



PORTADA

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



Actualidad Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas

Dirección Revista

Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad del Cauca
Calle 5 No.4-70 Popayán, Colombia
Teléfono (928) 245976
e_mail: biotecnofaca@unicauca.edu.co
pagina web:
<http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/>

Revista Biotecnología

Revista Biotecnología

Revista Bsaa

Revista Biotecnología en el Sector
Agropecuaria y Agroindustrial
publica un volumen cada año
con dos ediciones:
Primera: Enero - Junio
Segunda: Julio - Diciembre

Suscripción a la revista e intercambio
de revista comunicarse
e_mail: biotecnologia@unicauca.edu.co
biotecnofaca2009@gmail.com
Inscribir a la pagina
<http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/>

- VRI - Vicerrectoría de Investigaciones
Universidad del Cauca

Biología en el Sector Agropecuaria y Agroindustrial Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad del Cauca

ISSN - 1692-3561
Versión Impresa



ISSN - 1909-9959
Versión Electrónica

Universidad
del Cauca

Vol 15 No. 2 Julio - Diciembre 2017

Héctor Samuel Villada - Ph.D.

Editor de la Revista

COMITÉ EDITORIAL

Héctor Samuel Villada - Ph. D.
Universidad del Cauca
Departamento de Agroindustria

Jhon Wilder Zartha S. - M. Sc.
Univerisdad pontificia bolivariana (UPB)

Silvio Andres Mosquera M. Sc.
Universidad del Cauca
Departamento de Agroindustria

Michael Peters – Ph.D.
Universidad de Giessen – CIAT

Sandra Morales Velasco M.Sc.
Universidad del Cauca
Departamento de Ciencias Agropecuarias

Ángel Pérez – Ph. D.
Universidad de Holguín de Cuba

Consuelo Montes M. Sc.
Universidad del Cauca
Departamento de Ciencias Agropecuarias

José Ángel Gómez Ruiz – Ph.D
Universidad Autónoma de Madrid,España

Diana Paola Navia, M. Sc.
Universidad San Buenaventura
Cali, Colombia

Diofanor Acevedo Correa. Ph. D.
Universidad de Cartagena
Departamento de Química

Jaime Ricardo Rosero Noguera - Ph.D.
Universidad Nacional – Sede Medellín

Henry Armando Jurado Gámez-Ph.D.
Universidad de Nariño

COMITÉ CIENTÍFICO

Nelson Vivas Quila – Ph. D.
Universidad del Cauca
Departamento de Ciencias Agropecuarias

Vijaya Raghavan - Ph. D.
Universidad de McGill de Canadá

Misael Cortés Rodríguez - Ph. D.
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Byong Lee - Ph. D.
Universidad de McGill de Canadá

Alfredo Ayala Aponte Ph. D.
Universidad del Valle
Escuela de Ingeniería de Alimentos

Francisco J. Moreno Andújar - Ph.D.
Instituto de fermentaciones industriales Madrid, España

Xuebing Xu - Ph. D. Biocentrum.
Instituto de Biotecnología de Dinamarca

María del Mar Villamiel G. Ph.D.
Universidad Complutense de Madrid

Asistente Editorial
Willian Enrique Sotelo O.

Diseño y Diagramación
Santiago Burbano M.

IMPRESO
SAMAVA EDICIONES
Calle 1 No.2-99 - Popayán - Colombia

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Rector

JOSÉ LUIS DIAGO FRANCO

Vicerrector Académico

LUIS GUILLERMO JARAMILLO ECHEVERRI

Vicerrectora Administrativa

CIELO PÉREZ SOLANO

Vicerrector de Investigaciones

HÉCTOR SAMUEL VILLADA CASTILLO

Vicerrector de Cultura y Bienestar

DEIBAR RENÉ HURTADO HERRERA

Secretaria General

LAURA ISMENIA CASTELLANOS VIVAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Decano

LUIS ALFREDO LONDOÑO VÉLEZ

Secretaria General

TANIA MARITZA PABÓN GÓMEZ

Jefe Departamento Agroindustria

JESUS EDUARDO BRAVO GÓMEZ

Jefe Departamento Ciencias Agropecuarias

ROMÁN STECHAUNER

Coordinador Programa Ingeniería Forestal

JOSÉ FRANCO ALVIS GORDO

Coordinador Programa de Ingeniería Agroindustrial

DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ

Coordinador Programa de Ingeniería Agropecuaria

HUGO HERNÁN ERAZO GÓMEZ

Coordinador Programa de Tecnología Agroindustrial

RAQUEL EUGENIA DE LA CRUZ NOGUERA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
REVISTA DE BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL
NORMAS DE PUBLICACIÓN

La Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial es una publicación arbitrada perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, acepta trabajos originales producto de investigación en el campo de la ciencia, la ingeniería y la tecnología que tengan un impacto en el sector agrario regional, nacional e internacional. La revista acepta trabajos en: Agroindustria alimentaria y no alimentaria, Ciencias agrícolas y pecuarias, Ciencias Forestales, Energía y Medio Ambiente, Computación Aplicada, Biotecnología, Equipos y Procesos, Administración Industrial, en idiomas español, inglés, y portugués.

Políticas editoriales

Compromiso de tipo formal. Con el envío del trabajo a ser considerado para publicación, los autores aceptan la totalidad de las condiciones estipuladas en las normas.

Compromiso de tipo ético. Con el envío del trabajo, los autores deben establecer un compromiso de tipo ético en cuanto a la originalidad del trabajo sometido a evaluación. En la carta de presentación se debe aceptar este compromiso: *“El autor(es) firmante(s) declara que el artículo presenta resultados originales de una investigación, que no han sido publicados ni están siendo considerados para publicación en otra revista, ajustándose además a las normas éticas internacionales de propiedad intelectual y autoría”*. En la carta se deben incluir los datos personales de cada uno de los autores: nacionalidad, escolaridad, correo electrónico, teléfonos para su ubicación o dirección postal y filiación institucional, o en su defecto, la dirección Web donde pueden ser consultados.

Derechos de Autor. Con el envío de los trabajos, los autores(as) conceden “Derechos de Autor” a la revista, por lo que los trabajos no pueden tener derechos otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. La concesión de Derechos de Autor significa la autorización para que la revista pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica- tecnológica. En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as).

Tipos de artículos

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

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

Artículos de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales. Debe presentar una revisión bibliográfica de por lo menos 30 referencias.

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

Artículo corto. Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión. La extensión máxima es de 5 páginas.

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

Editorial. Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista, sobre aportes a los investigadores en cuestiones de presentación y estructura de sus artículos, sobre reflexiones sobre la presentación de documentos escritos, su normatividad, su importancia y otros.

Forma y preparación de manuscritos

Todo documento remitido a **BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL** debe cumplir con:

Originalidad: el aporte debe ser totalmente inédito, no publicado en ninguna otra publicación, excepto casos justificados.

Consistencia metodológica: en donde se haga evidente el uso de métodos y técnicas de investigación válidos.

Significación del asunto tal que informe o ilustre situaciones relevantes en el sector Agropecuario y Agroindustrial.

Impacto para un amplio sector de la academia, la investigación y estudiantes.

Avance del campo: en el cual sea claro y evidente el aporte a consideraciones y prácticas de mejora en el campo de investigación Agropecuario y Agroindustrial.

Consideraciones éticas.

Estilo de redacción claro, conciso y ordenado, evitando jergas personales y expresiones locales.

La estructura de los artículos debe ser:

Los **artículos de investigación científica**, de **reporte de caso y cortos**, deben cumplir con la siguiente estructura: la **INTRODUCCIÓN** debe resaltar la importancia de la investigación, presentar la literatura relacionada y entregar antecedentes necesarios para comprender la hipótesis de los autores, terminando con un párrafo que indique claramente los objetivos de la investigación. El **MÉTODO** debe tener suficiente información que permita a otro investigador replicar el ensayo y lograr los mismos resultados, así como la inclusión del diseño experimental, el análisis estadístico y las referencias de los métodos ya publicados. Los **RESULTADOS** se deben presentar en forma clara, apoyados con cuadros y figuras, con el análisis estadístico y los antecedentes de otros investigadores. Las **CONCLUSIONES** deben redactarse de acuerdo con los objetivos de la investigación explicando claramente los principales resultados de la investigación. Las **REFERENCIAS** deben contener todos los documentos consultados.

Los **artículos de reflexión** deben mostrar: a) intención analítica; b) propósito interpretativo; c) posición crítica. La estructura: **RESUMEN, INTRODUCCIÓN, DESARROLLO DEL TEMA, CONCLUSIONES Y REFERENCIAS**.

Los **artículos de revisión** deben tener: **RESUMEN, INTRODUCCIÓN, DESARROLLO DEL TEMA, CONCLUSIONES Y REFERENCIAS**.

Los elementos normativos a seguir en todos los artículos son:

Extensión y formato. La extensión debe ser de mínimo cinco (5) y máximo de once (11) páginas tamaño carta (21,59 cm de ancho y 27,94 cm de alto), escritas con interlineado sencillo y su contenido a doble columna (7,5 cm de ancho de columna) a partir de la introducción, escrito en Arial recta (excepto los nombres científicos) de 11 puntos, márgenes de 3 cm en el borde superior, 2 cm en el inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales.

Título del artículo. Debe hacer referencia al contenido de una forma clara y concisa, escrito en Arial recta (excepto los nombres científicos) 11 puntos, mayúscula, negrilla y centrado; no debe exceder 15 palabras: si ello no es posible, deberá incluir un subtítulo luego de dos puntos; inmediatamente después deben ir las traducciones del idioma original.

Información del autor (es). Debajo del título a dos interlíneas, centrada, en mayúscula e incluir primer y segundo nombre si lo tiene, primer y segundo apellido separados por un guión medio. Los autores se nombran de acuerdo con la importancia de su contribución en la investigación o en la preparación del artículo, separados entre sí por comas y enumerados con superíndice. En nota de pie de página (Arial 8 puntos, justificada a ambos márgenes y en la parte inferior de la página) se indicará de cada autor: institución a la cual pertenece, dependencia, grupo de investigación, último título académico, ciudad y país, todos ellos separados por un punto. En otra línea, luego de la palabra **Correspondencia** (en negrilla) y dos puntos, debe aparecer el correo del autor elegido para el envío de correspondencia.

Resumen. Debe ser conciso, escrito en Español, Inglés (**ABSTRACT**) y Portugués (**RESUMO**), en un solo párrafo justificado sin exceder de 200 palabras. Incluirá la justificación, objetivos, metodología, resultados precisos y conclusiones de la investigación haciendo énfasis en los logros alcanzados, así como los límites de la validez y las implicaciones de los resultados. Los títulos deben justificarse al margen izquierdo, en mayúscula y negrilla, iniciando la escritura luego de dos interlíneas.

Palabras clave. Sirven para identificar el artículo en bases de datos internacionales de manera que un potencial usuario pueda llegar en forma efectiva al artículo. Van debajo del resumen, mínimo tres (3) y máximo cinco (5) palabras clave que no deben hacer parte del título del artículo, incluyendo en ellas los nombres científicos en cursiva. El título en mayúscula, negrilla, en Español (**PALABRAS CLAVE**), Inglés (**KEYWORDS**) y Portugués (**PALAVRAS-CHAVE**) seguido de dos puntos. La primera letra de cada palabra en mayúscula, separadas por coma y con punto al final.

Cuadros y figuras. Deberán aparecer dentro del texto y procesarse en el formato original con buen contraste para evitar policromías y facilitar la diagramación, en blanco y negro, escala de grises o tono maté. El título va en la parte superior y no debe superar dos líneas, en Arial recta normal 9, separado por una interlínea y con punto final; debe incluir la palabra Cuadro o Figura seguido del número arábigo consecutivo (en negrilla), un punto y una breve descripción (Ej: **Cuadro 1.** Título descriptivo). Se deben usar líneas horizontales y verticales para separar las entradas del cuadro y cada columna debe tener encabezado (en negrilla, con mayúscula inicial). El tamaño de fuente al interior de un cuadro es arial 9 puntos normal y, en el caso de necesitarse algún pie de cuadro/figura o fuente de consulta, debe estar escrito en Arial 8 puntos normal.

Títulos. Los de segundo nivel se escriben con mayúscula inicial, Arial recta 11 puntos, negrilla y sin punto final, separados del texto por dos interlíneas. Los títulos de tercer nivel se escriben con mayúscula inicial en arial recta 11 puntos y un punto, continuando el texto en el mismo renglón luego de un espacio.

Formulas, expresiones matemáticas y números. Las fórmulas y expresiones matemáticas deben ser escritas dejando dos espacios sobre, debajo y entre cada una de ellas y se debe utilizar el editor de ecuaciones de MS Word. Deben seguir un formato uniforme, justificarse al margen izquierdo y usar la expresión (Ec.1) con números arábigos consecutivos justificada al margen derecho, citándolas en el sitio oportuno. Las ecuaciones de deben insertar en un cuadro de dos columnas (sin bordes) para ajustar su forma más fácilmente. El significado de las variables y sus respectivas unidades deben aparecer luego de que se utilicen por primera vez, para lo cual se sugiere seguir el Sistema Internacional de Unidades (SI). Las cifras decimales se separan con coma.

Conclusiones. Se describen de forma clara y precisa las principales conclusiones del estudio presentado, derivado del análisis de los resultados.

Agradecimientos. Si el autor(es) lo desea (n), se podrá incluir una sección de Agradecimientos, redactada en forma sobria, de no más de 4 líneas, justo después de las Conclusiones.

Referencias. Evitar referencias innecesarias, tesis, informes locales y de poco alcance, y trabajos de congresos (denominada literatura gris), a menos que sea necesario; se debe dar preferencia a publicaciones recientes de los últimos tres años (mínimo el 70%), en revistas científicas de corriente principal que puedan respaldar lo escrito.

Deben citarse en el documento según el orden de aparición y encerradas entre corchetes [1,2], notación que se mantendrá en la sección de referencias. Se debe citas autor y año entre paréntesis redondos, por ejemplo: Villegas (2011) si es un autor, Villegas y Troncoso (2012) sin son dos autores y Villegas *et al.*, (2014) cuando existan más de dos autores. En el listado de referencias se mencionan todos los autores del documento de acuerdo con el formato indicado. Si en el texto se mencionan más de dos referencias al tiempo, se citan como (Ruano *et al.*, 2012; Prado, 2013; Zapata y Torres, 2014). Si los mismos autores tienen más de una referencia en el mismo año, se citan con el nombre del o los autores y con el año seguido de letras en orden correlativo: Prado *et al.* (2004a, 2004b).

En la sección de referencias, se enumeran cronológicamente y se detalla la información de cada una de ellas en el siguiente orden:

Autor (es). Apellido en mayúscula, luego la (s) inicial (es) del nombre (s) seguida (s) de un punto. Se deben citar todos los autores de la referencia separados entre sí por coma, excepto entre los últimos que incluye la conjunción en el idioma original (y, and, e).

VIDAL-CASAS, F.A.

VIDAL, F.A. y YAYA, A.

VIDAL, F.A., YAYA, A. and SOTO, E.

Título. Luego de dos espacios, la primera letra se escribe con mayúscula, así como los nombres propios, de instituciones o en los casos que el idioma lo establezca. Los nombres científicos en cursiva.

Subtítulo. Luego de dos puntos y un espacio.

Nombre de la publicación. Luego de punto y un espacio se indica el nombre completo de la publicación, seguido de coma.

Edición. Luego de un espacio se escribe con números arábigos seguido de la abreviatura ed. para el caso de libros. En el caso de revistas se escribe el volumen seguido del número entre paréntesis, ejemplo 4(5).

Pie de imprenta. Luego de dos espacios siguen el lugar de la publicación (seguido de dos puntos): nombre del editor o de la imprenta sino existe el editor (seguido de coma), año de publicación (seguido de coma) y en números arábigos incluir el número total de páginas (89 p.) o las páginas consultadas (p. 34-35).

Serie o colección. Cuando el documento forma parte de una serie o colección la mención se coloca entre paréntesis, separada del título por un punto y dos espacios así: número del libro, folleto o informe

dentro de la serie, en números arábigos precedido por la abreviatura no., escrita con minúsculas y separada del título por un espacio, punto y coma (;) y un espacio.

Artículo de revista

SMITH, J.S., SORIA, R. and WEBBER, A. Chaos in a model of forced quasi-geostrophic flow over topography: an application of Melnikov's method. *Food Control*, 2 (3), 1991, p. 511-547.

Libro

BILLAS, G.L. y GOSPS, J. Física cuántica. 4 ed. Madrid (España): Acribia, 1990, 450 p.

Capítulo de libro

LEWIS, P. and STEVENS, J.G. En: Time Series Prediction. Modeling time series by using Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). 1 ed. Madrid (España): Iberoamericana, 1994, p. 297-318.

