118.605	7.659	1.812.813
Empresa 43	17.683.991	85.282.305	18.198.356	7.268.804	135.074.802
Empresa 44	20.094.818	48.002.529	41.870.724	18.315.903	73.742.775
Empresa 45	33.411.798	68.088.283	16.749.807	6.610.073	114.556.910
Empresa 46	2.351.155	10.984.459	1.559.174	1.113.454	28.688.785
Empresa 47	10.490.936	21.327.567	6.396.365	1.213.358	27.536.143
Empresa 48	2.093.526	2.666.353	1.342.704	1.573.679	12.594.646
Empresa 49	3.523.051	7.676.009	1.704.447	744.035	19.301.380
Empresa 50	1.422.961	2.333.383	346.532	1.018.287	11.293.059
Empresa 51	0	4.908.617	316.542	1.127.800	4.166.828
Empresa 52	0	5.249.291	255.149	0	6.027.962
Empresa 53	5.517.425	19.666.661	2.432.607	7.339.146	45.591.396
Empresa 54	15.769.201	51.327.191	3.338.452	14.860.752	118.815.846
Empresa 55	23.374.827	76.208.838	42.028.476	17.171.084	144.454.590
Empresa 56	2.403.316	6.076.448	1.140.798	3.135.043	16.764.102
Empresa 57	606.734	1.502.399	221.371	20.688	3.107.659
Empresa 58	0	2.233.069	440.386	46.494	2.078.703
Empresa 59	961.889	4.088.426	513.134	632.130	10.782.715
Empresa 60	892.701	7.749.270	357.372	1.636.461	11.654.500

Fuente: Tomada de la Superintendencia de Sociedades, 2010.

Es importante tener en cuenta que si el número de DMU a evaluar es menor que el número combinado de entradas y de salidas, una gran parte de DMU será consideradas eficientes y el resultado será cuestionable, debido a un número insuficiente de grados de libertad. Una regla básica para que un modelo de Análisis Envoltente de Datos discrimine correctamente entre unidades eficientes y no eficientes es que  $n$  (Número de DMU) sea igual o mayor que el máximo entre  $m \times s$  o  $3x(m+s)$ , donde  $m$  es el número de variables de entrada y  $s$  el número de variables de salida (Cooper *et al.* 2006). Esta regla se cumple en el presente estudio. Para el cálculo de las eficiencias con el modelo CCR-O, se utilizó el software DEA Solver PRO 09, con el cual, se pudo realizar el análisis de los diferentes niveles de eficiencia del grupo de empresas objeto de la investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación hacen referencia a: 1) El estudio de la correlación entre las variables de la investigación; 2) Los puntajes de eficiencia de las empresas certificadas con BASC en la ciudad de Medellín; 3) La clasificación de las diferentes organizaciones por tipos de eficiencia y, 4) La proyección de la variable de salida (Ingresos Operacionales) sobre la frontera eficiente. Está muestra el nivel de ingresos operacionales necesario para que una empresa ineficiente logre ser eficiente. Para, finalmente, analizar la relación existente entre la eficiencia organizacional del sector y la estandarización con la norma BASC.

A continuación, se presenta en la tabla 2, la correlación entre las variables del estudio utilizadas para analizar la eficiencia técnica las empresas. Se observa que existe una alta correlación entre las variables internas de las organizaciones con la generación de los ingresos operacionales. Lo anterior es coherente con el hecho que los procesos de estandarización

BASC tienen como intencionalidad generar eficiencia y eficacia, lo cual, requiere una serie de condiciones internas y de disponibilidad de activo corriente, propiedad planta y equipo y recursos disponibles para mejorar los procesos logísticos de las organizaciones donde se implemente.

Luego de evaluar la eficiencia de las 60 empresas certificadas con BASC en Medellín, obtenemos los puntajes de eficiencia CCR –O, que se muestran en la tabla 3. En el modelo CCR, una DMU es eficiente si el puntaje de eficiencia es igual a uno ( $\theta = 1$ ) y no posee holguras (la holgura en todas las variables es igual a cero (0)); en nuestro caso de estudio, las empresas cuyo puntaje de eficiencia es uno (1), no presentan holguras en sus variables, por lo tanto, es suficiente observar que el puntaje de eficiencia sea igual a uno ( $\theta = 1$ ), para identificarla como eficiente. Los resultados indican que 7 de 60 empresas son eficientes, que corresponde al 11,67% del total de las empresas evaluadas. Debido a que en la evaluación de la eficiencia hemos utilizado un enfoque a salidas, se debe prestar especial interés al inverso del score de eficiencia (1/Score), presentado en la tabla 3, para las empresas que presentan ineficiencia, es decir, con  $1/\text{Score} > 1$ , lo que indica el factor, por el cual, se debe multiplicar las variables de salida para alcanzar la eficiencia, de esta manera, para que la Empresa 1 alcance la eficiencia debe multiplicar la magnitud de sus ingresos operacionales 8,692 veces; el resultado se conoce como la proyección en la frontera eficiente. El análisis de la tabla 3 permite aseverar que del grupo de empresas consideradas en este estudio, la empresa 10 presenta el peor desempeño, ya que para alcanzar la eficiencia debe multiplicar sus ingresos operacionales 17,73 veces (incremento en 16,73 veces), seguida de la empresa 33, que requiere un incremento de 10,5 veces en sus ingresos operacionales y por la empresa 29, que debe aumentar 9,877 veces sus ingresos operacionales.

Tabla 2. Correlación entre las variables.

	Subtotal Inventarios	Total Activo Corriente	Propiedades Planta y Equipo	Proveedores	Ingresos Operacionales
Subtotal Inventarios	1				
Total Activo Corriente	0,88	1			
Propiedades Planta y Equipo	0,84	0,91	1		
Proveedores	0,67	0,78	0,62	1	
Ingresos Operacionales	0,85	0,89	0,83	0,74	1

Fuente: Calculado por los autores.

Tabla 3. Puntajes de eficiencia modelo CCR – O.

No.	DMU	Score	1/Score	No.	DMU	Score	1/Score
1	Empresa 1	0,115	8,692	31	Empresa 31	0,118	8,448
2	Empresa 2	0,174	5,742	32	Empresa 32	0,144	6,931
3	Empresa 3	0,135	7,420	33	Empresa 33	0,087	11,504
4	Empresa 4	0,647	1,546	34	Empresa 34	0,121	8,275
5	Empresa 5	0,271	3,692	35	Empresa 35	0,119	8,420
6	Empresa 6	0,266	3,755	36	Empresa 36	0,169	5,920
7	Empresa 7	0,457	2,191	37	Empresa 37	0,104	9,621
8	Empresa 8	0,181	5,520	38	Empresa 38	1,000	1,000
9	Empresa 9	1,000	1,000	39	Empresa 39	0,637	1,570
10	Empresa 10	0,056	17,728	40	Empresa 40	0,103	9,744
11	Empresa 11	0,292	3,419	41	Empresa 41	0,250	3,997
12	Empresa 12	0,472	2,117	42	Empresa 42	1,000	1,000
13	Empresa 13	0,225	4,437	43	Empresa 43	0,116	8,655
14	Empresa 14	0,168	5,965	44	Empresa 44	0,104	9,632
15	Empresa 15	0,931	1,074	45	Empresa 45	0,114	8,794
16	Empresa 16	0,229	4,372	46	Empresa 46	0,185	5,417
17	Empresa 17	0,296	3,382	47	Empresa 47	0,133	7,533
18	Empresa 18	0,218	4,588	48	Empresa 48	0,319	3,132
19	Empresa 19	0,241	4,153	49	Empresa 49	0,170	5,884
20	Empresa 20	1,000	1,000	50	Empresa 50	0,327	3,057
21	Empresa 21	0,211	4,742	51	Empresa 51	0,205	4,873
22	Empresa 22	1,000	1,000	52	Empresa 52	1,000	1,000
23	Empresa 23	0,211	4,742	53	Empresa 53	0,157	6,383
24	Empresa 24	1,000	1,000	54	Empresa 54	0,156	6,392
25	Empresa 25	0,146	6,860	55	Empresa 55	0,128	7,806
26	Empresa 26	0,163	6,144	56	Empresa 56	0,186	5,363
27	Empresa 27	0,123	8,121	57	Empresa 57	0,631	1,584
28	Empresa 28	0,143	6,997	58	Empresa 58	0,381	2,627
29	Empresa 29	0,101	9,877	59	Empresa 59	0,178	5,610
30	Empresa 30	0,141	7,071	60	Empresa 60	0,153	6,527

Fuente: Elaboración de los autores con Información de la Superintendencia de Sociedades, 2010.

A los resultados de eficiencia del modelo utilizado, se les realizó una clasificación en:

- Empresas eficientes ( $\theta = 1$ )
- Empresas con eficiencia alta ( $0,80 \leq \theta < 1$ )
- Empresas con eficiencia media ( $0,60 \leq \theta < 0,80$ )
- Empresas con eficiencia baja ( $\theta < 0,60$ )

La tabla 4 muestra la clasificación de las 60 empresas consideradas en el estudio, según su grado de eficiencia. También muestra que sólo el 11,67% de las empresas consideradas en el estudio son eficientes, es decir, dado los recursos que poseen obtienen los mejores resultados en su ingreso operacional; el 1,67% de las empresas presenta un desempeño alto; 5% una eficiencia media y alrededor del 82% de las empresas con Certificación BASC en la ciudad de Medellín, presentan un índice de eficiencia bajo.

Tabla 4. Clasificación de las Empresas según su grado de eficiencia.

Empresas eficientes	Empresas con eficiencia alta	Empresas con eficiencia media	Empresas con eficiencia baja		
Empresa 9	Empresa 15	Empresa 4	Empresa 1	Empresa 23	Empresa 43
Empresa 20		Empresa 39	Empresa 2	Empresa 25	Empresa 44
Empresa 22		Empresa 57	Empresa 3	Empresa 26	Empresa 45
Empresa 24			Empresa 5	Empresa 27	Empresa 46
Empresa 38			Empresa 6	Empresa 28	Empresa 47
Empresa 42			Empresa 7	Empresa 29	Empresa 48
Empresa 52			Empresa 8	Empresa 30	Empresa 49
			Empresa 10	Empresa 31	Empresa 50
			Empresa 11	Empresa 32	Empresa 51
			Empresa 12	Empresa 33	Empresa 53
			Empresa 13	Empresa 34	Empresa 54
			Empresa 14	Empresa 35	Empresa 55
			Empresa 16	Empresa 36	Empresa 56
			Empresa 17	Empresa 37	Empresa 58
			Empresa 18	Empresa 40	Empresa 59
			Empresa 19	Empresa 41	Empresa 60
			Empresa 21		

Fuente: Elaboración de los autores.

También, se realizó un análisis del conjunto de referencia (Figura 1), que muestra las empresas eficientes y el número de empresas ineficientes a las que sirve como par evaluador, convirtiéndose, de esta manera, en referente y, por ende, en candidata para realizar un estudio de benchmarking. Se observa que la empresa 38 aparece 47 veces como par evaluador de otras organizaciones, por lo que se constituye en referente del 88,68% de las empresas ineficientes y en una unidad productiva que posee un desempeño a imitar. Le siguen las empresas 9 y 20, que son referentes de 26 y 13 unidades organizaciones ineficientes, respectivamente.

Para cada empresa ineficiente, DEA sugiere la combinación de entradas y de salidas necesarias para alcanzar la eficiencia (proyecciones de la DMU ineficiente sobre la frontera eficiente); en el caso de las variables de salida, para que una DMU sea eficiente debe mejorar (aumentar) la magnitud de éstas hasta alcanzar dicha proyección.

La tabla 5 muestra la proyección de la variable de salida para cada empresa ineficiente y la magnitud del ingreso operacional requerido para que una DMU ineficiente alcance la efi-

ciencia. Se considera únicamente la variable de salida, dado que se utilizó el modelo CCR-O y propende por determinar cuáles serían las salidas para que una DMU sea eficiente. Al multiplicar los ingresos operacionales de la tabla 1 con el inverso del score ( $1/\text{Score}$ ) de la tabla 3, se obtiene su proyección sobre la frontera eficiente, mostrada en la tabla 5.

Al analizar los resultados, se puede aseverar que la eficiencia promedio de las organizaciones certificadas en BASC Medellín-Colombia es del 31,85%, el cual, es bastante bajo y solamente 9 de las 53 unidades ineficientes (16,98%) presentan eficiencia relativa por encima del promedio; por otro lado, la mediana de la eficiencia está en 18,30%, un valor mucho menor que la media, indicando que 50% de las empresas estudiadas presentan eficiencia menor o igual a este valor y que la distribución de la eficiencia indica un sesgo positivo; en este sentido, se puede considerar que las empresas eficientes se comportan como atípicas, dada la distribución de la eficiencia.