Memoria de evento

ÁLZATE, N., BOTERO, T. y CORREA, D. El arte de la escritura de artículos. Memorias XIX Congreso Latinoamericano de Ponencias Científicas. Córdoba (Argentina): Tomo II, 2000, p. 219-228.

Normas técnicas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (AOAC). ASTM D1434-82: Standard test method for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting. Pennsylvania (USA): 2009, 13 p.

Reporte de un organismo o Gobierno

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. La situación de la provisión de alimentos en un mundo moderno. Bogotá (Colombia): 1997, 57 p.

Tesis

JACOBS J. Regulación of life history strategies within individuals in predictable and unpredictable environments [Ph.D. Thesis Social Communication]. Seattle (United States): University of Washington, Faculty of Humanities, 1996, 345 p.

Patentes

MOREIRA, G. e. MATOS, T. Embalagem biodegradável de amido de inhame. US 6.444.567, Clases 343, 356. Sao Paulo (Brasil): 2001.

Artículo revista electrónica

JUAREZ, T.R. Mejoramiento de las condiciones operación en plantas industriales [online]. *Revista Agrip*, ISSN: 0655-6782, 37(3), 2003. Disponible: <http://www.ciencia.mx/aceites.htm>. [citado 5 de Mayo de 2004].

Monografías electrónicas

MACIAS, J.C., SANTOS, J.M. and WILD, E. Handbook of Nanomaterials [online]. 1996. Disponible: <http://nano.hb/handbook/kewat.com/> [citado 4 de abril de 2004].

Otras referencia electrónicas

NOAA-CIRES. Climate Diagnostics Center. Advancing Understanding and Predictions of Climate Variability [online]. 2010. Disponible: <http://www.cdc.noaa.gov> [citado 8 de Agosto de 1998].

ASHWELL, M. ILSI Europe Concise Series. Concepts of functional foods [online]. 2002. Disponible:http://www.ilsi.org/Europe/Publications/C2002Con_Food.pdf. [citado 13 mayo de 2009].

Publicación artículos

Costo de publicación. Cada artículo publicado tiene un costo de \$ 150.000: el comprobante del pago debe ser enviado por correo electrónico (biotecnofaca@unicauca.edu.co o biotecnofaca2009@gmail.com.) una vez el artículo sea aprobado para publicación, como requisito para proceder a realizar el proceso indicado. Cuenta de ahorros del Banco Popular No. 290-72027-5 o Cuenta de Ahorros del Banco de Bogotá No.520-36672-5.

Proceso de Evaluación y Edición. El proceso de aceptación y evaluación de los trabajos enviados inicia con la revisión por parte del Comité Editorial que se reserva el derecho de rechazar un artículo (que no cumpla las normas de publicación, citas y referencias adecuadas y pertinentes) o sugerir modificaciones con el objeto de lograr una mejor presentación e impacto en cuanto a título, resumen, palabras claves, figuras, cuadros y referencias. Si es aceptado el artículo, proseguirá con el proceso de asignación de árbitros quienes emitirán sus conceptos y sugerirán las correcciones al documento que nuevamente se remite con todas las consideraciones. La revista se reserva el derecho de no responder cuando no se cumplan las Normas establecidas para el envío de los trabajos.

No se permitirá la evaluación simultánea de mas de dos artículos por cada autor proponente.

Envío de manuscritos. El texto completo de los trabajos, incluyendo figuras y cuadros debe enviarse en formato Word a: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias sede Las Guacas, Popayán, Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Ph.D. Héctor Samuel Villada Castillo, por correo electrónico. Los autores deben enviar la Carta de Presentación (ver formatos) firmada, que incluye un compromiso ético relacionado con la autoría cuando por algún motivo esto sea imposible, basta con un correo electrónico del autor, en el que confirme su participación tanto en el artículo original como en el artículo corregido según las observaciones de los pares evaluadores.

Acuso de recibo. Al recibo de los trabajos se enviará un acuso de recibo por correo electrónico. Una vez aceptado el trabajo para publicación se comunicará a los autores y una vez publicado en nuestros sitios en Internet se enviará una versión física.

Evaluación. Los trabajos que cumplan con las normas serán evaluados por árbitros especializados quienes determinarán la calidad del artículo en cuanto a su atractivo científico y tecnológico, la rigurosidad

del tratamiento del tema, el ajuste a las normas de la revista y su contribución al desarrollo de la ciencia, la ingeniería y la tecnología.

Comunicación de los autores. Se mantendrá contacto permanente con el autor indicado para envío de correspondencia para intercambio de información. Se solicita a los autores dar un tiempo prudente para realizar en buena forma el proceso de evaluación que puede tomar entre 6 y 12 meses, dependiendo del cumplimiento de las normas y la agilidad de los árbitros.

Envío de la versión corregida. Los autores cuyos trabajos hayan sido aceptados deberán hacer las correcciones solicitadas por los evaluadores y por el Editor, cuando les fue aceptado el manuscrito original: si transcurren tres meses sin respuesta de los autores, el editor a discreción tratará el manuscrito como caducado y debe ser presentado nuevamente siguiendo el proceso indicado. Junto con la versión corregida, los autores deberán enviar una carta explicando los cambios realizados con máximo detalle posible, de manera de facilitar la revisión final y no retrasar la aceptación y publicación. Si algunas de las sugerencias o cambios pedidos por los evaluadores no son atendibles se deberá explicar los motivos en forma clara y detallada.

Suscripción

Instrucciones para Suscribirse a la Revista (2 ediciones por año):

1. Con el número de cédula, solicitar a la dirección de la revista la generación del recibo según el concepto deseado. A vuelta de correo, se remitirá el formato para la cancelación respectiva y posterior devolución escaneada por vía electrónica.
2. Consignar \$ 35.000 por la suscripción anual o \$ 20.000 por cada edición, en efectivo en la cuenta No. 520-366725 del Banco de Bogotá a nombre de la Universidad del Cauca.
3. Descargar Cupón de Suscripción

Contenido

- 11 **Artículos de Investigación Científica y Tecnológica**
- 11 **EVALUACIÓN in vivo DE *Lactobacillus plantarum* CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN *Cavia porcellus***
Henry Jurado-Gámez, Adriana Elisabeth Orbes-Villacorte, Laura Nathaly Mesias-Pantoja
- 22 **PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASOCIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpl EN LA VEGA, CAUCA**
Alejandra Potosi-Gutiérrez, Juan Carlos Villalba-Malaver, Lizeth Yurany Arboleda-Pino
- 30 **EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA**
Cristhian Emilio Tovar-Hernández, Edgar Alberto Perafán-Gil, Mario German Enríquez-Collazos, Yamid Pismag-Portilla, Lorena Ceron- Fernandez
- 39 **CAMBIOS EN PROPIEDADES MECÁNICAS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PITAHAYA AMARILLA**
Alfredo Adolfo Ayala-Aponte, Yuri Leiton-Ramirez, Lilibian Serna-Cock
- 49 **CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)**
Ana Cruz Morillo-Coronado, Mónica Andrea Castro-Roberto, Yacenia Morillo-Coronado
- 57 **EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**
Antonio Jose Chaguendo-Dorado, Sandra Morales-Velasco, Fabio Alonso Prado-Cerón
- 65 **CONOCIMIENTOS Y PRÁCTICAS SOCIALES ASOCIADAS A CISTICERCOSIS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA COLOMBIA**
Alejandro Hurtado Hernández, Diego Vergara Collazos
- 75 **LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE**
Tomás Antonio Madrid-Garcés, Jaime Eduardo Parra-Suescún, Albeiro López-Herrera
- 84 **UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS**
José Miguel Campo-Gaviria, Lenin Jamit Paz-Narvaez, Fredy Javier Lopez – Molina
- 93 **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA DE ZAPALLO (*Cucurbita moschata*)**
Juliana Carvajal-Tapia, Carlos Martínez-Mamian, Nelson Vivas-Quila.
- 101 **APORTE DE *Tithonia diversifolia* ENABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA**
Maayann Lisseth Moriones - Ruiz, Consuelo Montes - Rojas
- 112 **BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS**
Emilio Marguet, Marisol Vallejo, Gustavo Schulman, Cecilia Ibañez, Pablo Ledesma, Romina Parada
- 121 **CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN DE LAS UNIVERSIDADES: ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y MODELADO DE LAS DINÁMICAS DE LOS SISTEMAS DE INVESTIGACIÓN**
Carolina Delgado Hurtado, Oscar Rubiano Ovalle, Carlos Felipe Rengifo Rodas, Eduardo Rojas Pineda.

134 Artículos de Revisión

134 ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Natalia Marcela Fernández, Diana Carolina Echeverría, Silvio Andrés Mosquera, Sandra Patricia Paz

142 EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES

Esteban Palacio-Vásquez, John Heverth Hurtado-Ibarbo, Juan Diego Arroyave-Roa, Mauricio Cardona-Caicedo, Jader Martínez-Girón

Editorial

A pocos años de celebrar el bicentenario de la creación de la Universidad del Cauca, que desde sus inicios se proyectó como una institución con el compromiso de formar profesionales con los más altos niveles de calidad académica, integridad ética, pertinencia e idoneidad profesional, nuestra Alma Mater debe prepararse para asumir grandes desafíos en la transformación de una sociedad más justa y más humana, a través de la formación académica, la investigación y la interacción con el entorno.

Uno de los mayores retos que deberá afrontar la Universidad del Cauca en los próximos años, es lograr un verdadero cambio de un pasado y presente con un desarrollo minúsculo, comparado con otras regiones del país, con iguales o menores riquezas naturales y sociales, en comparación con los grandes valores naturales, étnicos, cosmogónicos, ideológicos, sociales, religiosos y socioeconómicos, con que cuenta el Departamento del Cauca. El desafío es mayor, si se tiene en cuenta que el Cauca es considerado como uno de las regiones del país claves para el fortalecimiento y consolidación de la paz para Colombia.

El Bicentenario de la creación de la institución deberá permitir contribuir, desde la academia, la investigación y la interacción social, al desarrollo armónico y ordenado de la región y del país, desde una perspectiva del trabajo académico e intelectual fructífero y las ideas de futuro que guiarán al país en los años que vienen. A esa construcción de futuro desde la investigación y la responsabilidad institucional, quiere aportar este número de la Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias, edición en la que se incluyen 12 manuscritos producto del trabajo y la investigación de profesores y estudiantes de la universidad y de otras instituciones de reconocida trayectoria a nivel nacional e internacional.

En la producción de alimentos naturales, nutritivos y con un alto contenido protéico, Tovar y colaboradores realizan la evaluación del efecto del proceso de extrusión de harina de Quinua normal y germinada, encontrando diferencias significativas en la composición de las harinas de la Quinua germinada debido al proceso de extrusión aplicada. Por su parte Cruz y colaboradores realizaron la caracterización de la diversidad genética de variedades de Quinua de distinta procedencia. Ayala, Leiton y Serna, evaluaron la influencia del tiempo de deshidratación osmótica, el nivel de presión y la concentración de sacarosa de la solución osmótica, sobre propiedades mecánicas de rodajas de Pitahaya, determinando cambios en las propiedades mecánicas durante la deshidratación osmótica, resultados que se consideran útiles para la calidad de los alimentos.

Como aporte al desarrollo de la industria avícola, Campo y colaboradores estudiaron los efectos de la inclusión de la cáscara de Chontaduro enriquecida con un hongo, en la alimentación de pollos de engorde, encontrando importantes beneficios económicos, sin afectar significativamente la producción avícola. En este mismo aspecto de la producción avícola, Carvajal, Martínez y Vivas realizaron un estudio para evaluar parámetros productivos y pigmentación en pollos, utilizando como alimento harina de zapallo, logrando resultados que muestran ganancia en peso y conversión alimentaria en la etapa inicial y una pigmentación de amarillo más intenso en la piel de los animales.

En el campo de los abonos orgánicos, Moriones y colaboradores evalúan el aporte de *Tithonia diversifolia* en el compostaje con productos de la finca y su efecto en la producción de acelga, determinando la mejora en la calidad del abono orgánico. Marguet, Vallejo, Schulman, Ibañez, Ledesma y Parada evalúan la factibilidad como sustrato de una mezcla de residuos de Merluza y harina de cebada fermentados, como sustrato para la producción de biosilo y la eficacia de *Lactococcus lactis* y *Lactococcus plantarum*, como inoculantes.

En el área de las ciencias forestales, Potosí y colaboradores realizaron un estudio en el Municipio de La Vega, Departamento del Cauca, para identificar los Productos Forestales No Maderables (PFNM), en bosques de Roble, con el fin de clasificarlos de acuerdo al uso otorgado por las comunidades. El estudio evidenció el gran potencial de estos productos, clasificando un total de 74 PFNM pertenecientes a 10 categorías de uso genérico, lo que resulta de suma importancia en el estudio de los productos no maderables.

Los estudios adelantados por Vergara relacionados con los conocimientos y prácticas sociales asociadas con la Cisticercosis en comunidades rurales del Municipio de Mercaderes en el Departamento del Cauca, mostró que a pesar del trabajo realizado por autoridades e instituciones de salud, por cerca de dos décadas, las representaciones y las prácticas sociales de la propia comunidad no han mostrado modificaciones o cambios significativos para afrontar este padecimiento, a pesar de ser una enfermedad parasitaria que afecta al ser humano.

Durante la cosecha, almacenamiento y distribución al consumidor final, los alimentos naturales como frutas y hortalizas pueden ser atacados por microorganismos patógenos que deterioran la calidad de los mismos, generando pérdidas a causa de las inadecuadas prácticas durante estos procesos; en este aspecto Fernández, Echeverría, Mosquera y Paz, adelantaron un estudio con el fin de mostrar la conveniencia en el uso de materiales naturales como polisacáridos, proteínas, lípidos y la mezcla de éstos compuestos, para ser aplicados como recubrimientos comestibles sobre frutas y hortalizas que permitan controlar el crecimiento de organismos patógenos, reduciendo de esta manera la aparición de agentes externos que ocasiona defectos en la maduración de los alimentos.

Los estudios realizados por Chaguendo, Morales y Prado para la evaluación de una práctica de agricultura urbana con botellas PET en el Municipio de Popayán, con el fin de determinar la mejor metodología utilizando las botellas como práctica de agricultura urbana. Los resultados de este trabajo mostraron un mejor producción utilizando la botella en sentido vertical, registrando mejores valores para vigor y peso fresco en las dos especies utilizadas, debido a la relación existente entre el tamaño del recipiente y el desarrollo radicular - biomasa aérea.

La revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial desea que esta edición sea del agrado e interés de nuestros ilustres lectores, permitiendo difundir a toda la comunidad los resultados de las investigaciones realizadas en el Cauca y otras regiones del país.

Ms.C JOSE FRANCO ALVIS GORDO
Profesor Titular
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad del Cauca
Grupo de investigación TULL

Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

EVALUACIÓN in vivo DE *Lactobacillus plantarum* CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN *Cavia porcellus*

EVALUATION in vivo of *Lactobacillus plantarum* WITH PROBIOTIC CHARACTERISTICS BY BLOOD CHEMISTRY, IMMUNOHISTO QUÍMICA AND ELECTRON MICROSCOPY IN *Cavia porcellus*

Lactobacillus plantarum AVALIAÇÃO in vivo COM CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS ATRAVÉS DA QUÍMICA SANGUE, IMUNOHISTOQUÍMICA E MICROSCOPIA ELETRÔNICA NO *Cavia porcellus*

HENRY JURADO-GÁMEZ¹, ADRIANA ELISABETH ORBES-VILLACORTE²,
LAURA NATHALY MESÍAS-PANTOJA²

Recibido para evaluación: 17 de agosto de 2016. **Aprobado para publicación:** 1 de Marzo de 2017.

- 1 Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación en Fisiología y Etología Animal - Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Producción Animal (FISE-PROBIOTEC). Ph.D en Ingeniería de Alimentos. Pasto, Colombia.
- 2 Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación en Fisiología y Etología Animal - Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Producción Animal (FISE-PROBIOTEC). Zootecnista. Pasto, Colombia.

Correspondencia: henryjugam@gmail.com

RESUMEN

Los problemas sanitarios principalmente la falta de una farmacología específica, afectan los parámetros productivos y la rentabilidad de las producciones de cuy (*Cavia porcellus*) en el departamento de Nariño. Razón por la cual, se plantean nuevas alternativas que promueven una producción más limpia mediante el uso de probióticos de bacterias ácido lácticas (BAL). Por lo tanto, se evaluó el efecto *in vivo* de la administración de *L. plantarum* en cuyes como alternativa al uso de antibióticos, en dos tipos de dieta comerciales. Se determinaron péptidos por HPLC en el sobrenadante, resistencia a pH básicos, análisis de los parámetros zootécnicos, pruebas de laboratorio (cuadro hemático, química sanguínea, parcial de orina y coprológico) antes y después de la administración a los animales seleccionados; además, se analizó la eficacia de su colonización mediante pruebas de histopatología, histoquímica, inmunohistoquímica y microscopía electrónica de barrido. La ganancia de peso (GPT) y la conversión alimenticia (CA) presentaron diferencias estadísticamente significativas entre dietas. También diferentes grados de severidad y tipo de lesiones en los tejidos intestinales. Se observaron bacterias adheridas a la vellosidad con la tinción de Gram y la microscopía electrónica de barrido. El Ácido peryódico de Schiff (PAS) fue positivo para todos los tratamientos y la inmunomarcación fue leve, moderada o fuerte dependiendo del segmento intestinal.

ABSTRACT

Health problems mainly the lack of a specific pharmacology, affect the production parameters and the profitability of productions guinea pig in the department of Nariño. Which is why, new alternatives that promote cleaner production through the use of probiotic lactic acid bacteria (LAB) are raised. Therefore, the *in vivo* effect of *L. plantarum* administration in guinea pigs of alternative to antibiotics in two different diets was assessed. peptides by HPLC was determined in the supernatant, resistance to basic pH, analysis of zootechnical parameters, laboratory tests (Table hematic, blood chemistry, partial urine and stool) before and after administration to the further selected animals was analyzed effectiveness by colonization tests histopathology, histochemistry, immunohistochemistry and scanning electron microscopy. GPT and CA statistically significant differences between diets. Also different degrees of severity and type of injury in the intestinal tissues adherent bacteria was observed hairiness with Gram staining and scanning electron microscopy. The PAS was positive for all treatments and immunostaining was mild, moderate or severe depending on the intestinal segment.

RESUMO

Problemas de saúde, principalmente, a falta de uma farmacologia específica, afetam os parâmetros de produção e a rentabilidade das produções de cuy no departamento de Nariño. É por isso, novas alternativas que promovam a produção mais limpa por meio do uso de bactérias lácticas probióticas (BAL) são levantadas. Portanto, foi avaliado o efeito *in vivo* da administração de *L. plantarum* em cobaias de alternativa aos antibióticos em duas dietas diferentes. péptidos por HPLC foi determinado no sobrenadante, foi analisada a resistência a pH básico, a análise de parâmetros

PALABRAS CLAVE:

Farmacológicos, Bacterias lácticas, *Lactobacillus plantarum*

KEYWORDS:

Pharmacological, Lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum*.

PALAVRAS-CHAVE:

Farmacológicos, Bacterias lácticas, *Lactobacillus plantarum*

zootécnicos, testes laboratoriais (Quadro hemático, química do sangue, urina e fezes parcial) antes e após a administração aos animais mais selecionados eficácia por meio de testes de colonização histopatológica, histoquímica, imuno-histoquímica e microscopia eletrônica de varredura. GPT e CA diferenças estatisticamente significativas entre as dietas. Também diferentes graus de gravidade e do tipo de lesão nos tecidos intestinais. bactéria aderente foi observada pilosidade com coloração de Gram e microscopia eletrônica de varredura. O PAS foi positivo para todos os tratamentos e imunocoloração era ligeira, moderada ou grave, dependendo do segmento intestinal.

INTRODUCCIÓN

Los probióticos son alternativas al uso de antimicrobianos, y se caracterizan por ser un producto natural y sin riesgo para la salud del consumidor [1]. Se ha observado que modulan la respuesta inmune a nivel de la mucosa intestinal y a nivel sistémico, corrigen la disbiosis intestinal y ejercen un efecto antimicrobiano en patógenos entéricos [2]. Los probióticos también han mejorado la producción de mucinas en las células epiteliales del intestino, que sirven como una barrera antibacteriana que impiden la unión de patógenos [3], soportan las condiciones gastrointestinales [4], y mejoran parámetros productivos [5].

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto *in vivo* de la administración de *L. plantarum* en cuyes en fase de levante.

MÉTODO

Localización

La investigación se realizó en el Laboratorio del Grupo de Investigación FISE – PROBIOTEC Universidad de Nariño y en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Caldas.

Microorganismo utilizado

Se usó la cepa *Lactobacillus plantarum* ATCC® 8014 [6].

Cultivo del inóculo de *L. plantarum*

Según la metodología de Crueger y Crueger [7], y se ajustó mediante Guerrero citado por Montes *et al* [8].

Identificación de péptidos en el sobrenadante y ácido láctico en carne mediante HPLC – DAD

Según las especificaciones de Jurado *et al.*, [9].

Cinética de fermentación

Para realizar los inóculos se tuvo en cuenta los resultados obtenidos por Jurado *et al.*, [9].

Resistencia a diferentes pH

Se ajustó a valores de 7, 9 y 10 con NaOH, las muestras se incubaron a 37°C por 12 h y se hizo recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) viables en placa.

Ensayo *in vivo*

Se usaron 24 cuyes machos destetos, de línea mejorada de la Universidad de Nariño. Se adaptaron por 5 días y se realizó el ensayo por 45 días (fase de levante).

Los tratamientos fueron: T1, Alimento balanceado, forraje y administración de agua destilada estéril (placebo); T2, alimento balanceado, forraje y administración de *L. plantarum*; T3, forraje y agua destilada estéril. T4, forraje y *L. plantarum*.

Administración del inóculo

Se suministraron 5 mL/animal/día mediante gotero en dos tomas (2,5 mL), la primera a las 8:00 am y la segunda a las 6:00 pm. Las dietas fueron: Dieta con alimento balanceado (300 g de forraje y 35 g de alimento balanceado); Dieta solo con forraje (350 g de forraje).

Se utilizó una concentración de *L. plantarum* mayor a 10⁹ UFC/g. Además, se realizó semanalmente conteo de UFC y tinción de Gram para verificar su pureza.

Determinación de parámetros zootécnicos

Consumo de materia seca (CMS). Se determinó por diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado en un periodo de 24 horas.

Ganancia de peso (GP). Se determinó por la diferencia entre el peso final menos el peso inicial.

Conversión alimenticia (CA). Se determinó mediante las razón entre el consumo de materia seca (forraje y balanceado) y la ganancia de peso.

Pruebas de laboratorio. Se efectuó cuadro hemático, química sanguínea: BUN (nitrógeno ureico en sangre) y creatinina, parcial de orina y coprológico. La toma de muestra de sangre fue por punción intracardiaca, la orina por cistocentesis y las heces directamente del colon al momento del sacrificio.

Evaluación microscópica de tejidos

Sacrificio. El sacrificio de los animales se realizó mediante dislocación cervical.

Técnica de muestreo y toma de muestras. El muestreo se efectuó de acuerdo con la Técnica de Necropsia en Cuyes [10]. Las muestras del tracto gastrointestinal y órganos se colocaron en formol buferado al 10% para su fijación durante 24 h, luego se realizaron cortes de duodeno, yeyuno e íleon y fueron ubicados en cassettes para inclusión de tejidos debidamente rotulados, para ser procesados mediante la técnica de inclusión en parafina y coloración de Hematoxilina y Eosina (H/E). La descripción y evaluación histológica se hizo en el microscopio con los objetivos 4X, 10X y 40X. Para la evaluación se tuvo en cuenta los criterios de Jubb *et al.*, [11].

Tinciones especiales. Las tinciones diferenciales fueron: Tinción de Gram para bacterias Gram positivas y/o negativas; Ácido peryódico de Schiff (PAS) para detección de glucógeno y carbohidratos. Estas láminas se realizaron en la Corporación Patológica Veterinaria - Corpavet®, en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Inmunohistoquímica. Para precisar los hallazgos se emplearon marcadores histoquímicos: CD45, CD3 y CD79a.

Microscopia electrónica de barrido. Las muestras de los segmentos conservadas en alcohol al 90° fueron analizadas en el Laboratorio de Microscopia electrónica de la Universidad de Caldas, utilizando el protocolo para el procesamiento de este tipo de muestras definido por dicho Laboratorio.

Análisis estadístico. Las variables CMS, GP y CA fueron analizadas mediante análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del paquete SAS [12]. El peso inicial se incluyó como covariable para CMS. La comparación de medias se realizó con el procedimiento LSMEANS a un nivel de significancia del 5%.

Para la caracterización histológica del tracto gastrointestinal se empleó estadística descriptiva (tablas de frecuencia) y registro fotográfico de todo el proceso.

RESULTADOS

Péptidos en el sobrenadante

La muestra coincidió con el estándar en el pico 6 con un tiempo de retención de 11,95 min, que corresponde al péptido VAL-TIR-VAL, con concentración de 0,60 mg/mL (figura 1).

Resistencia a pH 7, 9 y 10

Se observaron crecimientos hasta diluciones de 10^{12} a pH 7 y 9, con valores de 6×10^{12} y 4×10^{13} UFC/100 mL respectivamente. Mientras que a pH 10 solo se observó crecimientos hasta la dilución 10^7 con valor de 6×10^7 UFC/100 mL.

La resistencia a medios básicos es una característica importantes en la determinación de una BAL probiótico, puesto que necesita llegar al final del intestino delgado y ciego para ejercer efecto inmunomodulador del epitelio intestinal [13].

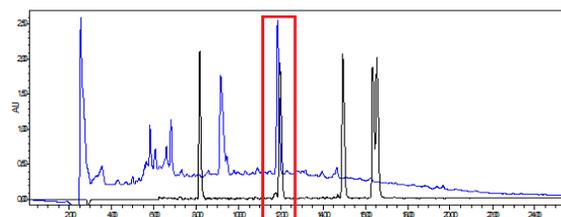
Ensayos de desafío *in vivo*

Durante el suministro del inóculo y el agua, no se observó reacciones adversas en los animales y tampoco se presentaron problemas respiratorios por bronco aspiración.

Parámetros zootécnicos. En el cuadro 1 se observa los parámetros productivos obtenidos.

Consumo de Materia Seca. No hubo diferencias ($p > 0,05$) entre dietas; siendo similar al obtenido por Guevara y Carcelén [14], en cuyes machos de 28 días de edad con suministro de *Lactobacillus* y levadura. De acuerdo con Sáez-Lara *et al.* [15], el suministro de probióticos no afecta el consumo, mostrando que no altera las funciones digestivas.

Figura 1. Cromatograma de *Lactobacillus plantarum*.



Línea negra estándar de péptidos y línea azul muestra.

Cuadro 1. Parámetros productivos

Parámetro	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)
CMS (g)	1951,4 ^a	2007,9 ^a	2245,8 ^a	1974,8 ^a
GP(g)	408,8 ^a	484,1 ^a	285,0 ^b	262,3 ^b
CA	5,0 ^b	4,2 ^b	7,5 ^a	7,4 ^a

Letras diferentes en la fila indican diferencia estadística ($p < 0,05$)

Ganancia de peso y Conversión Alimenticia. Se observa que los tratamientos T3 y T4 ganaron menor peso, este comportamiento responde al suministro de suplemento; dado que estos no fueron suplementados; por otra parte, la administración del probiótico no muestra un efecto sobre la variable debido a que también se presentó una disminución en la ganancia de peso del tratamiento con suministro de *L. plantarum*. Al respecto Torres *et al* [16], mencionan que el probiótico no tiene un efecto sobre la ganancia de peso en mascotas o cepas de experimentación. La conversión alimenticia mostró similar comportamiento.

Los resultados del hematograma se observan en el cuadro 2. Se encontraron valores mayores de hematocrito que el intervalo de referencia, a excepción del tratamiento 2, el cual se encuentra dentro del rango. Por el contrario, los valores de leucocitos fueron menores que los de referencia a excepción del tratamiento 3. Para plaquetas únicamente los valores de los tratamientos 2 y 4 son bajos, los demás se encuentran dentro del rango de referencia.

Cuadro 2. Hemograma de los cuyes evaluados.

Variable	Ref.	T1	T2	T3	T4
Hematocrito%	35 - 45	48,5 ^a	44,7	48,5 ^a	49 ^a
Leucocitos x 10 ³ /μL	7 - 14	3,3 ^b	3,7 ^b	3,25 ^b	2,15 ^b
Plaquetas x 10 ⁶ /μL	250 - 850	420	157,6 ^b	451	163,5 ^b
Proteínas totales g/dL ¹	4,6 - 6,2	5,6	6,1	5,8	6,5 ^a
Neutrófilos seq. %	20 - 60	31	27	18,5 ^b	49,5
Linfocitos %	30 - 80	68	70,5	81,5 ^a	45
Monocitos %	2 - 20	0 ^b	1,5 ^b	0 ^b	4
Eosinófilos%	0 - 5	0	1	0	1,5
Basófilos %	0 - 1	0	0	0	0
Absolutos (linfocitos)	3000 - 8000	2253 ^b	2271 ^b	2600 ^b	933 ^b

^(a) Valor mayor al reportado en la referencia. ^(b) Valor menor al reportado en la referencia. Ref: valores de referencia.

Los valores para proteínas totales se hallan dentro de los valores normales a excepción del tratamiento 5, los cuales son altos. Para los neutrófilos de segunda línea se obtuvieron valores bajos solamente para el tratamiento 3, los demás resultados se encuentran en el rango normal. Para linfocitos los valores fueron normales a excepción de los resultados del tratamiento 3 el cual fue alto. Los resultados para monocitos fueron bajos en comparación con los de referencia para todos los tratamientos a excepción del 4. Los basófilos fueron normales en todas las muestras evaluadas. Finalmente los valores encontrados para linfocitos absolutos fueron menores al rango de referencia.

Química sanguínea: BUN – Creatinina. En el cuadro 3 se indican los resultados de BUN y creatinina de los cuyes estudio.

El rango de referencia fue determinando según Washington y Van Hoosier [17]. El valor de creatinina (mg/dL) del tratamiento 1 se halla dentro del rango referenciado, mientras que los resultados de los demás tratamientos fueron menores al rango de referencia.

Con respecto al BUN (mg/dL), los resultados para todos los tratamientos fueron altos en comparación con los valores de referencia.

Orina. Los valores de referencia se relacionan según los estudios realizados por Bishop *et al* [18]. El aspecto macroscópico de la orina para todas las muestras fueron normales. Con respecto al análisis fisicoquímico, los resultados para proteínas, pH y densidad se encuentran dentro del rango de referencia.

Coprológico. El aspecto macroscópico del coprológico fue de color marrón oscuro, consistencia líquida y la presencia de moco, esta última característica se debió a que la muestra fue tomada directamente del colon.

Cuadro 3. BUN y Creatinina de los cuyes evaluados.

Análisis	Ref.	T1	T2	T3	T4
Creatinina (mg/dL)	0,6 - 2,2	0,7	0,4 ^b	0,5 ^b	0,5 ^b
BUN (mg/dL)	9 - 32	33,7 ^a	35,6 ^a	40,2 ^a	44,4 ^a

^(a) Valor mayor al reportado en la referencia. ^(b) Valor menor al reportado en la referencia

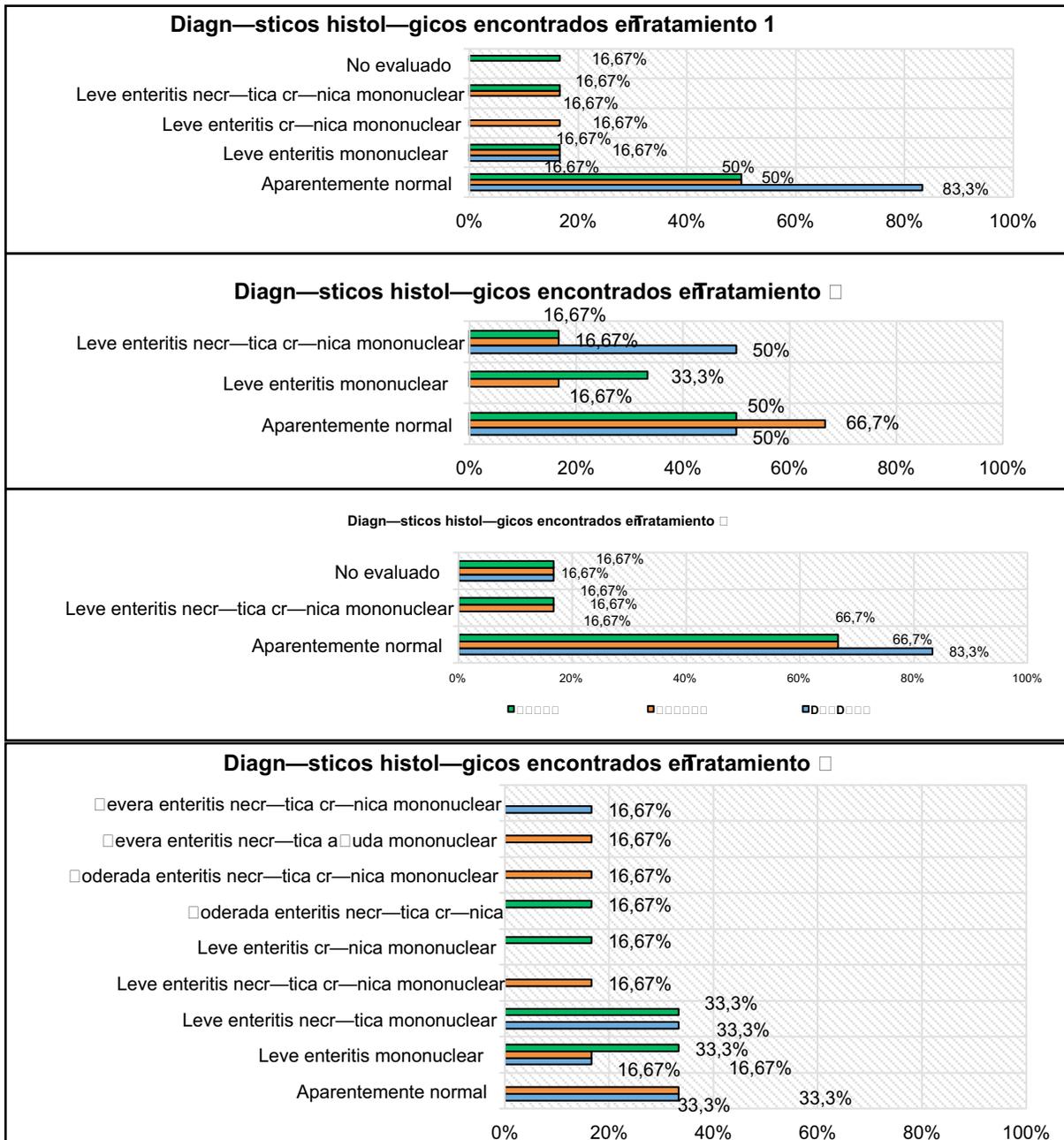
El análisis microscópico identificó quistes de *Iso-spora* sp., se apreciaron en los tratamientos 1 y 2; quistes y trofozoitos de *Balantidium coli* en el tratamiento 3; se identificaron trofozoitos ciliados en una muestra de los tratamientos 2 y 3. Los leucocitos se observaron entre 1-3 por campo en los tratamientos 2 y 3 y 0-1 leucocitos por campo en los tratamientos 1 y 4. Se apreció una cruz para levaduras en todas las muestras a excepción del tratamiento 1.