Si bien un grupo de siete empresas certificadas en BASC presentó eficiencia, el grupo en general no mostró los mis-

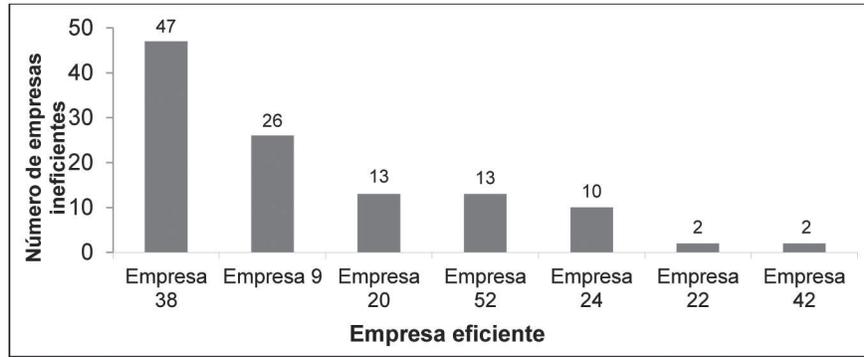


Figura 1. Número de veces que una empresa eficiente es par evaluador de las ineficientes.

Tabla 5. Proyección de los ingresos operacionales sobre la frontera eficiente para que una empresa ineficiente alcance la eficiencia.

No.	Empresa	Eficiencia	Proyección en los Ingresos Operacionales	No.	Empresa	Eficiencia	Proyección en los Ingresos Operacionales
1	Empresa 1	0,115	2.970.259.015	32	Empresa 32	0,144	1.811.623.692
2	Empresa 2	0,174	104.889.694	33	Empresa 33	0,087	344.750.244
3	Empresa 3	0,135	345.636.462	34	Empresa 34	0,121	354.289.471
4	Empresa 4	0,647	141.967.839	35	Empresa 35	0,119	546.457.194
5	Empresa 5	0,271	438.221	36	Empresa 36	0,169	1.080.863.379
6	Empresa 6	0,266	332.075.935	37	Empresa 37	0,104	1.486.598.016
7	Empresa 7	0,457	23.244.027	39	Empresa 39	0,637	17.235.165
8	Empresa 8	0,181	217.962.497	40	Empresa 40	0,103	2.919.721.608
10	Empresa 10	0,056	437.458.186	41	Empresa 41	0,250	2.445.637.633
11	Empresa 11	0,292	25.810.157	43	Empresa 43	0,116	1.169.038.936
12	Empresa 12	0,472	6.420.160	44	Empresa 44	0,104	710.259.312
13	Empresa 13	0,225	542.300.298	45	Empresa 45	0,114	1.007.453.942
14	Empresa 14	0,168	128.891.809	46	Empresa 46	0,185	155.403.373
15	Empresa 15	0,931	2.134.286	47	Empresa 47	0,133	207.432.150
16	Empresa 16	0,229	21.747.295	48	Empresa 48	0,319	39.452.131
17	Empresa 17	0,296	54.151.993	49	Empresa 49	0,170	113.576.451
18	Empresa 18	0,218	47.786.057	50	Empresa 50	0,327	34.525.410
19	Empresa 19	0,241	2.413.322.020	51	Empresa 51	0,205	20.305.809
21	Empresa 21	0,211	3.490.497.380	53	Empresa 53	0,157	290.993.608
23	Empresa 23	0,211	43.689.254	54	Empresa 54	0,156	759.451.974
25	Empresa 25	0,146	5.515.890.669	55	Empresa 55	0,128	1.127.608.024
26	Empresa 26	0,163	921.152.238	56	Empresa 56	0,186	89.908.883
27	Empresa 27	0,123	2.846.531.703	57	Empresa 57	0,631	4.921.867
28	Empresa 28	0,143	725.135.679	58	Empresa 58	0,381	5.460.452
29	Empresa 29	0,101	807.224.531	59	Empresa 59	0,178	60.493.534
30	Empresa 30	0,141	114.533.898	60	Empresa 60	0,153	76.066.624
31	Empresa 31	0,118	5.579.974.665				

Fuente: Elaboración de los autores con información de la Superintendencia.

mos resultados, por lo que podemos afirmar que la certificación BASC no afecta de forma significativa el incremento en la eficiencia, cuando se analiza con las variables de entrada consideradas para esta investigación, como son: el total de inventarios, los activos corriente, propiedad planta y equipo y el rubro proveedores.

**Conflicto de intereses:** 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.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Manag. Sci.* 30(9):1078-1092.
2. BELMONTE, L.; PLAZA, J. 2008. Análisis de la eficiencia en las cooperativas de crédito en España. Una propuesta metodológica basada en el análisis envolvente de datos (DEA). *Ciriec-España.* 63:113-133.
3. CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Operat. Res.* 2(6):429-444.
4. COLL, V.; BLASCO, O. 2007. Evaluación de la Eficiencia de la Industria Textil Española a Partir de Información Económico-Financiera: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos. *Rev. Invest. Opera.* 28(1):61-91.
5. COOPER, W.; SEIFORD, L.; TONE, K. 2006. *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses.* Springer Science Business Media, Inc. (New York, NY). p.105-106.
6. GARCÍA, J.; GONZÁLEZ, E. 2005. Aplicación y Utilidad del Análisis Envolvente de Datos en la medida de la eficiencia de los equipos de atención primaria de Austria. Disponible desde Internet en: <http://www.fgcasal.org/aes/docs/VicenteGarciaComunicacion-JornadasAES1.pdf> (con acceso el 05/03/13).
7. HADI-VENCHEH, A.; ASGHAR, A.; SOLEIMANI-DAMANEH, M. 2008. A DEA model for resource allocation. *Econ. Modelling.* 25(5):983-993.
8. HERNÁNDEZ, M. 2004. Importancia del BASC en el Comercio Exterior. *Memorias Asamblea Asociación Latinoamericana de Logística.* Montevideo, Uruguay. p.2-6.
9. MARTÍN, N.; HERNAGÓMEZ, J.; MARTÍN, V. 2007. El deleite de la eficiencia. Disponible desde Internet en: <http://ubr.universia.net/pdfs/ubr0022007056.pdf> (con acceso el 04/18/13).
10. MEJÍA, G.; CASTRO, E. 2007. Optimización del proceso logístico en una empresa colombiana de alimentos congelados y refrigerantes. *Rev.Ing.* 26:47-54.
11. NIJKAMP, P.; SUZUKI, P. 2009. A Generalized Goals-achievement Model in Data Envelopment Analysis: an Application to Efficiency Improvement in Local Government Finance in Japan. *Spatial Econ. Anal.* 4(3):249-274.
12. PARADI, J.; ASMILD, M.; SIMAK, P. 2004. Using DEA and Worst Practice DEA in Credit Risk Evaluation. *J. Product. Anal.* 21(2):153-165.
13. PASIOURAS, F. 2008. Estimating the technical and scale efficiency of Greek commercial banks: The impact of credit risk, off-balance sheet activities, and international operations. *Res. Int. Business Finance.* 22(1):301-308.
14. PASTOR, J.; LOVELL, C; TULKENS, H. 2006. Evaluating the financial performance of bank branches. *Ann. Operat. Res.* 145(1):321-337.
15. PERDOMO, A; MENDIETA, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: Una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad.* 10(2):1-45.
16. PINO, J.; SOLÍS, F.; DELGADO, M.; BAREA, R. 2010. Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Prof. Inform.* 19(2):160-167.
17. PRIMORAC, M.; TROSKOT, Z. 2005. Measuring the efficiency and productivity of the Croatian banks with Malmquist's index of change of total factor productivity. *Financial Theory and Practice.* 29(4):309-325.
18. PSILLAKI, M.; TSOLAS, I.; MARGARITI, D. 2010. Evaluation of credit risk based on firm performance. *Eur. J. Operat. Res.* 201(3):873-881.
19. QUIINDOS, M.; RÚBIERA, F.; VICENTE, M. 2003. Análisis de la eficiencia en el sector de los servicios avanzados a las empresas: una aplicación para el caso del principado de Asturias, Depto. De Economía Aplicada, Universidad de Oviedo. Disponible desde in-

- ternet en: <http://www.uv.es/asepuma/XI/21.pdf> (con acceso el 12/08/2013).
20. QUINTANILHA, J.; CORREIA, J. 2012. Evaluación de la eficiencia de las compañías aéreas brasileñas a través de un modelo híbrido de análisis envolvente de datos (DEA) y programación lineal multi objetivo. *Ingeniare. Rev. chilena Ing.* 20(3):331-342.
21. TOLOO, M.; NALCHIGAR, S. 2009. A new integrated DEA model for finding most BCC-efficient DMU. *Appl. Math. Mod.* 33(1):597-604.
22. TORTOSA-AUSINA, E.; GRIFELL-TATJE, E.; ARMERO, C.; CONESA, D. 2008. Sensitivity analysis of efficiency and Malmquist productivity indices: An application to Spanish savings banks. *Eur. J. Opera. Res.* 184(3):1062-1084.
23. WONG, W.; WONG, K. 2007. Supply chain performance measurement system using DEA modeling. *Indust. Manag. Data Syst.* 107(3):361-381.
- Recibido: Junio 19 de 2013  
Aceptado: Noviembre 15 de 2013

#### Como citar:

Fontalvo Herrera, T.J.; Mendoza Mendoza, A.; Visbal Cadavid, D. 2014. Eficiencia en los procesos logísticos en las empresas certificadas en BASC Medellín mediante análisis envolvente de datos. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 265-274.

# ANÁLISIS FINANCIERO INTEGRAL DE EMPRESAS COLOMBIANAS 2009-2012 DESDE LA PERSPECTIVA DE LA COMPETITIVIDAD

## INTEGRAL FINANCIAL ANALYSIS OF COLOMBIAN COMPANIES 2009-2012 FROM THE COMPETITIVENESS PERSPECTIVE

Carlos Eduardo Castaño Ríos<sup>1</sup>, José Enrique Arias Pérez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Magíster en Administración; Profesor del Departamento de Ciencias Contables, Universidad de Antioquia; calle 70 No. 52 – 21 oficina 13-108, Medellín, Colombia, e-mail: carloscontaduria@gmail.com, <sup>2</sup> Magíster en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación, Profesor del Departamento de Ciencias Administrativas, Universidad de Antioquia, calle 70 No. 52 – 21 oficina 13-105, Medellín, Colombia, e-mail: joenriquearias@posgradoseconomicas.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. !7(1): 275-284, Enero-Junio, 2014

### RESUMEN

El objetivo del artículo es presentar una evaluación del desempeño financiero de las empresas pertenecientes a los principales sectores de la economía colombiana, en el periodo 2009-2012, desde la perspectiva de la competitividad. La investigación que soporta este trabajo fue documental y se basó en la información financiera reportada por las empresas a la Superintendencia de Sociedades. Los principales hallazgos muestran cómo el sector Minería, que tenía unos resultados importantes en términos de rentabilidad, liquidez y endeudamiento, en el periodo 2009-2011, tiene una notoria disminución de su salud financiera, en el 2012, mientras tanto, el sector de la Agricultura, que tenía los más bajos resultados en los primeros años evaluados, ha venido recuperando terreno, lo cual, es determinante para atraer la inversión y mejorar la capacidad de crear valor.

Palabras clave: Análisis financiero integral, indicadores financieros, competitividad, creación de valor, estrategia.

### SUMMARY

The aim of the paper was to evaluate from the perspective of competitiveness the financial performance of the companies belonging to the main sectors of the Colombian economy in the period 2009-2012. This research is documentary and is based on the financial information reported by companies to Superintendencia de Sociedades. The main findings show how the mining sector had important results in terms of profitability, liquidity and debt in the period 2009-2011, but with a remarkable decline in its financial health in 2012.

The agriculture sector which showed the lowest results during the first years of evaluation, has been catching up, which is critical to attract investment and improve the ability to create value.

Key words: Integral financial analysis, financial indicators, competitiveness, value creation, strategy.

### INTRODUCCIÓN

La competitividad, se suele abordar en función de dos unidades de análisis: la empresa (Porter, 1990) y los territorios (WEF, 2013; IMD, 2013); sin embargo, últimamente ha tomado fuerza la idea de extrapolar este tipo de análisis a los sectores económicos, con el ánimo de establecer la capacidad que tienen de crear valor y atraer la inversión (Lombana & Rozas, 2009).