Finalmente se presentaron dos cruces para bacterias solamente en el tratamiento 4.

Evaluación microscópica de tejidos

La descripción general de las lesiones encontradas en las láminas de hematoxilina y eosina de cada uno de los segmentos y su respectivo porcentaje se aprecian en la Figura 2.

Figura 2. Lesiones microscópicas encontradas en duodeno, yeyuno e íleon. Verde: Íleon, Naranja: Yeyuno, Azul: Duodeno



Los resultados señalados anteriormente permiten inferir que el tratamiento 1 y 3 (controles dentro de cada dieta), evidencian hallazgos, que pudieron ser generados probablemente por el suministro continuo de agua debido a que estos animales no están acostumbrados a tomar agua de forma directa, además no es parte de la dieta normal que les brindan en el lugar de origen. La necesidad de agua de bebida en los cuyes está supeditada al tipo de alimentación que reciben. Si se suministra un forraje succulento, la necesidad de agua es suplida [19].

Por otro parte, los tratamientos 2 y 4 presentaron diferentes tipos de lesiones y distintos grados de severidad, con mayor porcentaje en el tratamiento 4. Esto posiblemente se deba a diferencias en la constitución de las dietas, sobre todo por el alimento balanceado suministrado, el cual presenta coccidiostatos y promotores de crecimiento en su composición. Es posible que exista un desequilibrio de las bacterias protectoras y patógenas a lo largo del intestino llamado disbiosis, la cual puede ser generada por los componentes del alimento antes mencionados, sobre todo por la administración de antibióticos [20].

Los hallazgos encontrados en el análisis de las láminas de hematoxilina y eosina no podrían ser atribuidos únicamente a la bacteria láctica sino tal vez a la interacción con el medio de crecimiento PRO en el cual se encontraban o proliferaban bacterias patógenas. La composición del medio PRO pudo generar lesiones, ya que sus ingredientes no corresponden a la dieta normal de esta especie y probablemente causaron irritación en los tejidos del intestino, igualmente que el agua suministrada.

En las Figura 3 se aprecia el segmento duodeno con leve enteritis necrótica crónica mononuclear, observado en el tratamiento 2.

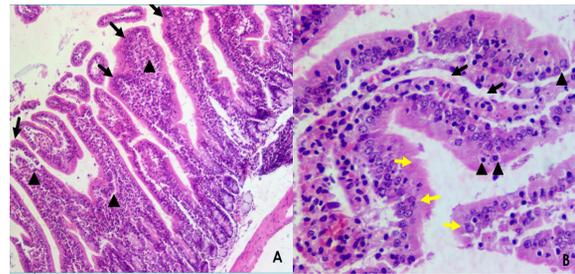
En las Figura 4 se aprecia el segmento yeyuno con moderada enteritis necrótica aguda mononuclear en el tratamiento 4.

En las Figura 5 se aprecia el segmento yeyuno con severa enteritis necrótica aguda mononuclear para el tratamiento 4.

Evaluación de láminas de histoquímica

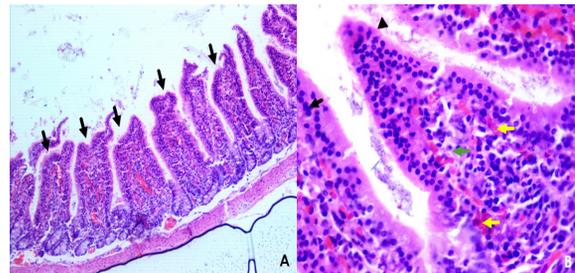
Tinción de Gram. En la Figura 6 se aprecia duodeno del tratamiento 3 (A) y yeyuno del tratamiento 4 (B). Según la morfología el círculo rojo representa a las

Figura 3. Leve enteritis necrótica crónica mononuclear en tratamiento 2.



(A) Puntas de flecha: leve infiltrado inflamatorio mononuclear difuso en mucosa. Flechas negras: leve atrofia y fusión de vellosidades. (B) Flechas amarillas: focos con hiperplasia del epitelio intestinal. Puntas de flecha: necrosis de coagulación y Flechas negras dilatación del quillifero central.

Figura 4. Moderada enteritis necrótica aguda mononuclear en cuyes suministrados *L. plantarum*.



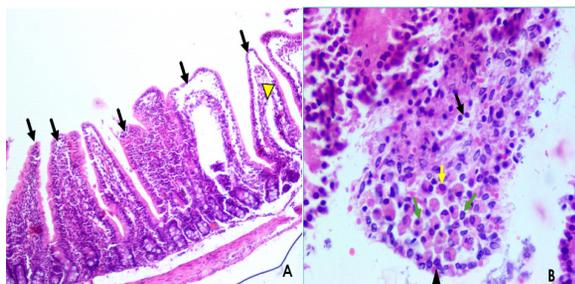
(A) Flechas negras: moderada atrofia y fusión de vellosidades. (B) Flecha verde: moderado infiltrado inflamatorio mononuclear difuso y Flechas amarillas: identifican leves cambios microcirculatorios. Flechas negras: necrosis en la punta de la vellosidad. Punta de flecha: leve hiperplasia del epitelio intestinal.

bacterias Gram negativas (patógenas) y con círculo negro bacterias Gram positivas (bacterias lácticas).

La tinción de Gram permitió observar la presencia de bacterias que posiblemente puedan corresponder a Gram positivas o negativas con morfología bacilar o de cocos adheridas a la vellosidad y libres en el lumen; las que están adheridas posiblemente estén implicadas en las lesiones y las otras representan una contaminación.

Tinción con Ácido peryódico de Schiff (PAS). En la Figura 7 se presenta los tejidos de duodeno y yeyuno del tratamiento 1. Las flechas color naranja señalan las células caliciformes encontradas en cada segmento.

Figura 5. Severa enteritis necrótica aguda mononuclear en los cuyes testigo.



(A) Flechas negras: severa atrofia y fusión de vellosidades, **Punta de flecha amarilla:** dilatación del quilífero central. **(B) Infiltrado inflamatorio mononuclear difuso en mucosa conformado por Flecha negra:** linfocitos, **Flechas verdes:** macrófagos, **Flecha amarilla:** células plasmáticas, **Punta de flecha:** necrosis en el epitelio intestinal.

Figura 6. Tinción de Gram de los segmentos duodeno y yeyuno.

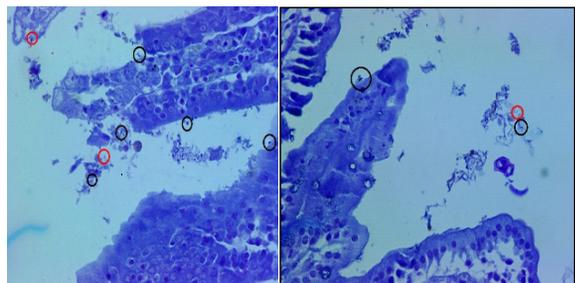
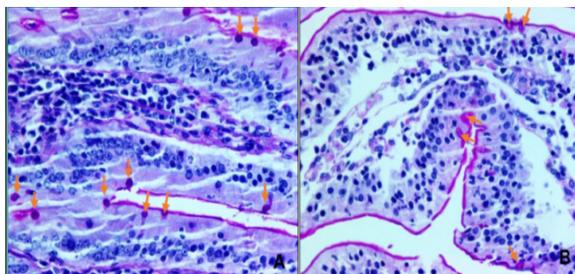


Figura 7. Tinción con Ácido peryódico de Schiff (PAS) de duodeno y yeyuno.



Imágenes **(A) (B):** Tratamiento 1, segmentos: duodeno, yeyuno. **Flechas naranjas:** señalan las células caliciformes y **coloración magenta o rosada:** evidencia de la presencia de glucógeno y carbohidratos.

Esta tinción fue positiva para todos los tratamientos, la mucina tiene la misma intensidad en todos los segmentos, probablemente la mucina observada sea normal, igual que el número de células caliciformes. Ciro, López y Parra encontraron que la adición

de probióticos favorece la producción de mucinas en vellosidades y criptas de íleon [21].

Inmunohistoquímica. Se valoró como leve, moderada, fuerte y negativo cuando no se presentó marcación.

Inmunomarcación con CD45. La marcación fue leve y negativa en algunos tratamientos y segmentos. En la Figura 8 se observa los resultados; A control positivo (nódulo linfático humano) y B leve inmunomarcación (flechas amarillas) del íleon del tratamiento 4.

Inmunomarcación con CD3. En la Figura 9 se indica la marcación para linfocitos T. Inicialmente la imagen (A) corresponde al control y la (B) al segmento íleon del tratamiento 4 con fuerte inmunomarcación (flechas rojas).

Inmunomarcación con CD79a. En la Figura 10 se indica la imagen (A) el control positivo y la (B) se aprecia fuerte inmunomarcación (flechas rojas) en duodeno del tratamiento 3.

La inmunomarcación observada puede ser una respuesta al daño tisular generado por las lesiones encontradas en los tejidos, un probable crecimiento bacteriano o una reacción con el medio de cultivo suministrado.

Figura 8. Inmunomarcación utilizando el marcador CD45 en íleon.

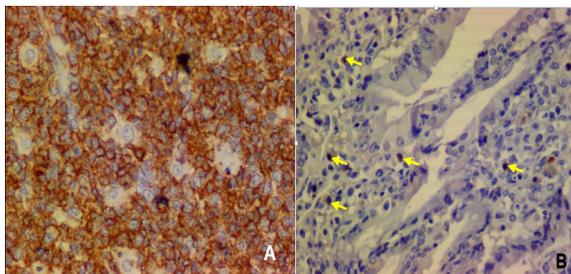
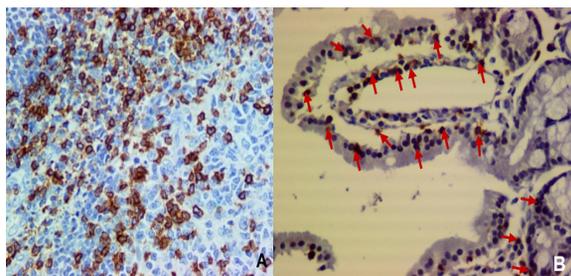


Figura 9. Inmunomarcación para Linfocitos T utilizando el marcador CD3 en íleon.



Microscopía electrónica de barrido. En la Figura 11 se muestra distintos aspectos de las vellosidades y la adherencia bacteriana.

Se aprecia una arquitectura normal de la punta de la vellosidad del intestino delgado. Sin embargo se observa un moderado acortamiento de las vellosidades y presencia de múltiples estructuras de forma cocobacilar adheridas. Estos microorganismos que se observan adheridos probablemente puedan ser BAL y/o patógenas, además estos resultados están correlacionados con los obtenidos en el análisis de las láminas de hematoxilina y eosina (identificación de diferentes grados de enteritis) y la tinción de Gram realizada.

Determinación de ácido láctico en la carne mediante cromatografía por gases. Se evidenció la presencia de ácido láctico en la carne de cuyes suplementados con cepas probióticas, con valores de 0,99 y 1,62 mg/g de carne; mientras que en los animales control no fue detectado. Se reportan estudios sobre la importancia de la adición de ácido láctico producido por las bacterias en la conservación de la carne [22-23]. Los compuestos antimicrobianos pueden ayudar a reducir la adición de preservantes químicos y disminuir la intensidad del tratamiento térmico [24-25].

Otros hallazgos

En la Figura 12 se presenta la morfología del parásito *Balantidium coli* en el tratamiento 3. el cual fue observado durante el análisis de las láminas de Hematoxilina y Eosina imagen (A) y la tinción de Gram realizada imagen (B) sobre todo en el colon.

El *Balantidium* es reconocido en el tejido por el gran tamaño, la forma ovoide, un macronúcleo denso, curvado o en forma de riñón y la presencia de cilios sobre la superficie [26-27]. Es un parásito normal de la flora intestinal del cerdo (reservorio principal), primates, ratas y el cuy [28].

Este parásito se identificó en los tratamientos 1 y 3 los cuales no recibieron *Lactobacillus plantarum*. Esto permite inferir que posiblemente, los tratamientos con probiótico ejercieron una acción inhibitoria en el crecimiento de este tipo de parásitos, sin embargo para establecer su efecto se debe realizar un estudio específico, evaluando el efecto de inoculaciones probióticas sobre este agente patógeno.

Figura 10. Inmunoconjugación para Linfocitos B utilizando el marcador CD79a en duodeno.

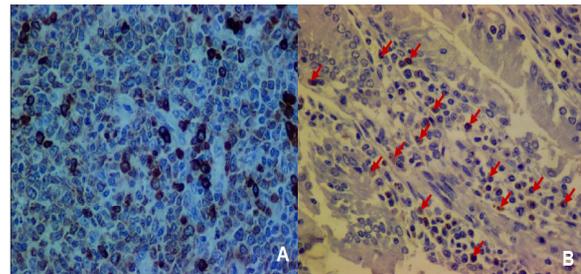


Figura 11. Fotografías Microscopía electrónica de barrido del tratamiento 2 y 4.

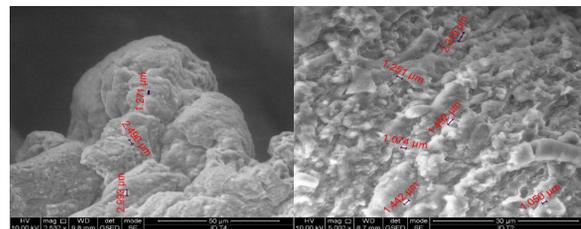
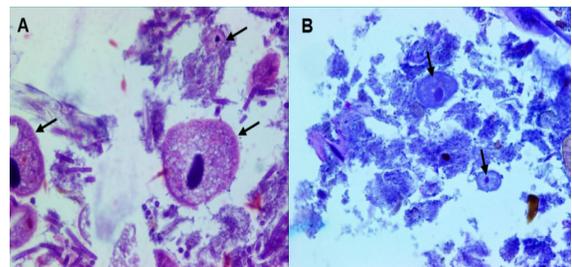


Figura 12. *Balantidium coli*.