En el país son pocos los estudios desarrollados desde esta perspectiva sectorial (Correa *et al.* 2010a; 2011a) o regional (Castaño *et al.* 2010; Castaño & Arias, 2013); de ahí, la necesidad de emprender nuevas investigaciones que arrojen información, que sirva de insumo para la formulación de políticas e instrumentos de gran impacto sobre la competitividad de los mismos (Altenburg *et al.* 1998).

Este artículo es relevante, pues evalúa por sectores económicos, los resultados financieros de las empresas colombianas que reportaron información a la Superintendencia de Sociedades, en el periodo 2009-2012; en temas como estructura de inversión, de financiamiento y de resultados, así como la capacidad de generación de efectivo e indicadores financie-

ros tradicionales como liquidez, rentabilidad y endeudamiento (Bernstein, 1993; Ortíz, 2004; García, 1999; Sinisterra *et al.* 2005), permitiendo reconocer, a partir del equilibrio financiero, el estado de su competitividad.

El análisis financiero integral, se define como “un proceso que interpreta y estudia la situación económico-financiera de un ente económico, no sólo desde el punto de vista de los estados financieros sino de manera completa, contextualizada y estructural” (Correa *et al.* 2010b).

En detalle, el análisis financiero integral, en cuanto a técnicas financieras comprende dos tipos: vertical y horizontal (estructural) y de indicadores financieros (Bernstein, 1993; Ortíz, 2004; García, 1999; Correa, 2005, Sinisterra *et al.* 2005). La primera permite conocer la estructura de los estados financieros para periodos de tiempo determinados y las tendencias y la segunda analiza la liquidez, la rentabilidad y el endeudamiento, bajo una mirada de sano equilibrio financiero.

Desde el punto de vista de la actividad empresarial, se puede entender competitividad como aquella que “significa lograr una rentabilidad igual o superior a los rivales en el mercado. Si la rentabilidad de una empresa, en una economía abierta, es inferior a la de sus rivales, aunque tenga con qué pagar a sus trabajadores, proveedores y accionistas, tarde o temprano será debilitada hasta llegar a cero y tornarse negativa” (Vallejo, 2003).

Sumado a ello, la competitividad se suele desagregar en cuatro grandes dimensiones: meta, macro, meso y micro (Altenburg *et al.* 1998), que en realidad corresponden a distintas unidades de análisis, a saber, los países, las regiones, las ciudades, los sectores económicos o las empresas.

En ese orden de ideas, el análisis financiero integral aplicado a los principales sectores de la economía, constituye un enfoque de evaluación de la competitividad de las empresas que pertenecen a éstos, porque permite identificar en qué condiciones financieras se desarrollan los negocios, lo cual, incide en la atracción de la inversión y la capacidad de creación de valor (Lombana & Rozas, 2009; CPC, 2013; BM, 2013; Porter, 1990).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El artículo está soportado en un estudio de carácter documental, orientado a la localización, el registro, la recuperación, el procesamiento, el análisis, la interpretación y la discusión de información proveniente de fuentes secundarias (Galeano, 2004), propiamente la reportada a la Superintendencia de Sociedades de Colombia, en el período 2009 - 2012 (Tabla 1). Este período estudiado obedece al seguimiento que se ha realizado al comportamiento de la información desde el 2010, utilizando siempre las mismas técnicas de análisis, para consolidar una base de datos más amplia a futuro.

Tabla 1. Participación de sectores por año.

SECTOR	2009	%	2010	%	2011	%	2012	%
Agricultura	1.618	6,56%	1.557	6,54%	1.672	6,15%	1.676	6,33%
Minería	464	1,88%	470	1,97%	751	2,76%	766	2,89%
Industria	4.721	19,13%	4.536	19,05%	4.613	16,96%	4.499	16,99%
Servicios	7.469	30,27%	7.285	30,59%	9.028	33,19%	8.490	32,06%
Comercio	7.944	32,20%	7.517	31,56%	7.972	29,31%	7.898	29,82%
Construcción	2.458	9,96%	2.452	10,30%	3.162	11,63%	3.153	11,91%
<b>TOTAL</b>	<b>24.674</b>	<b>100,00%</b>	<b>23.817</b>	<b>100,00%</b>	<b>27.198</b>	<b>100,00%</b>	<b>26.482</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Dicha información fue agrupada en seis grandes sectores, a saber: Agricultura, Servicios, Minería, Industria, Comercio y Construcción. Esta clasificación fue desarrollada al inicio del proceso de investigación, separando actividades económicas, como Minería y Construcción, considerando que han sido las de mayor dinamismo en los últimos años para el país.

Posteriormente, se analizaron los estados financieros y se construyeron los indicadores financieros seleccionados de liquidez, de rentabilidad y de endeudamiento, como promedio de los agregados financieros por sectores. A partir de los resultados, se elaboraron tablas de frecuencia y gráfico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Entorno económico:** El contexto económico nacional arrojó un resultado más que positivo en los últimos años (2009-2012), en comparación con lo ocurrido en Europa e, inclusive, con Estados Unidos. El PIB colombiano ha mostrado crecimientos interesantes en el período de tiempo referido, superando las mismas expectativas del gobierno.

Bajo este contexto, la economía del país se ha logrado recuperar después del período 2008-2009, donde se encontró una caída del PIB asociada, en gran medida, a la crisis financiera ocurrida en Estados Unidos y los conflictos con países, como Venezuela y Ecuador. Este crecimiento, se explica, principalmente, por la recuperación de “la inversión privada y el consumo (tanto público como privado)” (Correa *et al.* 2011b).

Por su parte, la situación ocurrida en el país por ramas de actividad económica (Tabla 2), evidenció un sector minero apoderado del crecimiento económico del país, hasta el 2011, donde se observó, incluso, un comportamiento similar al denominado “La enfermedad holandesa”, debido a evidencias como el “proceso de revaluación del peso; la creciente inversión extranjera directa, la cual, se ha concentrado, en gran parte, en el sector minero; el mayor endeudamiento público externo y la mala situación de sectores tradicionales diferentes a los del boom, como por ejemplo, la situación de algunas ramas industriales” (Correa *et al.* 2011b).

Adicionalmente, son inminentes los impactos en la economía del país de los TLC firmados con Canadá, Estados Unidos, la Unión Europea, entre otros, a lo que se suma el interés de continuar expandiendo las fronteras hacia otros lugares.

Tabla 2. PIB por ramas de actividad económica (variación anual).

Año	Agricultura	Minas	Industrias	Electricidad, gas y agua	Construc.	Comercio	Transporte	Establec. financieros	Servicios sociales	PIB
2009	(0,7)	10,9	(4,1)	1,9	5,3	(0,3)	(1,3)	3,1	4,4	1,7
2010	0,2	10,6	1,8	3,9	(0,1)	5,2	6,2	3,6	3,6	4,0
2011	2,4	14,4	5,0	2,9	10,0	6,0	6,2	7,0	2,9	6,6
2012	2,6	6,0	(0,5)	3,5	6,3	4,1	4,1	5,2	4,9	4,2

Fuente: DANE (2013).

### Análisis estructural de estados financieros

**Balance general:** Para el caso de los sectores económicos es notable que sus estructuras de inversión de corto y largo plazo, se conservan con el tiempo. Por ejemplo, para el caso del sector Agricultura, la inversión de corto plazo obtuvo un valor máximo, en el 2009, donde la participación en el total de activos fue de 25,11%, mientras que tomó un valor mínimo para el 2012, de 21,57%, diferencia no superior a los cuatro puntos porcentuales.

Por su parte, la Construcción alcanzó un valor máximo en su estructura de inversión de corto plazo de 62,73%, para el 2009 y un mínimo, de 58,68%, en el 2010, lo que implica una diferencia sólo un poco superior a los cuatro puntos porcentuales y evidencia su estabilidad en esta estructura.

Entre tanto, la composición de activos del sector Servicios posee el mayor valor de participación para los activos no corrientes, situación que se explica a partir de las empresas que prestan servicios en actividades, como el Turismo y el Transporte, donde el soporte de los activos de largo plazo, como edificios, muebles y enseres y vehículos, son fundamentales.

En cuanto a la estructura de financiación, se debe tener en cuenta que su análisis puede partir de dos enfoques: temporalidad y agentes (Correa *et al.* 2010b). En el enfoque de la temporalidad (Tabla 3) es evidente la tendencia a que la estructura se conserve en el corto y largo plazo. Para el caso del sector Comercio, la estructura corriente toma un valor máximo en el 2010 y, mínimo, para el 2012, sin presentar mayores cambios; no obstante, el sector de la Minería sí presentó variaciones en el periodo evaluado, por el orden de los diez puntos porcentuales, lo que tiene un vínculo directo con los cambios en la inversión extranjera en este sector de la economía colombiana, con fuertes entradas de capital, en 2010 y 2011, que cayeron para el 2012.

Asimismo, desde la perspectiva de los agentes de interés, se resalta que, en términos generales, se conservó la estructura de financiación. En el caso de la Industria, el valor máximo de pasivos en el total de la financiación es de 42,35% (año 2012) y el mínimo es de 37,24% (año 2009), sin tomar variaciones fuertes entre años; sin embargo, el sector Minería sí presentó un cambio importante en su composición entre 2009 y 2010, con una variación cercana a los ocho pun-

tos porcentuales, la cual, está relacionada con la entrada de capitales al sector y su crecimiento de los últimos años.

En este caso, la situación deja en evidencia que sectores como el Comercio y la Construcción, se apalancan más en recursos de terceros que en el propio patrimonio para el desarrollo de su actividad, mientras que los demás sectores requieren de una mayor participación de sus recursos propios, a la hora de desarrollar su objeto social.

**Estado de Resultados:** De los márgenes analizados, se evidenció que el sector Servicios ha venido cayendo en los resultados de su margen bruto, con más de 20 puntos porcentuales, entre 2009 y 2012, lo que implica un incremento

significativo en sus costos de operación. El incremento más alto, se presenta en el sector Agricultura, con más de ocho puntos porcentuales, entre 2009 y 2012.

En cuanto al margen operacional, se puede destacar la recuperación que ha tenido el sector Agricultura en los últimos años, con un incremento de más de siete puntos, en el periodo evaluado y que se vio reforzado, con su margen neto, que ocupa el tercer mejor desempeño, para el 2012.

Frente al margen EBITDA, se evidenció un incremento importante para el sector Minería, durante el período 2012, lo que significa que sus resultados operativos fueron bastante afectados por los rubros contables no efectivos; sin embar-

Tabla 3. Estructura financiera (temporalidad) y márgenes por sectores.

<b>Estructura financiera (temporalidad)</b>									
<b>Estructura Corriente</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Estructura de capital</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	19,39%	20,77%	20,14%	19,58%	Agricultura	80,61%	79,23%	79,86%	80,42%
Comercio	42,95%	44,75%	43,66%	42,03%	Comercio	57,05%	55,25%	56,34%	57,97%
Construcción	38,76%	36,86%	35,82%	36,65%	Construcción	61,24%	63,14%	64,18%	63,35%
Industria	24,06%	24,99%	25,67%	30,25%	Industria	75,94%	75,01%	74,33%	69,75%
Minería	20,87%	30,25%	31,69%	24,17%	Minería	79,13%	69,75%	68,31%	75,83%
Servicios	13,74%	12,34%	13,77%	12,20%	Servicios	86,26%	87,66%	86,23%	87,80%
<b>Márgenes por sectores</b>									
<b>Margen Bruto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Margen EBITDA</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	17,13%	17,04%	19,08%	25,97%	Agricultura	7,26%	6,72%	7,97%	11,03%
Comercio	20,75%	21,19%	21,38%	27,87%	Comercio	5,02%	5,56%	5,62%	9,77%
Construcción	17,39%	18,36%	17,61%	21,63%	Construcción	8,13%	8,99%	8,91%	5,74%
Industria	28,23%	29,35%	27,78%	27,88%	Industria	10,77%	11,12%	10,57%	12,67%
Minería	33,76%	24,29%	28,36%	28,32%	Minería	34,23%	26,62%	29,08%	62,73%
Servicios	50,22%	48,07%	51,51%	30,18%	Servicios	21,12%	21,53%	24,10%	13,48%
<b>Margen Operacional</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Margen Neto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	1,78%	0,76%	2,68%	8,69%	Agricultura	1,79%	1,59%	2,34%	5,14%
Comercio	3,52%	4,02%	4,16%	7,67%	Comercio	2,18%	2,72%	2,54%	4,93%
Construcción	6,02%	5,67%	6,49%	4,43%	Construcción	5,82%	4,72%	5,73%	2,85%
Industria	7,42%	7,39%	7,24%	7,98%	Industria	4,95%	4,81%	4,54%	5,29%
Minería	22,03%	14,74%	19,46%	5,86%	Minería	16,21%	9,18%	12,00%	3,62%
Servicios	15,45%	15,94%	18,65%	9,27%	Servicios	15,48%	13,66%	16,94%	7,35%

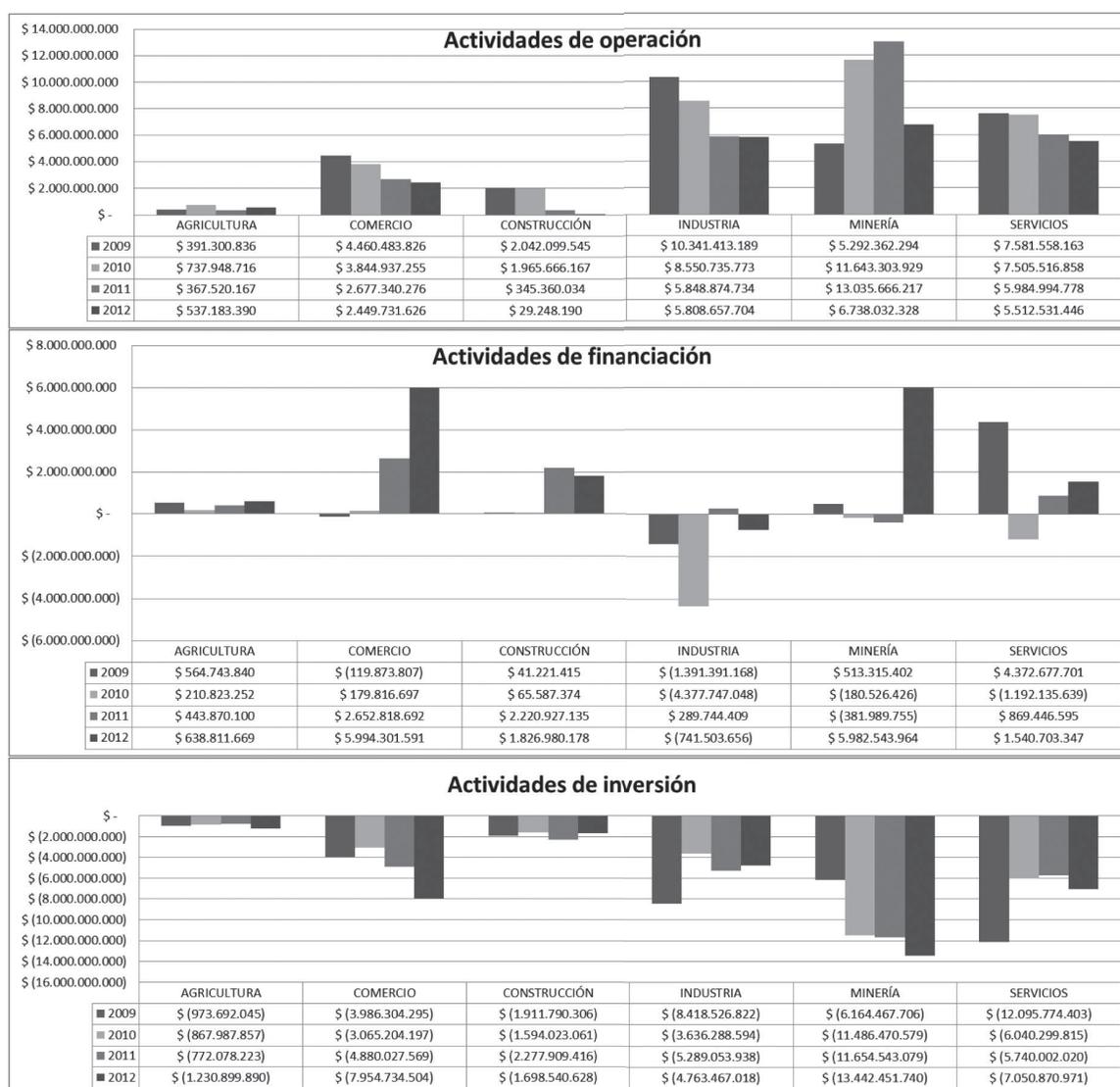
Fuente: Elaboración propia.

go, sectores como Agricultura y Comercio obtuvieron mejores resultados en este margen, para el periodo 2012, frente a los años anteriores, lo que deja entrever una recuperación de sus resultados operativos, en términos de lo que es posible recaudar en caja.

Entre tanto, el margen neto presentó un bajo desempeño general, pues ninguno de los sectores logró cifras que superaran los dos dígitos; no obstante, la Agricultura y el Comercio se recuperaron para el 2012. El menor resultado en el 2012 es para la Construcción, lo que puede estar relacionado a una desaceleración del crecimiento general de este sector, dado por el freno a las mega-obras en el país.

En el indicador de presión tributaria, se encontró que las cargas se equilibraron entre los sectores frente al pago de impuesto de renta en relación con los ingresos generados, pues para 2009 a 2011, la Minería pagaba una proporción muy superior a los demás; no obstante, para 2012, se observó que la Construcción, con un 1,46%, fue el sector que menos impuesto generó, lo cual, se relaciona con la caída de sus utilidades.

**Estado de flujos de efectivo:** E flujo que se genera por la operación de los sectores arrojó resultados positivos generales, en el período de estudio; sin embargo, es notorio que en sectores, como Agricultura y Construcción, el efectivo que se ha obtenido es bastante escaso (Gráfico 1).



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Efectivo Generado en las Actividades de Operación.

Por su parte, durante el período 2009–2012, los diferentes sectores realizaron uso del efectivo en las actividades de inversión, destacándose la Minería y el Comercio, como los sectores que han crecido en sus inversiones. Adicionalmente, se evidenció que los sectores Agricultura y Construcción han mantenido una inversión casi continua en estos años, pero con recursos más escasos frente a los otros sectores, por lo cual, no se puede plantear una futura expansión, dado que la inversión ha sido mínima.

Por otro lado, se encontró que el efectivo generado en las actividades de financiación no dejó tendencias claras, pero se resaltan resultados como el de la Minería y el Comercio, para el 2012, donde la entrada de efectivo por concepto de financiación fue bastante alta, frente a los demás sectores. Por su parte, el sector Industria presentó una fuerte salida de efectivo en la financiación del 2010, lo que se origina por los pagos de obligaciones financieras o de dividendos a los inversionistas.

### **Análisis de Indicadores de Gestión Financiera**

**Análisis de liquidez:** En esta perspectiva, se analizaron algunos indicadores estáticos y dinámicos. Los indicadores estáticos usados fueron la razón corriente y la prueba ácida, de los cuales, se puede expresar que para sectores, como Comercio, Construcción e Industria, los resultados han guardado una estructura similar entre un período y otro.

Para el caso de la Agricultura, se evidenció un deterioro en estos indicadores, pasando de una razón corriente de 1,29 veces, que cubre el activo al pasivo corriente a sólo 1,1 veces, mientras que la prueba ácida, se pasó de 0,93 veces a sólo 0,76 veces, lo cual, aproximó a las empresas de este sector a una situación difícil de liquidez pues ni siquiera se tiene lo justo para responder por las obligaciones en el corto plazo.

En los sectores Minería y Servicios, se observaron situaciones totalmente opuestas, pues mientras que el sector Minería bajó en su indicador de Razón Corriente de 1,47 veces, en 2009, hasta 1,16 veces, en 2012, el sector Servicios presentó un incremento pasando de 1,16 veces, en 2009, a 1,42 veces, en 2012, mostrando una buena gestión en términos de su liquidez.

Otros indicadores que permiten evaluar la liquidez son los dinámicos, en los cuales, los más completos son los de ciclo operacional y de caja (Tabla 4). Los resultados obtenidos fueron bastante dispersos y atienden a la dinámica de los sectores en términos de la recuperación de cartera, los tiempos para el pago de proveedores y los inventarios requeridos.

De este modo, se encontró que los sectores menos favorecidos en los ciclos fueron el de la Minería que, por ejemplo,

para el 2012, tardaría casi dos años en ver el retorno del recurso operativamente y, más de un año, para que lo invertido en la operación se convierta en efectivo. Los sectores Comercio, Construcción e Industria presentaron altos períodos de tiempo de sus ciclos operativos y de caja durante 2012, lo cual, puede ir en contravía de su competitividad, pues se está perdiendo en estos casos la posibilidad de arrojar mejores rentabilidades y hacer crecer los negocios.

**Indicadores de rentabilidad:** En la tabla 4, se encuentran los resultados de los indicadores rentabilidad sobre los activos (ROI: Return On Investment) y rentabilidad sobre el patrimonio (ROE: Return On Equity).

Llama la atención que el sector de la Agricultura presentó una recuperación importante con un incremento de casi cinco puntos porcentuales, en el periodo, evaluado en su ROI y de casi ocho puntos, en su ROE. Asimismo, la Minería pierde fuerza pues su ROI cayó por debajo de un uno por ciento y su ROE apenas pudo superar el uno por ciento, levemente. Mientras tanto, los demás sectores presentan un comportamiento estructural.

**Indicadores de endeudamiento:** En este componente, se evaluaron los niveles de endeudamiento (histórico) y la capacidad de pago (proyectado).

Para el análisis histórico, se utilizaron el nivel de endeudamiento y la concentración del endeudamiento, en el corto plazo (c.p.) (Tabla 5). En el nivel de endeudamiento, se evidenció que los sectores de Comercio y de Construcción son los que presentaron mayor intensidad de financiación, lo cual, tiene una amplia relación con sus actividades misionales.

Mientras tanto, el sector de la Minería viene presentando un incremento de sus pasivos en relación a su total de activos, lo que pudo estar relacionado con el crecimiento de la necesidad de financiación en el sector por parte de terceros, para asegurar su operación que venía en expansión. Los demás sectores presentan comportamientos estructurales de su pasivo total, lo cual, lleva a niveles de endeudamiento, sin variaciones significativas.

En cuanto a la concentración del endeudamiento, el sector que presenta una mayor proporción de deuda en el corto plazo es el Comercio, que ronda por el 79%, lo cual, es normal para el sector, pues se financian inventarios, a través de proveedores. Asimismo, se observó un comportamiento disperso para la Minería, con un incremento de casi diez puntos porcentuales, entre 2009 y 2010 y una caída significativa, cercana a los 16 puntos, para el 2012, lo cual, implicaría que el sector se está endeudando en el largo plazo, para apalacar sus operaciones.

Tabla 4. Ciclo operacional, ciclo de caja e indicadores de rentabilidad.

Ciclos operacional y de caja		2009	2010	2011	2012	Indicadores de rentabilidad					
<b>Ciclo Operacional</b>	<b>2009</b>	150	164	164	73						
Agricultura		128	128	128	172	Agricultura	1,02%	0,80%	1,20%	5,90%	
Comercio		302	292	303	163	Comercio	3,59%	4,55%	4,11%	6,48%	
Construcción		172	176	171	226	Construcción	4,15%	3,26%	3,69%	3,63%	
Industria		137	119	111	582	Industria	3,80%	3,55%	3,34%	3,86%	
Minería		188	158	190	102	Minería	12,41%	7,79%	11,54%	0,62%	
Servicios		106	111	112	48	Servicios	4,63%	3,82%	4,52%	4,01%	
<b>Ciclo de Caja</b>	<b>2009</b>	72	70	71	100	<b>ROE</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	
Agricultura		266	256	262	141	Agricultura	1,51%	1,25%	1,87%	9,08%	
Comercio		115	114	110	144	Comercio	7,85%	10,42%	9,18%	14,19%	
Construcción		81	61	51	316	Construcción	10,88%	8,29%	9,79%	9,36%	
Industria		123	96	116	77	Industria	6,05%	5,76%	5,37%	6,70%	
Minería						Minería	18,35%	12,97%	20,37%	1,07%	
Servicios						Servicios	6,11%	5,02%	6,19%	5,24%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Indicadores de Endeudamiento.

<b>Nivel Endeudamiento</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	32,62%	36,06%	36,01%	35,05%
Comercio	54,30%	56,38%	55,16%	54,34%
Construcción	61,91%	60,73%	62,26%	61,24%
Industria	37,24%	38,35%	37,73%	42,35%
Minería	32,37%	39,92%	43,37%	42,47%
Servicios	24,24%	23,80%	27,00%	23,38%
<b>Concentración Endeudamiento C.P</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	59,46%	57,60%	55,92%	55,85%
Comercio	79,10%	79,37%	79,15%	77,35%
Construcción	62,62%	60,71%	57,52%	59,85%
Industria	64,61%	65,17%	68,03%	71,43%
Minería	64,48%	75,77%	73,07%	56,90%
Servicios	56,67%	51,85%	51,00%	52,17%
<b>Relación DF/EBITDA</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Agricultura	3,28	4,82	4,04	1,31
Comercio	2,32	2,15	2,15	1,59
Construcción	3,23	2,95	3,53	2,74
Industria	1,99	2,08	2,11	1,85
Minería	0,17	0,32	0,28	1,33
Servicios	1,49	1,75	2,07	1,28

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se evaluó el endeudamiento en cuanto a su capacidad de pago de la deuda. Los resultados obtenidos en los indicadores de endeudamiento fueron bastante heterogéneos, por lo que no es posible plantear comportamientos de tipo estructural hacia años futuros.