CONCLUSIONES

Este estudio es la primera investigación hecha en cuyes en el departamento de Nariño, convirtiéndose en la base para posteriores estudios que amplíen los conocimientos sobre esta especie. Los parámetros zootécnicos no fueron influenciados por la administración del probiótico. Los resultados de las tinciones especiales y la inmunohistoquímica permiten inferir que el inóculo suministrado a los cuyes causó lesiones en el tejido intestinal, con mayor prevalencia en el yeyuno atribuidas a la interacción con el medio de crecimiento PRO en el cual se encontraban o la proliferación de bacterias patógenas

REFERENCIAS

- [1] SANTILLAN-URQUIZA, E., MÉNDEZ-ROJAS, M. y VÉLEZ-RUIZ, J. Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 8(1), 2014, p. 5-14.
- [2] CORZO, N. *et al.* Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, 31(supl. 1), 2015, p. 98-118.
- [3] MIZOCK, B. *Probiotics*. Amsterdam (Holanda): Elsevier Inc, 61, 2015, p. 259-260.
- [4] REHALEM, A. *et al.* Assessment of potential probiotic properties and multiple bacteriocina encoding-genes of the technological performing strain *Enterococcus faecium* MMRA. *Food Control*, 37, 2014, p. 343-350.
- [5] MUSA, H., WU, S., ZHU, C., SERI, H. and ZHU, G. The Potential Benefits of Probiotics in Animal Production and Health. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(2), 2015, p. 313-321.
- [6] RAMÍREZ, C. Uso de bacterias lácticas probióticas na alimentação de camarões *Litopenaeus vannamei* como inibidoras de microrganismos patogênicos e estimulantes do sistema imune [Tesis doctorado en Procesos Biotecnológicos]. Curitiba (Brasil): Universidad Federal do Paraná, 2005, 153 p.
- [7] CRUEGER, W. y CRUEGER, A. *Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial*. 1 ed. Madrid (España): Acribia, 1993, 650 p.
- [8] MONTES, A., SANTACRUZ, A. y SAÑUDO, J. Efecto *in vitro* de *Lactobacillus casei subsp. rhamnosus* sobre el crecimiento de un aislado de *Helicobacter pylori* [Tesis Biólogo]. Pasto (Colombia): Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, 2003, 85 p.
- [9] JURADO-GÁMEZ, H., MARTÍNEZ, J., CHAS-PUENGAL, A. y CALPA, F. Evaluación *in vitro* de la acción de *Lactobacillus plantarum* con características probióticas sobre *Yersinia pseudotuberculosis*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 2014, p. 49-59.
- [10] ASTAIZA-MARTÍNEZ, J., BENAVIDES-MELO, J., CHAVES-VELÁSQUEZ, C., ARCINIEGAS-RIVERA, A. y QUIROZ-MORAN, C.L. Estandarización de la técnica de necropsia en cuyes (*Cavia porcellus*) en la Universidad de Nariño. *Revista Investigación Pecuaria*, 2(2), 2014, p. 79-83.
- [11] JUBB, KENNEDY and PALMER. *Pathology of Domestic Animals*. 6 ed, vol 2. Amsterdam (Holanda): Elsevier, Inc., 2016, p. 60-73.
- [12] SAS INSTITUTE INC. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary (USA): SAS Institute Inc., 2004, 5136 p.
- [13] DAMAYANTI, E., JULENDRA, H., SOFYAN, A. and HAYATI, S. Bile Salt and Acid Tolerant of Lactic Acid Bacteria Isolated from Proventriculus of Broiler Chicken. *Media Peternakan*, 37(2), 2014, p. 80-86.
- [14] GUEVARA, J. y CARCELÉN, F. Efecto de la suplementación de probióticos sobre los parámetros productivos de cuyes. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17(2), 2014, p. 71.
- [15] SAES-LARA, M., ROBLES-SANCHEZ, C., RUIZ-OJEDA, F., PLAZA-DÍAZ, J. and GIL, A. Effects of Probiotics and Synbiotics on Obesity, Insulin Resistance Syndrome, Type 2 Diabetes and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Review of Human Clinical Trials. *International Journal of Molecular Science*, 17, 2016, p. 928.
- [16] TORRES, C. *et al.* Efecto de la suplementación de una cepa probiótica sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(4), 2013, p. 435.
- [17] WASHINGTON, M. and VAN HOOSIER, G. *Clinical Biochemistry and Hematology*. En: *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster and Other Rodents*. American College of Laboratory Animal Medicine. Boston (USA): Academic Press, 2012, p. 94-96.
- [18] BISHOP, C., FISCHER, J., BROSSOIT, A. and PIERSON, C. Standardization of Renal Physiology Parameters in Guinea Pigs via Urinalysis. Association of Avian Veterinarians (AAV) Pre-conference program: Behavior and Association of Exotic Mammal Veterinarians (AEMV) Scientific Program in conjunction with the 31st Annual AAV conference & expo with AEMV august 1. San Diego (USA): 2012, p. 51.
- [19] CHAUCA DE ZALDÍVAR, L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Estudio FAO producción y sanidad animal. La Molina (Perú): Instituto Nacional de Investigación Agraria, 1992.
- [20] NAMI, Y., HAGHSHENAS, B., ABDULLAH, N., BARZEGARI, A., RADIAH, D., ROSLI, R. and KHOSROUSHAHI, A.Y. Probiotics or antibiotics: future challenges in medicine. *Journal of medical microbiology*, 64(2), 2015, p. 137-146.
- [21] CIRO-GALEANO, J., LÓPEZ-HERRERA, A. y PARRASUESCÚN, J. La adición de cepas probióticas modula la secreción de mucinas intestinales en ileón de cerdos en crecimiento. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 10(2), 2015, p. 150-159.
- [22] AWOJOBI, K.O., ADEYEMO, S.M. and SANUSI, O.O. *Biosynthesis of Antimicrobial Compounds*

- by Lactic Acid Bacteria and Its Use as Biopreservative in Pineapple Juice. *Frontiers in Science*, 6(1), 2016, p. 17-24.
- [23] AKBAR, A., ALI, I. and ANAL, A.K. Industrial perspectives of lactic acid bacteria for biopreservation and food safety. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(4), 2016, p. 938-948.
- [24] VÁSQUEZ, S., SUÁREZ, H. y MONTOYA, O. Evaluación de bacteriocinas como medio protector para la biopreservación de la carne bajo refrigeración. *Revista Chilena de Nutrición*, 2009, 36(3), p. 228-238.
- [25] BABUSKIN, S., BABU, P.A.S., SASIKALA, M., SABINA, K., ARCHANA, G., SIVARAJAN, M. and SUKUMAR, M. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *International journal of food microbiology*, 171, 2014, p. 32-40.
- [26] BARKER, I.K and VAN DREUMEL, A. A. The digestive system. En: *Pathology of Domestic Animals*. 6 ed. St. Louis (USA): Elsevier, 2016, p. 242.
- [27] HUERTAS, J.P., ESTEBAN, M.D., ANTOLINOS, V. and PALOP, A. Combined effect of natural antimicrobials and thermal treatments on *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores. *Food Control*, 35(1), 2014, p. 73-78.
- [28] ROMERO-CABELLO, R. *Microbiología y parasitología humana. Bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias*. 3 ed. México D.F. (México): Editorial Medica Panamericana, 2015, p. 1363.

PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASOCIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpl EN LA VEGA, CAUCA

NON-TIMBER FOREST PRODUCTS ASSOCIATED OAK FOREST *Quercus humboldtii* Bonpl IN LA VEGA, CAUCA

PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS ASSOCIADOS COM FLORESTAS DE CARVALHOS *Quercus humboldtii* Bonpl EM LA VEGA, CAUCA

ALEJANDRA POTOSÍ-GUTIÉRREZ¹, JUAN CARLOS VILLALBA-MALAVÉ²
Y LIZETH YURANY ARBOLEDA-PINO³

RESUMEN

Los bosques de roble (Quercus humboldtii Bonpl) son afectados por aprovechamientos inadecuados, a pesar de la infinidad de recursos naturales que albergan y que han sido materiales de comunidades locales para el desarrollo de sus actividades diarias. Por lo anterior, se identificaron los Productos Forestales No Maderables (PFNM) del bosque de roble en el municipio de La Vega, departamento del Cauca, para clasificarlos de acuerdo al uso otorgado por las comunidades. La información se obtuvo a través de técnicas de observación de campo, entrevista y comunicación oral. Se identificaron 74 PFNM pertenecientes a 10 categorías de uso genérico de los cuales se destacaron “Medicinal” y “Alimentos y bebidas” representados por el 54,1% y 21,6%, respectivamente, del total de los productos encontrados. Los alimentos más consumidos corresponden a la miel de abejas,

Recibido para evaluación: 9 de febrero de 2016. **Aprobado para publicación:** 1 de febrero de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Bosques y Comunidades. Ing. Forestal. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Bosques y Comunidades. Estudios Interdisciplinarios del Desarrollo. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación Bosques y Comunidades. Ing. Forestal. Popayán, Colombia.

Correspondencia: apotosi@unicauca.edu.co

la infusión a partir de la semilla de Q. humboldtii y callampas (Pleurotus ostreatus), sobre los cuales ya se ha reportado su composición físico-química. Se registró que los frutos del Panopsis rubra, son alimentos secundarios consumidos por los pobladores, cuyo análisis proximal reveló el contenido de cantidades apreciables de carbohidratos (85,43%), indicando que pueden ser utilizados como suministro de energía para el ser humano.

ABSTRACT

The Oak Forest (Quercus humboldtii Bonpl) are affected by inappropriate uses, despite the many natural resources they have and have been feedstock of local communities to develop their daily activities. Therefore, Non-Timber Forest Products (NTFPs) from the Oak Forest were identified in the municipality of La Vega, Cauca Department, to classify them according to the use given by the communities. The information was obtained through field observation techniques, interviews and oral communication. 74 NTFPs were identified belonging to 10 categories of generic use of which stressed "Medicinal" and "Food and beverages" represented by 54,1% and 21,6%, respectively, of total products found. The most consumed foods correspond to the honey, infusion from the seeds of Q. humboldtii and callampas (Pleurotus ostreatus), about which, the physical-chemical composition has already been reported. It was recorded that the fruits of Panopsis rubra, are secondary foods consumed by people, whose proximate analysis revealed the contents of appreciable amounts of carbohydrate (85,43%), indicating that they can be very helpful as a supply of energy for the human being.

RESUMO

As florestas de Carvalho (Quercus humboldtii Bonpl) são afetadas por usos inadequados, apesar dos muitos recursos naturais que casa e foram as comunidades locais de matéria-prima para desenvolver suas atividades diárias. Portanto, os Produtos Florestais Não-Madeireiros (PFNM) de floresta de carvalhos foram identificadas, na cidade de La Vega, Cauca, para classificá-los de acordo com a utilização dada por comunidades. As informações foram obtidas por meio de técnicas de observação de campo, entrevistas e comunicação oral. 74 PFNM foram identificados pertencentes a 10 categorias de uso genérico de que sublinhou "Medicinal" e "Alimentação e bebidas", representados por 54,1% e 21,6%, respectivamente, do total de produtos encontrados. Os alimentos mais consumidos corresponder ao mel, a infusão a partir das sementes de Q. humboldtii e cogumelos (Pleurotus ostreatus), em que já relataram a sua composição físico-químicas. Foi registrado que os frutos do Panopsis rubra, são alimentos secundário consumido por pessoas cuja análise proximal revelou o conteúdo de quantidades apreciáveis de carboidratos (85,43%), o que indica que pode ser muito útil como fonte de energia para os seres humanos.

PALABRAS CLAVE:

Alimentos, Apicultura, Macizo Colombiano, Medicinal.

KEYWORDS:

Beekeeping, Colombian Massif, Food, Medicinal.

PALAVRAS-CHAVE:

Apicultura, Comida, Maciço Colombiano, Medicinal.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son comunidades de vegetales, animales y de otros organismos que viven, se alimentan, se reproducen e interactúan en una zona o un ambiente determinado. Apuntalan la producción agrícola porque protegen por ejemplo el suelo y el agua, ayudan a mantener la fertilidad del suelo y proporcionan el hábitat para los polinizadores silvestres y los depredadores de las plagas agrícolas [1]. Los bosques de *Q. humboldtii*, son ecosistemas de importancia socioeconómica, ya que proporcionan productos a las comunidades, como madera, leña, carbón, entre otros [2].

En las últimas décadas ha incrementado el interés investigativo sobre los PFSM y su potencial como alternativa productiva principal o complementaria a la extracción maderera y la agricultura, así como para contribuir a la conservación y el manejo sostenible de la biodiversidad [3], tal es el caso de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt.

Según la FAO [4], la producción y consumo de PFSM satisfacen necesidades de alimentación, vivienda y salud, además de generar ingresos, que para el 2011 ascendieron aproximadamente a 88.000 millones de USD, procedentes en su mayor parte de PFSM de origen vegetal (77.000 millones de USD), seguido de PFSM de origen animal (10.500 millones de USD) y la recolección de plantas medicinales (700 millones de USD).

Como estrategia para rescatar los saberes tradicionales, sistematizarlos y evitar su pérdida, se realizó el presente estudio para identificar los PFSM en el bosque de roble del municipio de La Vega, departamento del Cauca, clasificar los usos dados por los pobladores y conocer el valor nutricional a través del análisis bromatológico proximal de los alimentos de origen forestal más consumidos por la comunidad.

MÉTODO

El municipio de La Vega está ubicado en las estribaciones del Macizo Colombiano, a 119 km de la ciudad de Popayán, sur-oriente del departamento del Cauca, a 2°01'N y 76°45'W, con altura promedio de 2.272 m.s.n.m y temperatura ambiente de 16°C [5]. El estudio se realizó con las comunidades aledañas a los robledales de las veredas El Bamboleo (Corregimien-

to de Altamira), La Betulia, El Ciruelar, Los Remedios, Puente Real y El Recreo (Cabecera Municipal), debido a que comprenden áreas representativas de bosque de Roble natural y estudios desarrollados por el Grupo de Investigaciones para el Desarrollo Rural (TULL) de la Universidad del Cauca.

A partir de la socialización del proyecto y concertación con la comunidad, se elaboró un cronograma de trabajo con espacios para diálogos de saberes, cartografía social y salidas de campo.

La fase de campo se realizó con pequeños grupos de personas que permitieron aplicar apropiadamente las técnicas de observación como: recorridos en transectos variables para identificar en el bosque los recursos naturales usados por los habitantes; visitas en áreas de producción, para conocer procesos de cosecha, transformación y empaquetado de PFSM; y observación participante, para comprender a través de la *praxis*.

Se utilizaron mecanismos de registro narrativo y audiovisual, para la captura de información suministrada por informantes clave, a partir de técnicas de entrevista y comunicación oral como: testimonios orales, entrevistas y diálogos semi-estructurados, basados en guías de entrevista general preparadas a título indicativo. Los datos fueron documentados en planillas de campo diseñadas bajo el siguiente orden: nombre común, nombre científico, clasificación por uso genérico, extracción, preparación o transformación, forma de consumo o uso específico, número de muestra botánica o alimenticia y observaciones.

Siguiendo protocolos correspondientes, se recolectó material botánico para identificación taxonómica en el Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP), muestras de alimentos para análisis bromatológico proximal en la Unidad de Análisis Industriales de la misma institución, y semillas de Roble pulverizadas para prueba de análisis sensorial en el Laboratorio de Catación del Comité Departamental de Cafeteros del Cauca.

La información adquirida en campo fue tabulada en hojas de cálculo de Microsoft Excel, para identificar informantes clave, clasificar productos identificados y analizar estadísticamente la información cualitativa obtenida en cada etapa.

Para determinar la categoría de uso genérico de los productos, se utilizó la clasificación elaborada por Ocampo [6], ya que considera como PFSM, además

de las plantas, a los animales y hongos. En la fase de campo se encontró que algunos productos no pertenecían a las categorías definidas por el autor mencionado, por lo que se modificó la denominación de algunas categorías y se crearon nuevas. Como resultado se obtuvo la siguiente clasificación de PFNM: “Alimentos y bebidas”, “Medicinales”, “Artesanías”, “Especias”, “Materiales de construcción”, “Colorantes”, “Insecticidas”, “Recursos ornamentales”, “Exudados”, “Aceites esenciales”, “Forraje”, “Envoltura para alimentos”, “Artículos de limpieza”, y “Material de trabajo”.

RESULTADOS

Población de estudio

El 88% de la población entrevistada fueron hombres, donde el 53% estuvo entre los 40 y 60 años de edad y el 33% fueron mayores de 60 años. El 12% de la comunidad restante fueron mujeres, las cuales presentaron una edad superior a 60 años. Cabe destacar que la información más relevante fue suministrada por las personas mayores de 40 años, quienes resaltaron que sus saberes se derivan del conocimiento de sus ancestros y la observación meticulosa de actividades practicadas por padres, abuelos y foráneos radicados en el municipio.

Composición y riqueza florística

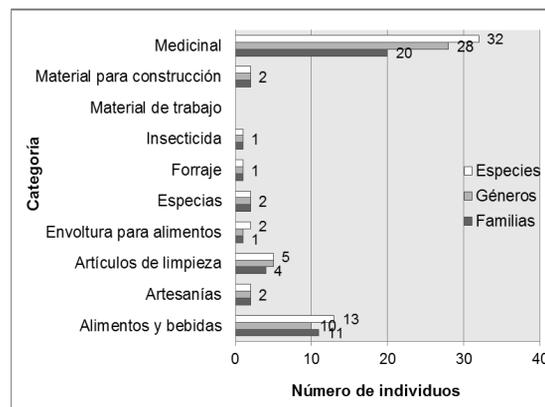
Se identificaron 35 familias botánicas, representadas en 47 géneros y 54 especies. La familia más empleada corresponde a Asteraceae con 8 géneros y 7 especies (*Ambrosia arborescens*, *Ambrosia sp.*, *Borago officinalis*, *Cynara scolymus*, *Espeletia sp.*, *Senecio formosus*, *Tagetes graveolens* y *Liabum igniarium*), seguida de Adoxaceae, Arecaceae, Piperaceae y Verbenaceae, con 3 especies cada una.