En cuanto al cubrimiento de intereses con el EBITDA, se encontró una interesante capacidad de pago en general, lo que implicaría la capacidad para adquirir más deuda en el futuro; sin embargo, al analizar la relación deuda financiera EBITDA, se halló que, para el 2012, ningún sector económico estaría en capacidad de pagar la totalidad de su deuda financiera, con el total de EBITDA, generado en el periodo y tendrían que esperar más de un año para tal efecto. En el caso del sector Construcción, por ejemplo, serían más de 2,74 años para pagar toda su deuda financiera, siempre y cuando se disponga la totalidad de su EBITDA para el pago, lo que no resulta procedente, en términos prácticos.

En este orden de ideas, los resultados financieros 2009-2012 de los sectores económicos colombianos, evidencian que las estructuras de los estados financieros, especialmente, el balance general y el estado de resultados, se conservan con el paso del tiempo, pues obedecen al comportamiento normal de los negocios; no obstante, mientras que el sector Minero presentó unos resultados que lo diferenciaban en términos financieros de los demás sectores, en el período 2009-2011, esto no se logró en el 2012, con lo cual, ya no se destaca un sector líder para la economía del país.

Asimismo, la Minería fue el sector que movilizó mayor cantidad de efectivo en la economía colombiana, seguida por la Industria y el sector Servicios; sin embargo, se encontró que esta capacidad viene decayendo, lo que implicaría un cambio de impulsor principal para la economía del país.

En cuanto a la liquidez, se destacaron los sectores de Agricultura y Servicios, como aquellos en los que más rápido

se da el ciclo de caja del negocio y la Industria, Comercio y Construcción, como los que ofrecen mayor capacidad de pago en el corto plazo.

Para el endeudamiento, el sector que más se resalta el de Servicios que posee el nivel más bajo de endeudamiento, lo que le posibilitaría acceder a recursos de terceros hacia futuro. En términos de rentabilidad, se destacan el Comercio y la Agricultura, que tienen los mejores resultados en el 2012.

Es necesario revisar la situación que vive actualmente el sector Minero, pues es evidente su caída, tal como lo muestran los resultados económicos revelados en la tabla 2 y los hallazgos en el análisis financiero, en términos de rentabilidad y de capacidad, para mantener la inversión, pues si no se toman decisiones adecuadas, el PIB colombiano podría caer.

Por último, es necesario que las empresas ubicadas en los distintos sectores evalúen constantemente la evolución de sus estructuras e indicadores financieros y realicen su planeación organizacional, tendiente a mantener un adecuado equilibrio, pues como se presentó a lo largo del trabajo, los estados e indicadores financieros dejan en evidencia el resultado de las decisiones tomadas al interior de estos sectores, así como el impacto en su capacidad para competir en un mercado, cada vez más internacionalizado.

**Conflicto de intereses:** 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. **Financiación:** Este artículo de investigación es producto del proyecto "Evaluación del Impacto de las Actividades de Innovación sobre el Desempeño Financiero en Empresas Antioqueñas Líderes en I+D+i", financiado por Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2012-2013.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALTENBURG, T.; HILLERBRAND, W.; MEYER-STAMER, J. 1998. Building systematic cooperativeness. concept and case studies from Mexico, Brazil, Paraguay, Korea and Thailand. Deutsches Institut fuer Entwicklungspolitik Ggmbh (Berlín). 61p.
2. BERNSTEIN, L. 1993. Análisis de estados financieros: Teoría, aplicación e interpretación. Madrid: Irwin. 867p.
3. BM. 2013. Doing Business 2013. Banco Mundial (Washington). 36p.
4. CASTAÑO, C.; ARIAS, J. 2013. Análisis financiero integral de empresas colombianas 2009-2010: perspectivas de competitividad regional. Entramado (Colombia). 9(1):84-100.
5. CASTAÑO, C.; VANEGAS, L.; OSPINA, F. 2010. Evaluación del desempeño financiero de las regiones en Colombia para el año 2009. Contaduría Universidad de Antioquia (Colombia). 56:157-181.
6. CORREA, J. 2005. De la partida doble al análisis financiero. Contaduría Universidad De Antioquia (Colombia). 46:169-194.
7. CORREA, J.; CASTAÑO, C.; MESA, R. 2010a. Desempeño financiero empresarial en Colombia en 2009. Perfil de Coyuntura Económica (Colombia). 15:149-170
8. CORREA, J.; CASTAÑO, C.; RAMÍREZ, L. 2010b. Análisis financiero integral: elementos para el desarrollo de las organizaciones. Lúmina (Colombia). 11:180-193.
9. CORREA, J.; CASTAÑO, C.; MESA, R. 2011a. Panorama financiero empresarial en Colombia 2009-2010: un análisis por sectores. Perfil de Coyuntura Económica (Colombia). 18:145-165.
10. CORREA, J.; LÓPEZ, M.; CASTAÑO, C. 2011b. Evaluación del desempeño financiero empresarial por sectores en Colombia en 2011. Contaduría UdeA. (Colombia). 58-59:97-116.
11. CPC. 2013. Informe Nacional de Competitividad 2012-2013. CPC( Bogotá). 360p.
12. DANE. 2013. PIB por ramas de actividad económica. a precios constantes. Disponible desde internet en: <http://www.dane.gov.co/index.php/pib-cuentas-nacionales/cuentas-trimestrales> (con acceso 17/02/2014).
13. GALEANO, M. 2004. Estrategias de investigación social cualitativa: el giro de la mirada. La Carreta Editores(Medellín). 239p.
14. GARCÍA, O. 1999. Administración financiera. fundamentos y aplicaciones. Prensa Moderna Impresores(Cali). 573p.
15. IMD. 2013. World Competitiveness Yearbook 2013 Disponible desde internet en: <http://www.lmd.Org/>

- News/World-Competitiveness-2013.Cfm (con acceso 12/07/2013).
16. LOMBANA, J.; ROZAS, S. 2009. Marco analítico de la competitividad: fundamentos para el estudio de la competitividad regional. Pensamiento & Gestión (Colombia). 26:1-38.
17. ORTÍZ, H. 2004. Análisis financiero aplicado y principios de administración financiera. Universidad Externado De Colombia (Bogotá). 503p.
18. PORTER, M. 1990. The competitive advantages of nations. The Free Press (New York). 855p.
19. SINISTERRA, G.; POLANCO, L.; HENAO, H. 2005. Contabilidad: sistema de información para las organizaciones. Mc Graw Hill (Bogotá). 408p.
20. VALLEJO, P. 2003. Competencia y estrategia empresarial. Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). 256p.
21. WEF. 2013. The Global Competitiveness Report 2012–2013. Disponible desde internet en: [http://www3.weforum.org/docs/Wef\\_Globalcompetitivenessreport\\_2012-13.pdf](http://www3.weforum.org/docs/Wef_Globalcompetitivenessreport_2012-13.pdf) (con acceso 12/07/2013).
- Recibido: Diciembre 6 de 2013  
Aceptado: Marzo 25 de 2014

#### Como citar:

Castaño Ríos, C.E.; Arias Pérez, J.E. 2014. Análisis financiero integral de empresas colombianas 2009-2012 desde la perspectiva de la competitividad. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 275-284.

# THE ROLE OF SHOPPING CENTERS AS SIMULATED PUBLIC SPACE: THE SHOPPING CENTER CENTRO MAYOR, BOGOTÁ, COLOMBIA

## EL PAPEL DE LOS CENTROS COMERCIALES COMO SIMULACROS DE ESPACIOS PÚBLICOS: EL CENTRO COMERCIAL CENTRO MAYOR, BOGOTÁ, COLOMBIA

Annelise Grube-Cavers<sup>1</sup>, Nohora Inés Carvajal Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Estudios Urbanísticos, Geográficos y Ambientales. Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University 1455 de Maisonneuve W.H 1255-38 (Hall Building) Montréal, QC, Canada H3G 1M8 E-mail: grubecavers@gmail.com; <sup>2</sup>Ph.D. Geografía, Facultad de Ingeniería Geográfica y Ambiental, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A Calle 222, No. 55-37. Bogotá D.C. Colombia. E-mail: nocarvajal@udca.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 285-291, Enero-Junio, 2014

### SUMMARY

Public space is in an integral part of the cultural richness of cities, and an essential element in the functioning of a democratic society. Made up of the networks of streets, sidewalks, parks and plazas, public space is what makes urban centers living entities. Though its importance is consistently recognized around the world, public space in Latin America has held a special role in society. In the context of Colombia, the role of public space has been shaped not only by its function as a gathering space for citizens, but it has been marked by decades of armed conflict. It was in this context in Colombia that the construction of major shopping malls emerged, becoming an increasingly important part of the commercial sector of Colombian cities, and, according to some authors, providing an alternative 'public' space in which citizens could gather. This study, through a review of the literature and a survey, summarizes some of the changes that have occurred in the urban public realm of Bogotá in the past decades, and hypothesizes the role that major commercial centers are playing in the daily lives of the city's residents.

Key words: Bogotá, public space, shopping malls, urban planning

### RESUMEN

El espacio público es una parte integral de la riqueza cultural de las ciudades y un elemento esencial en el funcionamiento de una sociedad democrática. Compuesto de las redes de calles, andenes, parques y plazas, el espacio público es

lo que hace de los centros urbanos entidades vivas. Su importancia es reconocida alrededor del mundo y en América Latina, el espacio público ha tenido un papel especial en la sociedad. En el contexto de Colombia, el espacio público cumple su función como espacio para reuniones entre ciudadanos, pero además ha estado marcado por décadas de violencia e inseguridad. Es dentro de este contexto que la construcción de centros comerciales emergió, creciendo en importancia el sector comercial de las ciudades colombianas, y proveyendo espacios como alternativas al espacio público abierto. Este estudio, sintetiza la relación de los centros comerciales con otros espacios en las ciudades. Con los resultados de una encuesta realizada acompañada por una revisión de la literatura, este artículo resume algunos de los cambios importantes observados en las últimas décadas acerca del tema del ámbito público de Bogotá, y se pregunta por el papel que tienen los grandes centros comerciales en las vidas de los residentes urbanos.

Palabras clave: Bogotá, espacio público, centros comerciales, planificación urbana

### INTRODUCTION

Public space is in an integral part of cities, and an essential element to the functioning of a democratic political system (Kingwell & Turmel, 2009). Made up of the networks of streets, sidewalks, parks and plazas, public space is what makes urban centers living entities (Saldarriaga, 2008). Though the definition of public space is debated, it can be understood as a physical space where strangers can have

face-to-face interactions, and where residents may engage in democratic activity, such as voicing dissent, and engaging in celebrations or protests (Saldarriaga, 2008). It is a space where cultural expression and art manifest themselves (Zambrano, 2003), where the actions of users are less restricted and where, most importantly, access to the space is not exclusive (Páramo, 2007). Public space is not only a passive space that is used by citizens, but it is also a site of "citizen construction" (Hunt, 2009).

In the 1970s, the sustained violence experienced in open and public spaces spurred a trend that had already begun; the rapid construction of shopping malls as alternatives to traditional street shopping (González, 2010). Shopping malls constitute a part of a relatively new neo-liberal form of urban development, which prioritizes privatization over public ownership. While the proliferation of shopping centers is often assumed to be based on changes in consumer preference, this shift from traditional marketplaces is the result of "co-ordinated state and market strategies" (Gonzalez & Waley, 2012). Globalization and 'hypercapitalism' have also played a role in the changing urban form of Latin-American cities, ensuring the growth of large retail centers amidst changing global relations and market forces (Finol, 2006). The success of malls is not only based on their function as centers of commerce and recreation, but is also affected by the branding of the space as culturally global with a distinctly anglo-saxon aesthetic (Finol, 2006).

The proliferation of private commercial space in the city has inevitably had an effect on urban form, and citizen participation in urban space, but what have these effects been? Are people patronizing malls more and open public space less? There have been a number of investigations attempting to establish the roles and relationships of urban shopping malls with, and within, the city. Drawing on precedents, this paper explores the role of Colombia's largest mall, the shopping center Centro Mayor, in the lives of clients, opening a debate on the evolution of space in one of Latin America's most populous urban centers and what this form of urban development will mean for the future of cities.

### **Public Space Globally and the Emergence of the Shopping Mall:**

In their book on public space, Kingwell & Turmel (2009) term public space as a living entity, integral to any 'just society, that represents past victories or conflicts; Páramo (2007) agrees, emphasizing the importance of acknowledging how historical events have shaped, and continue to shape, the space, as they are re-interpreted through time.

**Shopping Malls and Public Space:** Authors often refer to malls and shops as public spaces in passing (Stillerman &

Salcedo, 2012; Staeheli & Mitchell, 2006), but this description requires more scrutiny. In a study conducted in Venezuela, the author takes the time to contextualize the study, and the roles of shopping malls as places designed 'directionally' to guide people towards consumption in a conscious and manipulative way (Finol, 2006). Goss concluded, in a study of the Mall of America, that the Mall performs essential functions in contemporary society but that its role is more complex than simply being a replacement for public space (Goss, 1999). This tentative criticism is countered when the privatization of public spaces or the production of 'quasi' public spaces is addressed. Here social control and the shaping of citizenry takes place under surveillance and according to rules imposed by owners who are profiting from 'proper' use of the space (Peterson, 2006).

In Syracuse, NY, the Carousel Center, a suburban shopping center, was analyzed to see if it was a space in which community was being created, and which essentially filled the role of the historic town center (Staeheli & Mitchell, 2006). The researchers in that study explicitly contend the acceptance of malls as new public space, citing control mechanisms and exclusion of individuals from the space. Staeheli & Mitchell (2006) also discuss the notable differentiation between the discourse offered by the mall, and the use of the space by shoppers.

The role of urban malls in the construction and reproduction of culture is highlighted by Mona Abaza in her assessment of the role of shopping malls in Egypt. Her observations of a central Cairo mall include the importance that the space plays in the development of gender relations among younger, less traditional generations (Abaza, 2001). The author concluded by saying that malls are used in a number of ways, and that ultimately they do gather crowds, as would open public spaces.

Stillerman & Salcedo (2012) conducted research in shopping centers in the Chilean capital of Santiago. They highlight the important ways in which clients interpret and recreate the spaces of consumption, which have often been criticized. They purport that, unlike Goss' reading of the artificiality of the mall, and Staeheli and Mitchell's criticisms of malls, consumers successfully appropriate the space for their own uses (Stillerman & Salcedo, 2012).

Although the research summarized above provides an important theoretical base for investigation, these studies lack empirical evidence on how clients are actually using the space. The empirical analysis presented here, based on a questionnaire conducted in Centro Mayor, provides additional information to this growing field of work on the evolution of the urban public space in the context of ongoing construction of urban shopping malls.

**Centro Mayor:** Centro Mayor began opened to the public in March of 2010 (González, 2010). The enormous mall represents a major intervention in urban space, taking up the equivalent of approximately eight city blocks it is currently the largest shopping center in Colombia, and the third largest in Latin America (Centro Mayor, n.d.).

Centro Mayor hosts a range of businesses, from a car dealership to specialty children's hairdressers. The types of stores that are most represented are fashion and footwear next are restaurants and dessert and ice cream shops (Centro Mayor, n.d.).

## METHODOLOGY

In order to address the lack of empirical research on shopping centers and the roles they potentially play as substitutes for outdoor public spaces, a survey was designed. There were a range of questions asked, 12 in total, covering topics including clients' primary reasons for visiting the mall, their use of public parks and plazas in the city, as well as some basic characteristics of the household. Although the survey was a unique tool, the survey design of a study conducted at a mall in Prague (Newmark *et al.* 2005) was consulted to verify the questions included. The survey conducted in Prague also asked questions about the purpose of the clients' visit to the mall, but all results were presented in relation to transportation modes used and so details of that research is not included in this article.

The collaboration and participation of students of the Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales was essential for the successful completion of this project 19 students in total assisted, 17 undergrads, from both the Geographical and Environmental Engineering program as well as the Environmental Sciences.

A number of the students were members of either of the working groups of INGEA (led by Nohora Carvajal and focused on themes of land-use and land-use planning) or ECOTERRA (led by Adriana Posada with a focus on social and environmental management). The remaining two students were both candidates in the Masters of Environmental Science Program. For the most part, clients were receptive and helpful when asked to participate in the survey.

**Data:** In total 329 surveys were collected for analysis, a better sample than had been expected. Though not statistically representative of the enormous population of clients of the mall, it does provide a sufficient idea of trends among clients.

Though there were some discrepancies in how survey questions were interpreted, all of the surveys were included in the analysis, for some, if not all of the questions. A number of

respondents chose not to answer some of the questions, in which case those surveys were discounted from the analysis of certain questions.

## RESULTS AND DISCUSSION

The questions regarding clients' use of the mall, the purpose and frequency of their visits, and the frequency of their visits to other public spaces in the city (primarily parks and plazas) forms the principal part of this analysis, which consisted of adding up the responses and calculating percentages of the total number of surveys (for a copy of the survey conducted see Appendix A).

Of the 329 persons surveyed, 156 reported that shopping was either the primary reason, or among the most important reasons for visiting the mall. Nevertheless, a significant number of shoppers (200) indicated that among their most important reasons for visiting the center were leisure, socializing and eating out. These responses represent 61% of the total respondents. This aligns with Finol's findings, where youth in Maracaibo were found to be using the mall for leisure activities, associating the space not only with activities of consumption, but of cultural symbolism and social importance (Finol, 2006).

Surveys of clients who said that Centro Mayor was the primary place in which they did their shopping were separated out for a more in depth analysis. Slightly more of these frequent shoppers (43%) stated that their primary purpose for coming to Centro Mayor was shopping, while only (37%) of the total sample stated shopping as their primary reason for being there. Histograms showing purpose of trip are visible below for both the total sample and frequent clients (Figure 1).

Questions were asked about the frequency that clients visit urban public spaces. Although this question would need more supporting evidence, it at least provides insight into the prominence of the shopping mall, in terms of time spent there, in the daily lives of residents. The histogram (Figure 2) shows the proportions of respondents who said that they visited a shopping center or public space, and how many times per week.

It is immediately notable how many more respondents answered that they visit public spaces less than once per week. Inexplicably the 3-5 times per week category demonstrated a higher proportion of people visiting public parks than the shopping mall. To be sure, a portion of the people who reported that they frequented the mall multiple times per week were going for work purposes, but this is a surprisingly small amount, representing only 15% of those who said they visited the mall 1-3 times per week and 50% of those who visited the mall for than 5 times per week.

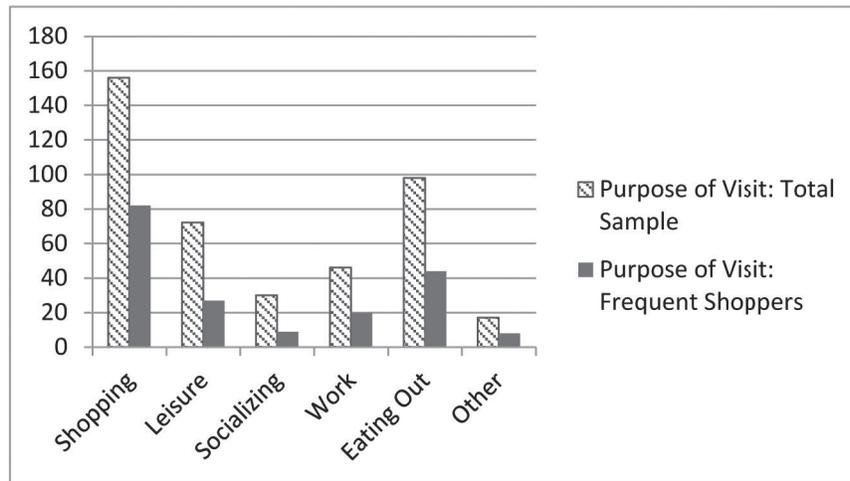


Figure 1. Primary purpose of trip, total sample and frequent shoppers.

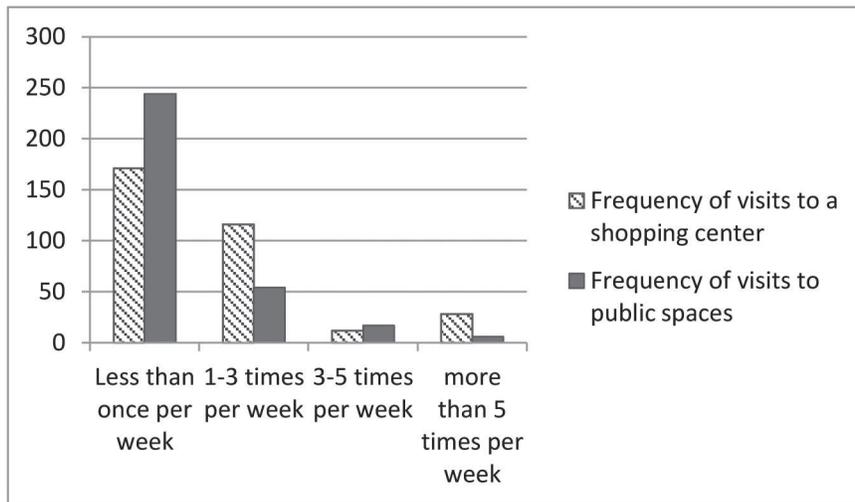


Figure 2. Frequency of visits to outdoor public space and to shopping malls.

This empirical evidence provides only a basis for further investigation and perhaps asks more questions than it answers. Additional information from interviews would have been beneficial, but time constraints restricted the research to the survey. Hopefully in the future this project will be expanded to include more urban spaces and to investigate more thoroughly people’s perceptions of, and attitudes towards, the spaces.

**Further Research:** It would be very useful to conduct the research over a longer period of time, using weekday afternoons and having a consistent number of people surveyed over the course of a month to ensure that variables such as weather, were not affecting people’s propensity to visit the mall or other public spaces.

Looking at the differences in purpose of visits and frequency of trips between neighborhoods of different strata would be essential to being able to generalize about the relationship between urban public space and the increasing popularity of shopping malls.

Though this study does contribute to the body of work on retail and consumer spaces and the interaction of these spaces with the urban public realm, there remains much work to be done. As stated by Crewe, focusing only on malls is to simplify retail spaces and to discount the importance of a range of other consumer spaces and their cultural and social roles (Crewe, 2000). Future research could contribute by expanding the research area and offering a more rigorous compari-

son of the use of public spaces and malls by residents across the city of Bogotá. Another important addition would be a more thorough survey of the malls and the services that are offered therein, as these most likely also have a significant impact on people's reasons for visiting. Supporting research in the future should provide more in-depth demographic data at the scale of the neighborhoods surrounding the mall, and attempt to collect information through a wider variety of sources including thorough review of periodical coverage, satellite imagery of neighborhoods and any other historical survey information available.

The increasing use of shopping malls for consumer purposes and for reasons such as socializing and leisure will surely have direct impacts on the public spaces that have historically been so important in Latin American, and Colombian, urban centers. Understanding these trends as they evolve is essential to planning healthy and well-used public spaces that contribute to the public realm and encourage citizen participation in what should be open democratic spaces. If people choose to spend their free time in private spaces where the participation of citizens is controlled and monitored, it will be to the detriment of a 'just society' that should be one of the benefits of thriving public urban life. Continuing research in this field should remain faithful to this idea, expanding upon the work that has been done, and drawing inspiration from the important roles that these spaces have played historically. Urban planning requires critical analysis of what has happened, and what sorts of evolutions are underway in a holistic manner that incorporates people's experience and use of the city, keeping in mind the ideals of accessibility that urban planning should aim to enhance. This strain of research serves to help further these goals and provide essential information to planning professionals and researchers on this topic.

**Acknowledgements:** We would like to thank all the people who helped this research to be carried out. Conflict of interest: The manuscript was prepared and reviewed by the authors, who declare the absence of any conflict, which can put the validity of the presented results in risk.