Las categorías “Medicinal” y “Alimentos y bebidas” son las que mayor número de familias identificadas presentaron, y “Envoltura para alimentos”, “Forraje” e “Insecticida” fueron representadas por una sola familia (Figura 1).

Se encontraron un total de 74 PFNM pertenecientes a 10 categorías de uso genérico (Figura 2).

El 64% del total de productos identificados son usados para consumo, ya sea como fuente de alimento o remedio casero, y el 36% restante son utilizados en labores de la vida cotidiana. La categoría más representativa es “Medicinal”, con el 54,1% de productos

Figura 1. Composición florística por categoría genérica. Productos forestales no maderables identificados en los bosques de Roble

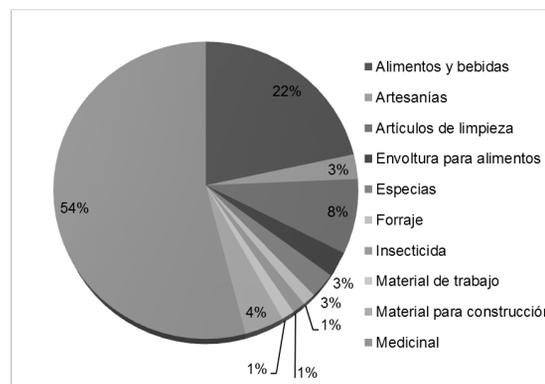


identificados, seguida de “Alimentos y bebidas” con el 21,6% y “Artículos de limpieza” con el 8,1%.

Alimentos y bebidas. Los pobladores consumen como alimento productos de origen animal (polen y miel de abejas), hongos silvestres y órganos vegetales como: tallos, hojas, frutos y semillas. El 38,9% de los alimentos de origen forestal se ingiere de forma directa y el 33,3% como ingredientes de comidas tradicionales. El 16,7% de las bebidas son preparados en infusión y el 11,1% en jugos.

Piperaceae es la familia más representativa de la categoría Alimentos y bebidas con especies como Congoñilla (*Peperomia coquimbensis*) y Chucatico (*Peperomia sp.*), seguida de la familia Rosaceae con especies del género *Rubus*, como Mora caballo y Mora chiguilla. Adicionalmente, consumen hojas de Granizo (*Hedyosmum bonplan-dianum*), frutos de Arrayán castillo

Figura 2. Categorías de uso genérico de acuerdo a la proporción de los PFNM identificados.



(*Myrcia sp.*), Chaquilulo (*Psammisia sp.*), Higuero rosado (*Ficus sp.*), Impamo (*Clusia sp.*), Sindayo (*Panopsis rubra*) y el líquido del tallo del Chulco (*Oxalis corniculata*). A pesar de tal representatividad, los alimentos más consumidos en la zona corresponden a:

1. Miel de abejas. Obtenida a partir de prácticas de apicultura en abejas africanizadas (*Apis mellifera* Scutellata) (Figura 3), en esto se destaca la organización comunitaria Apimacizo, regida bajo la producción y oferta en el mercado de miel silvestre pura, que evita contenidos de sacarosa mayores al 5% ocasionados por la incursión de azúcar procesado o caña panelera, monitoreados a partir de análisis físico-químicos y microbiológicos periódicos.

La apicultura permite obtener ingresos importantes y productos para autoconsumo como miel, polen y propóleo. El contenido nutricional y aporte energético de la miel producida por Apimacizo [7], la cataloga como complemento alimenticio y medicinal, debido a la presencia de carbohidratos (17 g), fructosa (38 g), glucosa (31%), vitaminas (B1, B2, B3, B5 y C) y minerales. El bajo contenido de sacarosa (1% a 2%), demuestra la pureza del producto, elaborado a partir de un porcentaje suficientemente alto de néctar silvestre, que se ratifica en la cristalización post cosecha de la miel.

2. Café de Roble. Infusión elaborada a partir de la almendra de *Q. humboldtii*, cuyo proceso inicia con el secado bajo el sol de bellotas maduras para facilitar la extracción de semillas, que son llevadas a un grado de tuestión uniforme a temperatura media, para posterior-

Figura 3. Proceso para la extracción de miel de abejas por maquina centrífuga.



mente pulverizar. El polvo resultado, es utilizado para preparar la infusión de manera convencional como se prepara el café tradicional. Según el análisis proximal de las bellotas, contenido en el estudio de Pérez [8], tienen el 78% de su contenido en carbohidratos, lo que indica un alto aporte energético, y bajo aporte nutricional a base de proteínas, fibra y minerales con porcentajes de 0,15%, 1,93% y 2,17%, respectivamente.

La comunidad destaca la similitud del sabor de la infusión de Roble con el café tradicional, lo que permite a los que no toleran la cafeína, consumir esta infusión como bebida sustituta, sin embargo, el análisis sensorial realizado a la infusión de *Q. humboldtii* por extensionistas de cafés especiales de la Federación Nacional de Cafeteros, determinó color pardo oscuro, olor entre madera y tierra, textura muy fina, la cual no es adecuada para preparar infusiones, y sabor acre, lo que dedujo el alto punto de tuestión de la semilla que lleva generalmente a un color oscuro, con apariencia de bebida “cargada”.

En la etnobotánica vasca se preparan este tipo de bebidas con varias especies silvestres del género *Quercus*, principalmente de *Q. robur*, *Q. pirenaico*, *Q. faginea*, *Q. petrae* y *Q. ilex ilex* [9].

3. Callampas. *Pleurotus ostreatus* de la familia Pleurotaceae. Conocidos localmente bajo la denominación en quechua de Callampa, que significa ‘hongo comestible’ [10], aparecen por las lluvias de invierno, acompañadas de rayos y truenos, que según la cosmovisión de los pobladores, hacen que afloren setas silvestres sobre fustes en estado de descomposición del Balso (*Heliolepis popayanensis*), Higuero (*Ficus sp.*) y Aliso (*Alnus acuminata*) (Figura 4). Las Callampas en ambiente natural crecen sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola [11]. Este alimento es ingerido después de ser freído, guisado o asado presentando un sabor similar al pollo. La composición química de *P. ostreatus*, indica el alto contenido de agua (92,2%) y aporte proteínico (39%). En bajas proporciones se encuentran contenidos de fibra (7,5%) y grasas (1%), y la presencia de vitaminas y minerales [12].

4. Sindayo. *P. rubra* es una especie notable en el bosque por sus frutos de tamaño considerable y pericarpio duro (Figura 4). Las almendras extraídas son remojadas y sobadas para retirar la película adherida; posteriormente, son trituradas y molidas, y el producto resultado es remojado, cernido y separado

Figura 4. Callampas (*P. ostreatus*) (izq.) y fruto de Sindayo (*P. rubra*) (der.).



en afrecho y fécula; ambas texturas son puestas en agua por separado, para reducir el sabor amargo. Los productos son empleados como sustitutos de harinas usualmente usadas en la preparación de coladas, masas, galletas, sopas, entre otros. Estos alimentos contienen un considerable aporte nutricional, ya que el análisis proximal determinó que las semillas de *P. rubra* tienen un alto porcentaje de carbohidratos (85,43%); proteínas en una proporción promedio de 8,74%, cenizas en 2,79%, fibras en 1,65% y grasas en 1,39% de la materia seca total. La semilla de *P. rubra* tiene una cantidad bastante apreciable de carbohidratos en comparación con *Macadamia integrifolia*, especie introducida, perteneciente a la misma familia (Proteaceae) y de alta importancia en el comercio internacional, la cual contiene el 13,73% de carbohidratos y 8,30% de aporte proteico [13].

Artesanías. Se elaboran instrumentos de viento a través del tallo de Carrizo (*Aulonemia sp.*) y velas a partir de los frutos de Laurel de cera (*Morella pubescens*).

Artículos de limpieza. Muchas plantas son usadas comúnmente para limpiar heridas, como las yemas terminales de Santa María (*Liabum igniarium*) (Figura 5), asear partes del cuerpo con hojas de Chulco (*Oxalis corniculata*) y Uro (*Phyllanthus salviifolius*), emplear Escobilla (*Sida cordifolia*) como tratamiento para la pérdida del cabello y Ruda Gallina (*Tagetes graveolens*) para desempolvar el piso de las casas. Adicional a ello, el pileo de algunos hongos, como Pedorrera o Pedo de bruja del género *Lycoperdon*, familia Agaricaceae, evita la infección de heridas y las mantiene limpias.

Figura 5. Forma de extraer gasa natural a partir de *L. igniarium*.



Envoltura para alimentos. Se emplean hojas de epífitas del género *Anthurium*, usadas para envolver y conservar los alimentos, entre ellos los denominados popularmente como “envuelto”, preparados a base de maíz o choclo.

Especias. Las plantas con agradables fragancias, son usadas en la cocina tradicional para dar aroma a las coladas o para tomar en infusión. Se conoció el uso de Congonilla (*Peperomia coquimbensis*) y Granizo (*Hedyosmum bonplandianum*), para aromatizar las bebidas.

Forraje. Los pobladores utilizan las hojas de Aliso (*Alnus acuminata*) para alimentar al ganado. La especie habita en potreros adyacentes a los bosques estudiados.

Insecticida. Guambía (*Spigelia pedunculata*), es la planta conocida en la zona para eliminar hongos e insectos, y evitar su aparición y proliferación en cultivos agrícolas.

Material de trabajo. La cera de origen animal, secretada por la abeja *Apis mellifera scutellata*, es usada en la fabricación de láminas de cera estampada para marcos de colmenas en la apicultura.

Material para construcción. Se emplean fustes de Helecho Arbóreo (*Cyathea sp.*), hojas de Palma de Cera (*Ceroxylon quindiuense*) y bejucos, como materia prima en la construcción de pequeños estaderos para el ganado.

Medicinal. Se encontraron 40 productos usados para elaborar medicamentos o realizar rituales de sanación, de los cuales 2 son de origen animal (propóleo y miel de abejas) y el restante de origen vegetal, principalmente especies herbáceas como: Altamisa Grande (*Ambrosia arborescens*), Árnica de Páramo (*Senecio formosus*), Cola de Caballo (*Equisetum bogotense*), Cuasia (*Quassia amara*), Hineldo (*Anethum graveolens*), Orozuz (*Lippia dulcis*), Palo de Cruz (*Brownea ariza*), Ruda Castilla (*Ruta graveolens*), Poleo Grande (*Minthostachys tomento-sa*), Pronto Alivio (*Lippia alba*), Sauco (*Sambucus sp.*), entre otras (Figura 6).

La preparación de remedios en la medicina tradicional se basa principalmente en siete formas, donde el 60% son realizadas en infusión, el 13% mediante azotes sobre el cuerpo y el 9% a través de baños en la zona afectada. La preparación de remedios en jugos es usada en menor proporción (Figura 7).

En la etnomedicina asociada a la región se destacan las anteriores formas de preparación, en donde la es-

Figura 6. a.) *Lippia dulcis* y b.) Diego Ordoñez y Argenis Cabezas, médicos tradicionales.



pecie usada, el órgano, el tiempo de preparación y la dosis a consumir, depende sólo de lo sugerido por el médico tradicional según el diagnóstico observado en el paciente.

Órganos vegetales empleados como PFM

Del 53,8% de las especies identificadas en “Alimentos y bebidas”, se usan los frutos, del 23,1% se extraen las hojas y del 7,7% se aprovecha el tallo, las semillas o todos los órganos de la planta.

En la categoría “Medicinal” se encontró que del 37,5% de las plantas se extraen las hojas para múltiples preparaciones, del 25,0% se usa toda la planta debido al componente activo presente en todos los órganos y del 15,0% se aprovecha solamente la flor. Son poco frecuentes los remedios elaborados a partir del tallo, raíz o fruto (Figura 8).

Las especies de “Envoltura para alimentos” y “Forraje” solo son aprovechadas por sus hojas. Mientras que para “Artículos de limpieza” se concentra el 60% de la extracción en hojas y el restante en ramas. El 66,7% de

Figura 7. Principales formas de preparación de remedios en la medicina tradicional.

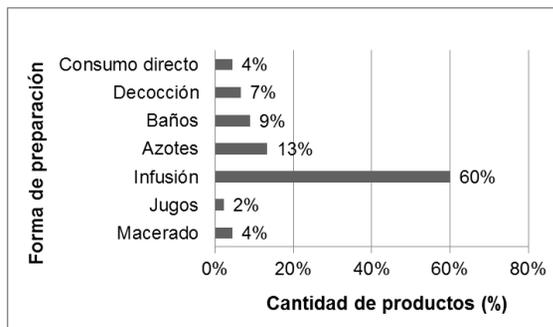
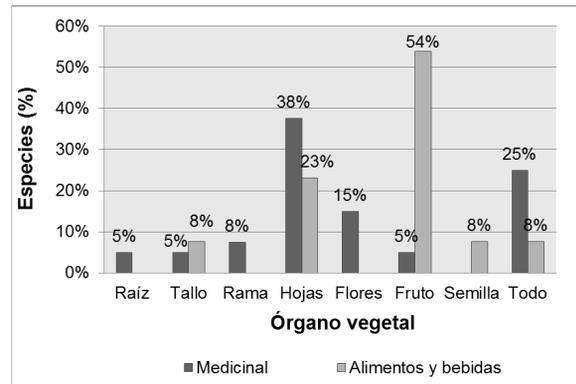


Figura 8. Órganos vegetales empleados en “Alimentos y bebidas” y “Medicinal”. CONCLUSIONES



especies empleadas como “Materiales para construcción”, son aprovechadas por su tallo y la proporción restante (33,3%) por sus hojas, como la especie *C. quindiuense*.

La mayor proporción de PFM usados en el municipio de La Vega corresponden a la categoría “Medicinal” (54,1%), seguido de “Alimentos y bebidas” (21,6%) y “Artículos de limpieza” (8,1%).

Las especies de vegetación herbácea y arbustiva son las más empleadas como PFM en la medicina tradicional, siendo la mayoría de origen silvestre.

Los alimentos consumidos en mayor proporción, como la miel de abejas y los hongos de *P. ostreatus*, aportan nutrientes favorables para la función del cuerpo humano. En cuanto a las semillas de *Q. humboldtii* y *P. rubra*, el análisis proximal reveló altos contenidos energéticos y proteicos, que pueden ser usados como complementos alimenticios.

El uso de PFM permite desarrollar prácticas de conservación y aprovechamiento sustentable, que preservan actividades culturales como la medicina tradicional y la apicultura, al mismo tiempo que sirven de economía alternativa.

Los robledales del municipio de La Vega han sido alterados drásticamente, por la expansión de la frontera agrícola y la tala selectiva, como principales causas de deforestación, que han ocasionado disminución en poblaciones de especies como *C. quindiuense* y *Cyathea sp.*

El conocimiento tradicional está arraigado en las personas de mayor edad, que aún conservan en su memoria un legado de saberes que relacionan lo cultural y lo biológico.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Apicultores del Macizo Colombiano (Apimacizo), a Ariel Muñoz Burbano, Diego Ordóñez, Pedro Burbano y la Universidad del Cauca.

REFERENCIAS

- [1] MOHAMED-KATERERE, J.C. y SMITH, M. La función de los eco-sistemas en la seguridad alimentaria. *Unasyuva*, 64(241), 2013/2, p. 14–22.
- [2] AVELLA, A. and RANGEL, O. Oak forests types of *Quercus humboldtii* in the Guantiva-La Rusia-Iguaque corridor (Santander -Boyacá, Colombia): their conservation and sustainable use. *Colombia Forestal*, 17(1), 2014, p. 100-116.
- [3] CASAS, R.A. Productos Forestales No Maderables y desarrollo rural sostenible en el municipio de Bolívar, Santander [Tesis M.Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]. Manizales (Colombia): Universidad de Manizales, Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo, 2014, 138 p.
- [4] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). En: El estado de los bosques del mundo. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. 1 ed. Roma (Italia): 2014, p. 20-49.
- [5] ALCALDÍA DE LA VEGA (CAUCA). Nuestro municipio, Geografía [online]. 2016. Disponible: http://lavega-cauca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia [citado 11 de abril de 2016].
- [6] OCAMPO, R.A. Situación actual de los Productos No Maderables del Bosque en Costa Rica: Proyecto de conservación para el desarrollo sostenible en América Central. Turrialba (Costa Rica): Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1994. 16 p.
- [7] ASOCIACIÓN DE APICULTORES DEL MACIZO COLOMBIANO (APIMACIZO). La Vega (Colombia): 2013.
- [8] PÉREZ, C.A. Observaciones fenológicas y bromatología del roble *Quercus humboldtii* Bonpland, en la vereda Clarete Alto, municipio de Popayán [Tesis Ingeniería Forestal]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2011.
- [9] SOCIEDAD DE ESTUDIOS VASCOS. Sustitutos del café en la etnobotánica vasca [online]. Disponible: <http://www.euskonews.com> [Citado el 31 de julio de 2015].
- [10] WILHELM-MÖSBACH, E. Botánica indígena de Chile. Villa Rica (Chile): Editorial Andrés, 1992, p. 52.
- [11] SEGARRA, I.A. Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora de Hongos Ostras y su comercialización en la provincia de Orellana [Tesis Ingeniera Comercial]. Loja (Ecuador): Universidad Nacional de Loja, Modalidad de estudios a distancia, Carrera Administración de Empresas, 2013, 226 p.
- [12] VARGAS, P.S. Aprovechamiento de la hojarasca del roble (*Quercus humboldtii*) en la producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) [Tesis Ingeniería Forestal]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009
- [13] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Macadamia (*Macadamia integrifolia*): composición nutricional [online]. 2006. Disponible: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/macadamia.htm#v_ [Cita-do el 1 de agosto de 2015].

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA

EXTRUSION PROCESS EFFECT EVALUATION ON NORMAL AND GERMINATED FLOUR QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd)

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA FARINHA DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL E GERMINADA

CRISTHIAN EMILIO TOVAR-HERNÁNDEZ¹, EDGAR ALBERTO PERAFÁN-GIL², MARIO GERMAN ENRÍQUEZ-COLLAZOS³, YAMID PISMAG-PORTILLA⁴, LORENA CERON- FERNANDEZ⁵

RESUMEN

*Las semillas germinadas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) presentan diferencias en su valor nutricional y asimilación en el organismo respecto a las semillas normales, por esto, se buscó identificar el efecto del proceso de extrusión sobre harina de quinua normal y germinada. Para ello se les realizó análisis proximal, curvas de empastamiento, índice de solubilidad de agua (ISA) e índice de absorción de agua (IAA). Posteriormente las harinas fueron extruidas y se les realizó análisis proximal, ISA e IAA. Se identificó que la germinación generó cambios*

Recibido para evaluación: 27 de abril de 2016. **Aprobado para publicación:** 21 de marzo de 2017.

- 1 Universidad Cooperativa de Colombia. Ingeniero de alimentos. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad Cooperativa de Colombia. Ingeniero de alimentos. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Grupo de Investigación Aprovechamiento de Subproductos Agroindustriales. Magister en Ingeniería de Alimentos. Popayán, Colombia.
- 4 Universidad del Cauca, Grupo de Investigación Innovaciones Agroindustriales con Proyección Social. Magister en Ingeniería de alimentos. Popayán, Colombia.
- 5 Universidad Cooperativa de Colombia, Grupo de Investigación de Ingeniería Aplicada. Magister en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia

Correspondencia: menriquez@unicauca.edu.co

en el contenido de proteína (15,06 g/100 g de muestra a 15,74 g/100 g de muestra), en las propiedades de gelificación, en el ISA e IAA. Se identificaron diferencias significativas en la composición de las harinas debidas al proceso de extrusión aplicado, siendo más notable en la harina germinada, así como en el IAA e ISA (2,5274 g gel/g M.S. en harina de quinua normal e incrementó a 5,8761 g gel/g M. S. en la harina de quinua extruida. Así mismo, en harina de quinua germinada sin extruir fue de 2,5829 g gel/g M.S., aumentó a 5,4197 g gel/g M.S. en harina de quinua germinada extruida).

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) germinated seeds shows nutritional value and body assimilation differences respect to normal seeds, therefore, sought to identify the extrusion process effect over flour from normal and germinated quinoa. Proximal analysis, pasting curves, Water Absorption Index (WAI) and Water Solubility Index (WSI). After extrusion process, proximal analysis, WAI and WSI performed to flours. Changes in germinated flour was found respect to normal flour like protein increase (15,06 g/100 g sample to 15,74 g/100 g sample), gelation properties, WAI and WSI variations. Significant differences was found on germinated flour due to extrusion process applied, over WSI and WAI (2,5274 g gel/g D.M. in normal quinoa flour increased to 5,8761 g gel/g D.M. in extruded quinoa flour. Thus, 2,5829 g gel/g D.M. for no extruded germinated quinoa flour, increased to 5,4197 g gel/g D.M. for extruded germinated quinoa flour).

RESUMO

As sementes germinadas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) apresentam diferenças no seu valor nutricional e fácil assimilação no organismo com relação às sementes normais. De acordo com isso, buscou-se identificar o efeito do processo da extrusão na farinha de quinua normal e germinada. Para isso, foi feito análise proximal, curvas de gelificação, índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA). Além disso, as farinhas foram estruídas, em seguida, foi feito a análise proximal, a ISA e a IAA das farinhas. Conseguiu-se identificar que germinação gerou alterações na composição como aumento do teor da proteína (15,06 g/100 g de amostra a 15,74 g/100 g de amostra), variação nas propriedades de gelificação, na ISA e na IAA. Assim mesmo, o processo de extrusão aplicado gerou alterações na composição das farinhas sendo mais notável na farinha germinada, e na ISA e na IAA (2,5274 g gel/g M.S. na farinha da quinua normal e aumentou para 5,8761 g gel/g M.S. na farinha da quinua estruída. Do mesmo modo, na farinha da quinua germinada sim estruir foi de 2,5829 g gel/g M.S., acrescentou para 5,4197 g gel/g M.S. na farinha da quinua germinada estruída).

PALABRAS CLAVE:

Alimento, Germinados, Proceso, Precocidos, Semillas.

KEYWORDS:

Food, Germinated, Process, Precooked, Seeds.

PALAVRAS-CHAVE:

Alimento, Farinha, Germinados, Processo, Pré-cozinhados, Semente

INTRODUCCIÓN

La desnutrición a nivel mundial ha alcanzado niveles muy elevados pues se considera que aproximadamente 15,5% de la población sufre este flagelo siendo la tercera parte población infantil [1]. Diferentes organizaciones se han conformado con la finalidad de controlar el problema de seguridad alimentaria en el que se ven afectadas muchas personas, especialmente niños y niñas menores de seis años, los cuales son más vulnerables a sufrir enfermedades e infecciones por deficiencias nutricionales debido a que se encuentran en un estado de continuo desarrollo y crecimiento y necesitan una alimentación balanceada acorde a sus necesidades [1, 2].

En la actualidad, la producción de alimentos altamente nutritivos se ha incrementado de manera acelerada y se han llevado a cabo estudios en los que se emplean diferentes métodos de procesamiento y gran variedad de materias primas, presentándose como alternativas para controlar los problemas de seguridad alimentaria de la población [1, 2].

De ahí que es importante destacar que en los últimos tiempos la demanda de cereales precocidos se ha incrementado notablemente [2, 3]. Los productos obtenidos se consumen en forma de bebidas en polvo, sopas instantáneas, harinas compuestas y enriquecidas, snacks, bases para cremas, papillas, entre otros., empleando cereales como avena, arroz y maíz, siendo este último el cereal más utilizado para este tipo de productos. Sin embargo, existe el interés de incorporar nuevos productos que contengan diversas fuentes de legumbres para mejorar las propiedades nutricionales [4, 5].

Entre las razones que pueden mencionarse para explicar dicho aumento en el consumo, se destacan la revalorización de los cereales como alimento y las exigencias en el comportamiento del consumidor que lo llevan a preferir alimentos de calidad y con mayor valor agregado. El ahorro de tiempo y la comodidad junto con la variedad en sabores, tamaño, texturas, valor nutricional, entre otros, son características que el consumidor moderno reconoce en los productos alimenticios precocidos y por las cuales está dispuesto a pagar el mayor valor que estos productos tienen respecto a los alimentos tradicionales a base de cereales [6]. Una alternativa considerada ha sido la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) la cual es un pseudocereal rico en proteínas y carbohidratos, cultivada por muchos años en América, siendo uno de los

alimentos más característicos de Sudamérica por su composición nutricional y la facilidad de adaptación a los diferentes climas de los países andinos [7,8].

Una manera de incrementar la composición nutricional de granos y semillas es la germinación, la cual puede aumentar considerablemente los nutrientes, además que es una práctica de bajo costo y fácil realización. Investigaciones realizadas han demostrado que los nutrientes son aprovechados de una manera efectiva por su fácil asimilación y su alta digestibilidad [9].

Procurando brindar nuevas opciones para la obtención de alimentos instantáneos con calidad nutricional aceptable, en esta investigación se evaluaron los efectos del proceso de extrusión sobre los componentes nutricionales y características fisicoquímicas de harinas procedentes de quinua normal y de quinua germinada, mediante la evaluación de propiedades fisicoquímicas de cada una y sus cambios luego de realizar el proceso de extrusión de éstas. Para ello a cada harina le fue realizada análisis proximal, curvas de empastamiento, índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA). Posteriormente cada harina fue extruida con dos contenidos de humedad obteniéndose harinas precocidas que fueron sometidas nuevamente a análisis proximal, IAA e ISA para finalmente determinar los cambios en las propiedades de las harinas debidas al proceso de extrusión aplicado.

MÉTODO

Equipos

El proceso de extrusión se desarrolló en un extrusor de tornillo simple compacto, marca Haake PolyLab OS, Alemania, el cual consta de un tornillo sin fin de 475 mm de longitud (L) y 19 mm de diámetro (D) siendo la relación L/D 25:1. El barril del extrusor posee tres zonas independientes de calentamiento y/o enfriamiento. La relación de compresión del tornillo fue de 5:1. Para la obtención de las curvas de empastamiento se utilizó un reómetro marca TA Instruments modelo 1500 EX. Estos equipos se encuentran en el Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Análisis Proximal

Este constó de cinco pruebas las cuales se relacionan a continuación y se indica la norma en la que se basó el procedimiento aplicado:

- Determinación de humedad, norma GTC 1.
- Determinación de cenizas, norma ISO 2171
- Determinación de proteína, norma ISO 1871.
- Determinación de lípidos y fibra bruta, Norma Técnica Colombiana NTC 668.
- Los análisis proximales fueron desarrollados por Laboratorios Ángel, Cali, Colombia.

Proceso de extrusión

Se desarrolló en el Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca. Se procedió a realizar pruebas preliminares empleando perfiles de temperatura y porcentajes de humedad similares a los reportados en otros estudios [10, 11]. Posterior a la realización de las pruebas, se determinó un perfil de temperatura de 96°C - 115°C - 111°C - 100°C (dado) y dos contenidos de humedad (20 g agua/100 g muestra y 30 g agua/100 g muestra). Se utilizaron muestras de 500 g de cada tipo de harina.

Curvas de empastamiento

Se obtuvieron curvas de empastamiento para los dos tipos de harina de quinua, con el fin de determinar los cambios en la temperatura de gelatinización y en la viscosidad final del gel formado debido al proceso de la germinación. Se utilizó un reómetro rotacional equipado con una celda de empastamiento para almidones. El procedimiento aplicado consistió en pesar 25 g en base seca de harina de quinua normal o harina germinada, los cuales se dispersaron en 25 mL de agua destilada; se agitó la mezcla y se introdujo en la celda de análisis del equipo. A continuación se llevó a cabo una etapa de acondicionamiento a una temperatura de 50°C durante un tiempo de 30 s con una velocidad angular de la geometría de 78,53 rad/seg. Posteriormente, se inició una rampa de calentamiento a 12,2°C/min hasta que la muestra alcanzó 90°C y se mantuvo constante durante un tiempo de 2,3 min. A continuación se ejecutó una rampa de enfriamiento a 12,2°C/min hasta que la temperatura de la muestra fue de 50°C; se mantuvo constante ésta temperatura durante 2 min y finalmente se redujo la temperatura hasta 30 °C, momento en el que terminó la prueba.

Índice de absorción de agua (IAA) e índice solubilidad en agua (ISA)

Se secaron 12 tubos falcón para centrifuga en una estufa (Fisher Scientific) a 60 °C por 2 h hasta alcanzar un peso estable, una vez obtenidos estos datos se pesó en cada tubo una muestra representativa de cada harina, para el caso 1,25 g, a esta cantidad se le agregaron 30 mL de agua destilada precalentada a 60°C durante 30 min y la suspensión se agitó luego de 10 min de iniciado el calentamiento, pasado este tiempo, las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm en una centrifuga (Max 6T especial) a temperatura ambiente durante 30 min; una vez obtenido el precipitado (gel) y el sobrenadante, este último se decantó después de centrifugar y el volumen fue medido en una probeta. Del sobrenadante de cada una de las muestras se tomaron 10 mL, se depositaron en un vaso de precipitados previamente lavado y seco y se llevaron a la estufa durante 24 horas a una temperatura de 70°C hasta evidenciar la formación de insolubles. El gel formado en los tubos fue pesado y lo mismo se hizo con los insolubles contenidos en los vasos de precipitados. Esta prueba se desarrolló en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad del Cauca.

Diseño experimental y Análisis estadístico

Para el proceso de extrusión se aplicó un diseño factorial 2² en el cual los factores evaluados fueron el tipo de harina de quinua (quinua normal QN y quinua germinada QG) y el contenido de humedad de la harina (H1, H2). Para las pruebas de ISA e IAA se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro bloques evaluados cada uno por triplicado (Harina de Quinua Normal HQN, Harina de Quinua Normal Extruida HQNE, Harina de Quinua Germinada HQG, Harina de Quinua Germinada Extruida HQGE). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 17 para obtener el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey a los resultados obtenidos en el proceso de extrusión y en la determinación del IAA e ISA de las harinas.

RESULTADOS

Composición proximal harina de quinua normal y germinada

Se evidenció que la harina de quinua germinada presentó mayor contenido nutricional y energético en

comparación a la harina de quinua normal (Cuadro 1). De acuerdo con los resultados, se determinó que el proceso germinativo incrementó el valor nutricional de la harina, por lo tanto la germinación puede considerarse como un proceso en el que se brindan beneficios nutricionales a los granos.

Extrusión

De acuerdo con los datos obtenidos una vez se finalizó el proceso de extrusión, se observó que para las harinas normal y germinada el torque del tornillo inicialmente se incrementó hasta un momento en el que luego disminuyó, esto a medida que la harina pasaba por los diferentes perfiles de temperatura. De acuerdo a lo reportado en otro estudio [12] en este caso a medida que la temperatura se incrementa, el comportamiento de las proteínas es secundario, siendo la gelatinización del almidón el principal responsable de las variaciones del torque. Durante esta etapa, los gránulos de almidón absorben el agua disponible en el medio y se hinchan, mientras que las cadenas de amilosa se lixivian en la fase acuosa intergranular, promoviendo el incremento en la viscosidad y, por consiguiente, el aumento en el torque. Esto sucede hasta que el esfuerzo de corte mecánico y la temperatura programada en el extrusor producen el rompimiento físico de los gránulos, los cuales, se asocian con una reducción en la viscosidad y por ende en una disminución en el torque [13].

Por otro lado, los resultados obtenidos indicaron que para las muestras de harina de quinua normal y germinada con contenido de humedad de 30 g agua/100 g materia seca, el torque fue menor que en las muestras que contenían 20 g agua/100 g materia seca. Esto se debe a que cuando el contenido de agua es mayor en la harina ésta varía sus propiedades viscoelásticas

Cuadro 1. Análisis proximal harina de quinua variedad piartal normal (sin germinar, HNQ) y germinada (HQG).

Análisis	HQN Contenido (g/100 g muestra seca)	HQG Contenido (g/100 g muestra seca)
Proteína	18,5819	19,6801
Grasa	4,3398	4,5264
Cenizas	1,5892	1,7835
Fibra cruda	2,4694	2,2878
Carbohidratos	79,86	82,6814

debido a que las moléculas de agua ocupan mayores espacios entre las partículas de harina, por lo que se necesita menos fuerza para moldearla, procesarla o gelatinizarla [14].

Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$) para el torque y se identificó que los factores humedad y tratamiento tuvieron efecto sobre éste. Los resultados arrojados en la prueba de Tukey (Cuadro 2) realizada para la harina de quinua, presentó la división en cuatro grupos, lo que quiere decir que hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos, siendo la harina de quinua germinada con contenido de humedad de 30 g agua/100 g harina la muestra en la que el torque fue representando menor gasto de energía.

Análisis proximal

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis proximales, hubo disminución de los porcentajes de humedad a consecuencia de la extrusión con respecto a las harinas de quinua normal y germinada sin extruir (Cuadro 3).