## BIBLIOGRAPHY

1. ABAZA, M. 2001. Shopping malls, consumer culture and the reshaping of public space in Egypt. *Theory Culture Society*. 18(5):97-122.
2. CENTRO MAYOR. n.d. Historia. Disponible desde Internet en [http://centromayor.com.co/centro-mayor/informacion-general/historia/\(con acceso 19/07/13\)](http://centromayor.com.co/centro-mayor/informacion-general/historia/(con%20acceso%2019/07/13)).
3. CREWE, L. 2000. Progress Reports; Geographies of retailing and consumption. *Progress in Human Geography*. 24(2):275-290.
4. FINOL, J.E. 2006. Globalización, espacio y ritualización: De la plaza pública al mall. *Espacio Abierto. Cuad. Venez. Sociol.* 15(1-2):455-470
5. GONZÁLEZ, L.F. 2010. Ciudad y arquitectura urbana en Colombia; 1980-2010. Universidad de Antioquia (Medellín). 304p.
6. GONZALEZ, S.; WALEY, P. 2012. Traditional Retail Markets: The new gentrification frontier. *Antipode*. 45(4):965-983
7. GOSS, J. 1999. Once-Upon-a-Time in the Commodity World: An unofficial guide to Mall of America. *Ann. Assoc. Am. Geographers* 89(1):45-75.
8. HUNT, S. 2009. Citizenship's place: the state's creation of public space and street vendors' culture of informality in Bogotá, Colombia. *Environment and Planning D: Society and Space*. 27(2):331-351.
9. KINGWELL, M.; TURMEL, P. 2009. Introduction Rites of Way, Paths of Desire. En: Turmel, M.K. (ed.) *Rites of Way: The politics and Poetics of Public Space*. Wilfrid Laurier Press (Kingston, Ontario). 190p.
10. NEWMARK, G.; PLAUT, P; GARB, Y. 2005. Shopping Travel Behaviours in an Era of Rapid Economic Transition. *Transportation Research Record: J. Transportation Research Board*. 1939:165-174.
11. PÁRAMO, P. 2007. El significado de los lugares públicos para la gente de Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá). 165p.
12. PETERSON, M. 2006. Patrolling the plaza: privatized public space and the neoliberal state in downtown Los Angeles. *Urban Anthropol. Studies Cultural Syst. World Econ. Develop.* 35(4):355-386
13. SALDARRIAGA, A. 2008. The Plaza de Bolívar of Bogotá: Uniqueness of Place, Multiplicity of Events. En: Irazabal, C. (ed). *Ordinary Places, Extraordinary Events: Citizenship, Democracy and Public Space in Latin America*. Taylor and Francis. p.126-143.
14. STAEHELI, L.; MITCHELL, D. 2006. USA's Destiny? Regulating Space and Creating Community in American Shopping Malls. *Urban Studies* 43(5/6):977-992.
15. STILLERMAN, J.; SALCEDO, R. 2012. Transposing the Urban to the Mall: Routes, Relationships, and Resistance in Two Santiago, Chile, Shopping Centers. *J. Contemporary Ethnography* 41(3):309-336.

16. ZAMBRANO, F. 2003. Construcción del Espacio Público Tres Parques de Bogotá: Nacional, Simón Bolívar, El Tunal. Universidad de los Andes (Bogotá). Received: 31 August 2013  
Accepted: 14 March 2014

How to cite:

Grube-Cavers, A.; Carvajal Sánchez, N.I. 2014. The role of shopping centers as simulated public space: the shopping center Centro Mayor, Bogotá, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 285-291.

## Appendix A: Survey questions

Estamos haciendo un proyecto de investigación sobre el Centro Comercial Centro Mayor y apreciamos mucho su participación. Por favor responda a las preguntas siguientes de la mejor manera posible. Puede parar el sondeo en el momento que usted lo desee. Su identidad será confidencial, y será conocida solamente por la investigadora si desea participar más en el proyecto.

## 1) ¿Cómo llegó al Centro Mayor hoy?

- Transmilenio
- Otro autobús
- Carro privado
- Motocicleta
- Bicicleta
- Caminando
- Otro \_\_\_\_\_

## 2) ¿Cuál es el tipo de transporte que más utiliza en la ciudad?

- Transmilenio
- Otro autobús
- Carro privado
- Motocicleta
- Bicicleta
- Caminando
- Otro \_\_\_\_\_

## 3) ¿Dónde hace la mayor parte de sus compras?

(Nombre del Centro Comercial o direcciones; carrera y calle)

\_\_\_\_\_

## 4) Antes que el Centro Mayor se abriera en 2010, ¿dónde hacía la mayoría de sus compras? (Nombre del Centro Comercial o direcciones; carrera y calle)

\_\_\_\_\_

## 5) Antes que el Centro Mayor se abriera en 2010 ¿qué medio de transporte utilizaba para ir al lugar donde hacía la mayoría de sus compras?

- Transmilenio
- Otro autobús
- Carro privado
- Motocicleta
- Bicicleta
- Caminando
- Otro \_\_\_\_\_

## 6) ¿Cuántas veces viene al Centro Mayor, o a otro centro comercial (ej. Titan Plaza, Centro Comercial Santa Fé, Unicentro etc.)?

- Menos de una vez por semana
- 1-3 veces por semana
- 3-5 veces por semana
- Más de 5 veces por semana

## 7) ¿Cuáles son los propósitos más importantes de su visita al Centro Mayor hoy? (del más importante 1, al menos importante 4)

- Comprar \_\_\_\_\_
- Ocio \_\_\_\_\_
- Socializar \_\_\_\_\_
- Trabajar \_\_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_\_

## 8) ¿Con qué frecuencia, va a los parques y plazas públicas de Bogotá?

- Menos de una vez por semana
- 1-3 veces por semana
- 3-5 veces por semana
- Más de 5 veces por semana

## 9) ¿Cuántos años tiene? \_\_\_\_\_

## 10) ¿En cuál barrio y localidad vive?

Barrio \_\_\_\_\_  
Localidad \_\_\_\_\_

## 11) ¿Cuántas personas viven en su hogar? \_\_\_\_\_

12) ¿En su hogar, alguien tiene un carro? Si \_\_\_\_\_ o No  
Si su respuesta es si, ¿cuántos carros hay en total en el hogar? \_\_\_\_\_

**Opcional:** si quiere más información o si estaría dispuesto a participar en una entrevista para complementar la investigación, por favor escriba su nombre, apellido y correo o número de teléfono.

Nombre: \_\_\_\_\_  
Correo: \_\_\_\_\_ y/o  
Teléfono: \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su participación.  
Annelise Grube-Cavers  
Investigadora invitada de la Universidad de Concordia en  
Montreal, Quebec, Canadá  
Facultad de Ingeniería Geográfica y Ambiental  
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales



# TRAUMATIC CONSTRICTIVE PERICARDITIS IN A HORSE

## PERICARDITIS CONSTRICTIVA POR TRAUMA EXTERNO EN UN EQUINO

Teresa Oviedo S.<sup>1</sup>, Misael Oviedo P.<sup>2</sup>, José R. Martínez A.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>MV, M.Sc., cPhD. Profesora Departamento de Ciencias Pecuarias, Carrera 6, No. 76-103, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. tere\_oviedo@yahoo.com <sup>2</sup>MV, M.Sc., cPhD. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Av. Antônio Carlos 6627, Pampulha, Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. m\_oviedo2000@yahoo.com <sup>3</sup>MVZ, M.Sc., PhD. Profesor Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Grupo de investigación Centauro. Carrera 75, No. 65-87, Ciudadela Robledo, Medellín, Colombia. \* jrmonmvz@yahoo.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(1): 293-297, Enero-Junio, 2014

### INTRODUCTION

Pericarditis is an inflammatory condition of the outer layer of the heart, the pericardium. It has been related to different etiologies, including bacterial and viral infections (May *et al.* 2002; Perkins *et al.* 2004; Bolin *et al.* 2005), traumas (Bertone & Dill, 1985), neoplasias (Stoica *et al.* 2004) and secondary to inflammatory processes in adjacent organs or septicemia (Benson & Sweeney, 1984; Jesty & Reef, 2006). Idiopathic or immunological causes are also described, such as eosinophilic and inflammatory sterile effusions (Worth & Reef, 1998; Bonagura & Reef, 2005). Likewise, outbreaks of seasonal pericarditis have been described in horses related to migrating worms (*Malacosoma americanum*) in some regions of the USA, although the causes have not been clarified (Seahorn *et al.* 2003; Jones *et al.* 2007; Sebastian *et al.* 2008).

Traumatic pericarditis is more frequently presented in bovines and originates from the penetration of metallic sharp objects through the reticular wall, diaphragm, pericardium and, sometimes, the myocardium (Radostis *et al.* 2007). Pericarditis is an uncommon pathology in horses (Rooney & Robertson, 1996), in particular the traumatic one. This report describes the occurrence of pericarditis caused by a perforating thoracic trauma, and diagnosed on the necropsy.

#### Patient examination

##### Anamnesis and clinical findings:

A necropsy service was required for a two year old mixed-breed female horse. The animal had suffered a perforation in the thoracic area with a wood splinter when it jumped over a fence 1.5 months earlier. At the time, the horse caretaker had sutured and treated the wound topically; the animal also

received antibiotics (22,000IU/kg/im/bid procaine penicillin) and an anti-inflammatory (phenylbutazone 4.4mg/kg/iv/sid) for one week. According to the caregiver the animal exhibited anorexia, intense dyspnea, reluctance to movement and abdominal strain for days prior to its death.

##### Necropsy findings

The most important injuries found in the necropsy were the presence of a scar on the ventral thoracic wall (Figure 1A), and the presence of yellowish areas indicating fibrin in the subcutaneous tissue of the thorax. Also, severe pulmonary and pleural congestion were found, as well as the presence of serosanguineous fluid in the thoracic cavity (hydrothorax) (Figure 1B); besides a hypertrophied heart, the pericardial sac was notably thickened and adhered to the epicardium. On the epicardial surface of the heart, a thick fibrin layer was noticed (Figure 1C). The abdominal cavity presented an abundant quantity of yellowish fluid (ascites) (Figure 1D) and the liver was congested and enlarged.

### DISCUSSION

It is always difficult to determine the cause of a pericardial inflammation based on the macroscopic examination of an injury. For this reason, a morphologic classification is commonly used (Mexie & Robinson, 2007). Although, a traumatic pericarditis is a relatively common event in bovines (Radostis *et al.* 2007), different species can be also affected (Kolm *et al.* 2001; Torke *et al.* 2011), but in horses there are few cases of the traumatic pericarditis. One dates from 1985 (Bertone & Dill, 1985), related to the ingestion of a metallic foreign body that moved from the stomach producing a restrictive pericarditis, described as a case of gastro pericarditis.

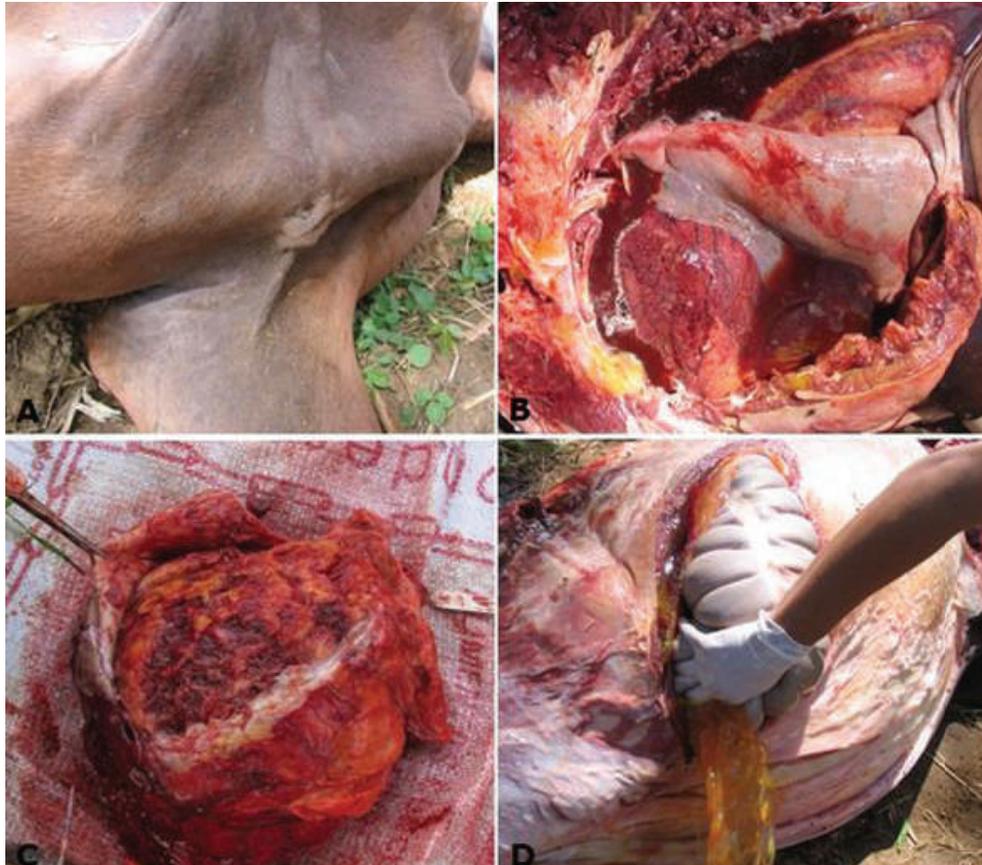


Figure 1 - Lesions observed during necropsy. Scar on the ventral thorax between fifth and sixth costochondral junction (A), presence of bloody fluid in the thoracic cavity and cardiac hypertrophy (B), thickened pericardium epicardium and epicardial surface with presence of fibrin (C), ascites (D).

Even though there was no ingestion of any foreign body, it is valid to consider this case like being of a traumatic origin, since it is directly related to the perforation in the thorax of the animal while jumping over a wood fence. However, cytological and microbiological studies of the fluids found in this case were not made to further diagnose the infectious pathogens.

In the horse anatomy, the ventral area of the fibrous pericardium is attached to the sternum by the sternopericardial ligament, from its fifth costochondral junction to the xiphoid process (Schaller, 1999; Barone, 1993) (Figure 2). Evaluating the scar on the ventral thoracic wall of the animal, it was obvious that the injury reached a point between the fifth and the sixth costochondral junction. Considering the close anatomical relation that this region has with the pericardium, it is likely that the trauma initiated the inflammatory process.

Sojka *et al.* (1990) reported one case with similar pathogeny of septic pericarditis in a cow in which the cause was related to the penetration of a wire through the skin and the sternum,

finally reaching the pericardium. Davis *et al.* (2002), in a retrospective study, described pleural and pericardial effusion in a horse as a result of a trauma on the left side of the thorax, despite the intensity of the trauma was not specified. This proves the sensitivity of this area because of the proximity of the cardiac silhouette to the thoracic wall.

The sternal bone marrow aspiration technique is considered an innocuous procedure. However, Jacobs *et al.* (1983) related the death of a horse after an sternal bone marrow aspiration, and in the necropsy it was found that the cause of the death was the restriction of diastolic filling (cardiac plugging) resulting from a small laceration on the left ventricle during a biopsy. Similarly, Durando *et al.* (2006) described a case of non-lethal pneumopericardium during a sternal bone marrow aspiration in a horse. Though those cases are rare, they probably resulted from a wrong assessment of the topographical anatomy of the aspiration area, therefore making mistakes when determining the right place and depth of needle insertion (Kasashima *et al.* 2011).

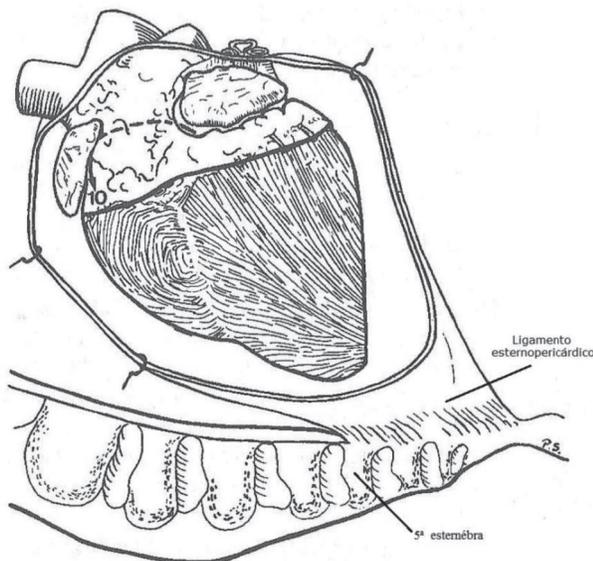


Figure 2. Anatomical relationship of the fibrous pericardium to the sternum from the fifth costochondral junction (Modified from Schaller, 1999).

The anatomopathological findings suggest a case of constrictive pericarditis, characterized by extensive fibrosis and thickening of the pericardial sac as a sequel of inflammatory processes or presence of fibrin between the visceral and the parietal pericardium layers (Worth & Reef, 1998). The piercing trauma possibly reached the pericardium and caused substantial injuries to the adjacent structures. Constrictive pericarditis can decrease the ventricular filling and the diastolic function, compromising the cardiac function and causing a congestive cardiac failure (Bonagura & Reef, 2005).

Davis *et al.* (2002) have studied cases of congestive cardiac failure in horses and they have found that this condition can be associated, among other causes, to pericarditis. In addition, they concluded that this is a rare condition in horses and the prognosis is serious in the long term. These statements are compatible with the case related in this article, in which some injuries took place as a consequence of a pronounced left and right sided cardiac failure, such as hypertrophy, congestion in diverse organs, hydrothorax and ascites, as well as the death of the animal, for cause of the congestive cardiac failure.

Finally, in the dynamic of the evolution of the clinical symptoms, the initial presence of infecting microorganisms from the penetration in the wound must not be ruled out. After this, it took place the beginning of an inflammatory process and the subsequent origin of pericardial effusion and fibrinous pericarditis that caused cardiac plugging and constriction, leading to an eventual congestive cardiac failure, once all the initial compensatory mechanisms were

exhausted (Reef & McGuirk, 2009). Unfortunately, it was not possible to correlate all the clinical signs since the very specific moment of the accident, owing to the way this case developed.

## CONCLUSION

Traumatic pericarditis is an uncommon condition in horses. However, it must be seriously considered when there are any injuries involving the thoracic wall close to the sternum, because of its anatomical proximity with the sternopericardial ligament. Any injury in this region of the horse body can lead to a complete cardiac failure, as seen in this particular case. It is recommended that equine practitioners perform ultrasonographic evaluation in patients with chest injuries of this nature.

**Acknowledgements:** To Dr. Germán Bohórquez Mahecha, Professor of Domestic Animal Anatomy, UFMG – ICB, for advising in anatomical concerns. University of Cordoba and University of Antioquia, Colombia. **Conflicts of interest:** The manuscript was prepared and revised by all authors, who declare the absence of any conflict, which could put the validity of the present results in risk.

## BIBLIOGRAPHY

1. BARONE, R. 1993. Pericardio In: Bortolami, Callegari, E (EDS). Anatomia Comparata dei Mammiferi Domestici, Vol 5. Angiologia, Edagricole. (Bologna). p.69-96.

2. BENSON, C.E.; SWEENEY, C.R. 1984. Isolation of *Streptococcus pneumoniae* type 3 from equine species. J. Clin. Microbiol. (USA). 20:1028-1030.
3. BERTONE, J.J.; DILL, S.G. 1985. Traumatic gastro-pericarditis in a horse. J. Am. Vet. Med. Assoc. (USA). 187:742-743.
4. BOLIN, D.C.; DONAHUE, J.M.; VICKERS, M.L.; HARRISON, L.; SELLS, S.; GILES, R.C.; HONG, C.B.; POONACHA, K.B.; ROBERTS, J. SEBASTIAN, M.M.; SWERCZEK, T.W.; TRAMONTIN, R.; WILLIAMS, N.M. 2005. Microbiologic and pathologic findings in an epidemic of equine pericarditis. J. Vet. Diagn. Invest. (USA). 17:38-44.
5. BONAGURA, J.D.; REEF, V.B. 2005. Alteraciones del aparato cardiovascular In: Reed S.M.; Bayly W.M.; Sellon, D.C. (eds) Medicina Interna Equina. 2da. ed. Loius Missouri: Saunders. (Missouri). p.393-506.
6. DAVIS, J.L.; GARDNER, S.Y.; SCHWABENTON, B.; BREU. HAUS, B.A. 2002. Congestive heart failure in horses: 14 cases (1984-2001). J. Am. Vet. Med. Assoc. 220:1512-1515.
7. DURANDO, M.M.; ZARUCCO, L.; SCHAER, T.P.; ROSS, M.; REEF, V.B. 2006. Pneumopericardium in a horse secondary to sterna bone marrow aspiration. Equine Vet. Educ. (USA). 18:75-79.
8. JACOBS, R.M.; KOCIBA, G.J.; RUOFF, W.W. 1983. Monoclonal gammopathy in a horse with defective hemostasis. Vet. Pathol. (USA). 20:643-647.
9. JESTY, S.A.; REEF, V.B. 2006. Septicemia and cardiovascular infections in horses. Vet. Clin. North Am. Equine Pract. (USA). 22:481-495.
10. JONES, S.L.; VALENSIZI, A.; SONTAKKE, S.; SPRAYBERRY, K.A.; MAGGI, R.; HEGARTY, B.; BREITSCHWERDT, E. 2007. Use of an insect cell culture growth medium to isolate bacteria from horses with effusive, fibrinous pericarditis: a preliminary study. Vet. Microbiol. (USA). 121:177-181.
11. KASASHIMA, Y.; UENO, T.; TOMITA, A.; GOODSHIP, A.E.; SMITH, R.K. 2011. Optimisation of bone marrow aspiration from the equine sternum for the safe recovery of mesenchymal stem cells. Equine Vet. J. (USA). 43:288-294.
12. KOLM, U.S.; KOSZTOLICH, A.; HOEGLER, S.; KNEISSL, S. 2001. Canine Traumatic Pericarditis by an Esophageal Foreign Body. J. Vet. Cardiology (USA). 3:17-21.
13. MAY, K.A.; CHERAMIE, H.S.; HOWARD, R.D.; DUESTERDIECK, K.; MOLL, H.D.; PLEASANT, R.S.; PILE, RL. 2002. Purulent pericarditis as a sequela to clostridial myositis in a horse. Equine Vet. J. 34:636-640.
14. MEXIE, M.G.; ROBINSON, W.F. 2007. Cardiovascular system. In: MAXIE M.G. (Ed.), JUBB, KENNEDY AND PALMER'S Pathology of Domestic Animals. Vol.3. 5th ed. Elsevier. (Philadelphia). p.22-23.
15. PERKINS, S.L.; MAGDESIAN, K.G.; THOMAS, W.P.; SPIER, S.J. 2004. Pericarditis and pleuritis caused by *Corinebacterium pseudotuberculosis* in a horse. J. Am. Vet. Med. Assoc. 224:1133-1138.
16. RADOSTIS, O.M.; GAY, C.C.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P.D. 2007. Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. 10<sup>th</sup> ed. London: W.B Saunders (London). p.430-431.
17. REEF, V.B.; MCGUIRK, S.M. 2009. Disease of the cardiovascular system. In: BP. Editors. Large Animal Internal Medicine. Fourth Edition. Louis Missouri, Mosby- Elsevier (Missouri). p.453-486.
18. ROONEY, J.R.; ROBERTSON, J.L. 1996. Equine Pathology, 1a edição. Iowa State University Press. (Iowa). p. 11.
19. SCHALLER, O. 1999. Nomenclatura Anatômica Veterinária Ilustrada, Editora Manole Ltda. São Paulo, 1ª ed. Bras. (São Paulo). p.235-235.
20. SEAHORN, J.L.; SLOVIS, N.M.; REIMER, J.M.; CAREY, V.J.; DONAHUE, J.G.; COHEN, N.D. 2003. Case-control study of factors associated with fibrinous pericarditis among horses in central Kentucky during spring 2001. J. Am. Vet. Med. Assoc. 223:832-838.
21. SEBASTIAN, M.M.; BERNARD, W.V.; RIDDLE, T.W.; LATIMER, C.R.; FITZGERALD, T.D.; HARRISON, L.R. 2008. Mare Reproductive Loss Syndrome. Vet. Pathol. 45:710-722.
22. SOJKA, J.E.; WHITE, M.R.; WIDMER, W.R.; ALSTINE, W.G. 1990. An unusual case of traumatic pericarditis in a cow. J. Vet. Diagn. Invest. 2:139-142.

23. STOICA, G.; COHEN, N.; MENDES, O.; KIM, H.T. 2004. Use of immunohistochemical marker calretinin in the diagnosis of a diffuse malignant metastatic mesothelioma in an equine. *J. Vet. Diagn. Invest.* 16:240-243. report of 4 cases in a herd. *Slov. Vet. Res (Slovenian)*. 48:45-50.
24. TORKI, E.; MOKHBER, DEZFOLI, M.R.; SASANI, F.; BAGHBAN, F.; SHAHABI, M.; MOTAGHINEJAD, M. 2011. Traumatic reticulo-pericarditis (trp) in sheep: a 25. WORTH, L.T.; REEF, V.B. 1998. Pericarditis in horses: 18 cases (1986-1995). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 212:248-253.
- Recibido: Octubre 3 de 2013  
Aceptado: Diciembre 2 de 2013

Como citar:

Oviedo S., T.; Oviedo P., M.; Martínez A., J.R. 2014. Traumatic constrictive pericarditis in a horse. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 17(1): 293-297.