Esto se presenta como consecuencia de la humedad de la materia prima y la temperatura final alcanzada durante el proceso de extrusión (105°C) [15]. Es importante destacar que la humedad es un factor suficiente para deteriorar las harinas extruidas con cierta rapidez, ya que la humedad deseable para productos extruidos como harinas precocidas debe estar entre 1- 2% [16].

Con respecto al contenido de proteínas, se pudo observar que los porcentajes obtenidos en las harinas extruidas disminuyeron con respecto a los reportados en las harinas

Cuadro 2. Resultados de la prueba de Tukey para torque en la extrusión de harina de quinua.

Tratamiento	Subconjunto
HQG 30%	6,4889 ^a ± 0,2317
HQN 30%	12,5556 ^b ± 0,3528
HQG 20%	14,0333 ^c ± 0,2588
HQN 20%	15,9333 ^d ± 0,3571

HQG 30%: Harina de quinua germinada con 30 % de humedad HQN

30%: Harina de quinua normal con 30 % de humedad HQG 20%:

harina de quinua germinada con 20 % de humedad HQN 20%: harina de quinua germinada con 20 % de humedad

Cuadro 3. Análisis proximal de harina de quinua normal extruida (HQNE) y harina de quinua germinada extruida (HQGE)

Análisis	HQNE Contenido (g/100 g muestra seca)	HQGE Contenido (g/100 g muestra seca)
Proteína	18,3434	19,1998
Grasa	4,2509	2,7445
Cenizas	2,4725	3,1837
Fibra cruda	2,5091	2,4640
Carbohidratos	73,8367	67,5530

normales. Por otro lado, la disminución del contenido de grasa en las harinas después del proceso de extrusión, pudo deberse a la temperatura y la velocidad de tornillo empleadas en el extrusor lo cual probablemente ocasionó la degradación de los lípidos. De igual forma, los ácidos grasos presentes en el material pueden formar complejos con la amilosa, haciendo que su extracción sea más difícil [17], lo cual podría ser la causa del descenso en el contenido de grasa.

Por otra parte, para alimentos con bajo contenido de carbohidratos complejos, el proceso de extrusión no afecta el contenido de fibra (como en los cereales), pero cuando el contenido de carbohidratos complejos es alto (leguminosas), la extrusión puede aumentar el contenido de fibra cruda [18]. Las harinas de quinua normal y germinada extruidas contenían cantidades considerables de grasa, proteínas y carbohidratos así como de fibra cruda.

Durante el proceso de extrusión, el almidón sufre una degradación molecular por la temperatura, humedad y velocidad del tornillo del extrusor [19]. Así, las condiciones aplicadas en esta investigación pudieron haber logrado una degradación de este componente, obteniéndose materiales de menor peso molecular, tales como las dextrinas. Asimismo, se ha sugerido que el descenso en el contenido de carbohidratos en los procesos de extrusión, se debe a reacciones de transglucosidación, las cuales generan enlaces glucosídicos atípicos que no son reconocidos por las enzimas amilolíticas [20]. Otra posible explicación puede ser la interacción proteína-almidón; se ha observado en maíz extruido, que los gránulos se encuentran incrustados en la matriz proteica (glutelinas), y en los cuerpos

proteicos (zeínas). Adicionalmente, considerando que una característica de la amilosa es su capacidad de interactuar con los lípidos, se puede inferir que en el material extruido pudiera haber la presencia de estos complejos, los cuales se someten a un ordenamiento conformacional de espiral a hélice, haciéndolos estables térmicamente e insolubles, razón por la cual, es posible que se redujera la disponibilidad de almidón y en consecuencia la cantidad de carbohidratos en las harinas de quinua normal y germinada [18].

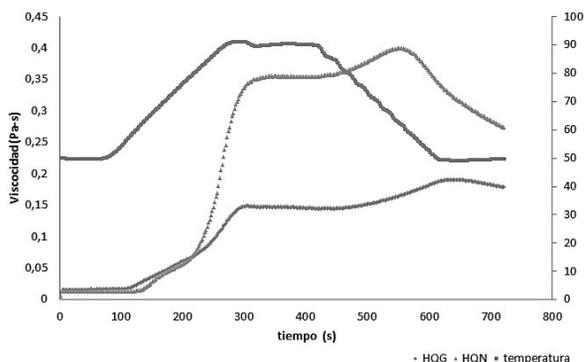
Curvas de empastamiento

Luego de realizar las curvas de empastamiento de la harina de quinua normal y de la harina de quinua germinada, se obtuvieron dos picos de viscosidad máxima diferentes para cada una de las muestras evaluadas. A medida que la temperatura se incrementó, los gránulos de almidón absorbieron el agua disponible en el medio y se hincharon, mientras que las cadenas de amilosa se lixiviaron en la fase acuosa intergranular, promoviendo el incremento en la viscosidad. Esto sucede hasta que el esfuerzo de corte mecánico y la temperatura programada en el equipo producen el rompimiento físico de los gránulos, los cuales, se asocian con una reducción en la viscosidad [21]. En la Figura 1 se observan las curvas de empastamiento obtenidas para la harina de quinua normal y la harina de quinua germinada.

Los picos de viscosidad obtenidos en las curvas de empastamiento de la harina de quinua normal (HQN)

Figura 1. Curvas de empastamiento de harina de quinua germinada (HQG) y de harina de quinua normal (HQN).

HQN: Harina de quinua normal



HQNE: Harina de quinua normal extruida HQG: Harina de quinua germinada
 HQGE: harina de quinua germinada extruida

fueron superiores respecto a los obtenidos para la harina de quinua germinada (HQG). Podría indicarse que el proceso de germinación influyó en la variación de esta propiedad, quizá debido a que la germinación incrementó el contenido de proteínas de la muestra y causando cambios en la disponibilidad de amilosa de la harina; estudios han reportado que cuanto mayor sea el contenido de amilosa de la muestra, mayor será su viscosidad máxima [22, 23].

Índice de absorción de agua (IAA)

Los valores de IAA de las harinas de quinua normal y germinada extruidas fueron superiores que los IAA de las harinas normales (Cuadro 4), presentándose diferencias significativas ($P < 0,05$) lo que coincide con lo descrito en otros estudios [24, 25]. La prueba de Tukey generó tres subconjuntos indicando que la harina de quinua normal extruida (HQNE) fue el tratamiento con mayor valor es esta propiedad. Otra investigación argumenta que la temperatura de cocción incrementa el IAA de diferentes granos [26]. La desnaturalización de proteínas, la gelatinización del almidón e hinchamiento de la fibra cruda, que ocurren durante la extrusión, podrían ser responsables del incremento de IAA de productos extruidos [22, 27].

Índice de solubilidad en agua (ISA)

El índice de solubilidad en agua indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido e indica también el grado de cocción que ha tenido el grano con que se preparó la harina [23]. El ISA está asociado con la presencia de moléculas de almidón solubles, lo cual se relaciona con la dextrinización [23]. La condición del grano, fresco o endurecido, y el proceso DSE (descascarillado, suavizado, extruido) afecta este indicador funcional. Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en los valores de ISA entre las harinas de quinua sin extruir y las harinas extruidas (Cuadro 4). La prueba de Tukey arrojó dos subconjuntos: en el primero se ubicaron los dos tratamientos de harinas sin extruir y en el segundo los tratamientos de harinas extruidas en los cuales es notable el incremento en esta propiedad para las muestras extruidas. De acuerdo con lo anterior los resultados de ISA obtenidos en la prueba no coinciden con las muestras extruidas reportadas en otros estudios, esto se debe quizá a las condiciones de la extrusión y a las condiciones en las que se obtuvieron los resultados de las otras investigaciones (Cuadro 5x). Otros Investigadores aplicaron

Cuadro 4. Valores de IAA e ISA obtenidos para las harinas de quinua estudiadas.

Muestra	IAA (peso gel/ peso muestra)	ISA (%)
HQN	2,5274 ^a ± 0,326	5,8779 ^a ± 0,0985
HQNE	5,8761 ^c ± 0,2197	14,9842 ^b ± 0,3695
HQG	2,5829 ^a ± 0,1836	5,5841 ^a ± 0,1478
HQGE	5,4197 ^b ± 0,2409	16,6843 ^b ± 0,1754

Cuadro 5. Contenido de humedad, IAA e ISA de materias primas farináceas.

Harina	Humedad (%)	IAA (peso gel/ peso muestra)	ISA (%)
TRIGO	12,57 ± 0,28	1,92 ± 0,06	2,09 ± 0,26
PAPA	12,03 ± 0,19	4,48 ± 0,11	7,45 ± 0,72
QUINUA	12,47 ± 0,12	2,31 ± 0,08	5,10 ± 0,12

Fuente. [27]

una temperatura de 32°C, con 20%, 25% y 26% de humedad en harinas extruidas de garbanzo y encontraron valores de 21,2, 18,8, y 16,15 g sólidos/g sólidos originales, respectivamente [25]. Sugirieron que este comportamiento es causado por degradación de almidón, debido a la presión de corte sobre éste durante la extrusión.

CONCLUSIONES

El proceso de germinación de la quinua generó cambios en su composición nutricional lo cual se determinó en el análisis proximal el cual permitió determinar incrementos en el contenido de agua, proteína, lípidos y cenizas.

El proceso de extrusión afectó el valor nutricional de las harinas de quinua normal y germinada, notándose disminución en los contenidos de proteína, carbohidratos y grasa, siendo más notable en la harina germinada por lo cual podría decirse que la germinación genera menor estabilidad térmica en el grano. Caso contrario sucedió con la fibra la cual se incrementó en las dos muestras luego del proceso de extrusión.

Las harinas de estudiadas presentaron diferencias en sus curvas de empastamiento observándose valores de viscosidad inferiores en la harina de quinua germinada respecto a la harina de quinua normal, indicando

que las harinas extruidas de grano germinado son menos aptas para el desarrollo de productos en los que se requiere la formación de gel.

El índice de absorción de agua (ISA) de las harinas incrementó luego de la extrusión, indicando que las dos harinas son adecuadas para el desarrollo de productos instantáneos con respecto a las harinas sin extruir, siendo la harina de grano normal más apta para el desarrollo de formulaciones instantáneas.

REFERENCIAS

- [1] CARVALHO-BARRETO, G., VANDERLEI, F., MARQUES-VANDERLEI, L. and MADEIRO-LEITE, A. Impact of malnutrition on cardiac autonomic modulation in children. *Journal de Pediatría*, 92, 6, 2016, p. 638–644.
- [2] SUMMO, C., CENTOMANI, I., PARADISO, V., CAPONIO, F. and PASQUALONE, A. The effects of the type of cereal on the chemical and textural properties and on the consumer acceptance of pre-cooked, legume-based products. *LWT – Food Sciences and Technology* (Accepted manuscript), 2015.
- [3] PRESCHA, A., ZABLOCKA-SLOWINSKA, K., HOJKA, A. and GRAJETA, H. Instant food products as a source of silicon. *Food Chemistry*, 135, 2012, p. 1756–1761.
- [4] WOJTOWICZ, A. and MOSCICKI, L. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. *LWT – Food Science and Technology*, 59, 2014, p. 1175–1185.
- [5] CARBONARO, M., MASELLI, P. and NUCARA, A. Structural aspects of legume proteins and nutritional properties. *Food Research International*, 76, 2015, p. 19–30.
- [6] BISHARAT, G.I., OIKONOMOPOULOU, V.P., PANAGIOTOU, N.M., KROKIDA, M.K. and MAROULIS, Z.B. Effects of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Research International*, 53, 2013, p. 1–14.
- [7] NAVRUZ-VARLI, S. and SANLIER, N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Sciences*, 69, 2016, p. 371–376.
- [8] RAMOS-DIAZ, M., SUURONEN, J.P., DEEGAN, K., TUORILA, H., SERIMAA, R. and JOUPPILA, K. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT – Food Science and Technology*, 64, 2015, p. 1047–1056.
- [9] VALENZUELA-ANTEZANA, R., MITA-TICONA, G., ZAPANA-YUCRA, F., QUILLA-CAYLLAHUA, D., MIRANDA-ALEJO, R. y MITA-CHURQUI, U. Efecto de la germinación y cocción en las propiedades nutricionales de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17, 2, 2015, p. 169–172.
- [10] MÉNDEZ, A., MARTÍNEZ, F., VÉLES, J., MORENO, C., DEL RÍO, J. y MORENO, E. Efecto de la adición de ácido cítrico sobre la degradación de las aflatoxinas y las propiedades funcionales de productos extrudados de sorgo. *Interciencia*, 34(4), 2009, p. 252-258.
- [11] REYES, C., MILÁN, J., ROUZAUD, O., GARZÓN, J. y MORA, R. Descascarillado/ suavización/ extrusión (dse): alternativa tecnológica para mejorar la calidad nutricional del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Agrociencia*, 36, 2002, p. 181-189.
- [12] RODRIGUEZ, E., LASCANO, A. y SANDOVAL, G. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista UDCA Actualidad y divulgación científica*, 15(1), 2012, p.199–207.
- [13] D'AMICO, S., MÄSCHLE, J., JEKLE, M., TÔMÔSKÖZI, S., LANGÓ, B. and SCHOENLECHNER, R. Effect of high temperature drying in gluten-free pasta properties. *LWT – Food Science and Technology*, 63, 2015, p. 391–399.
- [14] PITTS, K., FAVARO, J., AUSTIN, P. and DAY, L. Co-effect of salt and sugar in extrusión processing, rheology, structure, and fracture mechanical properties of wheat-cornblended. *Journal of Food Engineering*, 127, 2014, p. 58–66.
- [15] PADRÓN-PEREIRA, C.A., OROPEZA-GONZALEZ, R.A. y MONTES-HERNANDEZ, A.I. Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 2, 2014, p. 166–218.
- [16] REPO-CARRASCO, R., PILO, J.J. y ENCINA-ZELADA, C.R. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y maíz (*Zea mays* L.). *Ingeniería Industrial*, 29, 2011, p. 209–224.
- [17] TAE-RANG, S., JONG-YEA, K. and SEUNG-TAIK, L. Preparation and characterization of crystalline complexes between amylose and C18 fatty acids. *LWT – Food, Science and Technology*, 64 (2), 2015, p. 889–897.

- [18] ARCILA, J., WEIER, S. and ROSE, D. Changes in dietary fiber fractions and gut microbial fermentation properties of wheat bran after extrusion and bread making. *Food research International*, 74, 2015, p. 217–223.
- [19] WITCZAK, M., ZIOBRO, R., JUSZCZAK, L. and KORUS, J. Starch and starch derivatives in gluten-free systems – A review. *Journal of Cereal Sciences* (Article in press), 2015, p. 1-12.
- [20] TOVAR, J., MELITO, C., HERRERA, E., LAURENTÍN, A. and PÉREZ, E. Starch modification from a nutritional point of view. *Agro-Food Industry Hi-Tech*, 10, 1999, p. 27-30.
- [21] SINGH-SANDHU, K., SHARMA, L. and KAUR. Effect of granular size on physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of native and 2-octenyl-1-ylsuccinylated potato starch prepared by dry heating under different pH conditions. *LWT –Food, Science and Technology*, 61, 2015, p. 224–230.
- [22] HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 45, 2001, p. 253-567.
- [23] CERÓN-FERNANDEZ, L., GUERRA- MORCILLO, V., LEGARDA-QUINTERO, J., ENRÍQUEZ-COLLAZOS, M. y PISMAG-PORTILLAS, Y. Efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14, 2, 2016, p. 92-99.
- [24] JIMENEZ-CADENA, J. y ACUÑA-GORDILLO, W. Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla amaranto, quinua, chocho y avena [Tesis Ingeniería Química]. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2013.
- [25] KOWALSKI, R., MEDINA-MEZA, G., THAPA, B., MURPHY, K. and GANJYAL, G. Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, 2016, p. 91-98.
- [26] CONTRERAS-JIMENEZ, B., MORALES-SANCHEZ, E., REYES-VEGA, M.L. y GAYTAN-MARTINEZ, M. Propiedades funcionales de harinas de maíz nixtamalizado obtenidas por extrusión a baja temperatura. *CyTA Journal of Food*, 12(3), 2014, p. 263–270.
- [27] GONZÁLEZ, R.J., TORRES, R.L., DE GREEF, D.M., GORDON, N.A. y VELOCI, M.E. Influencia de las condiciones de extrusión en las características de la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31(1), 1991, p. 87-96.

CAMBIOS EN PROPIEDADES MECÁNICAS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PITAHAYA AMARILLA

CHANGES IN MECHANICAL PROPERTIES DURING OSMOTIC DEHYDRATION OF YELLOW PITAHAYA

MUDANÇAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DURANTE A DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE PITAHAYA AMARELA

ALFREDO ADOLFO AYALA-APONTE¹, YURI LEITON-RAMIREZ², LILIANA SERNA-COCK³

RESUMEN

Las frutas como la pitahaya amarilla presentan cambios en sus propiedades mecánicas durante la deshidratación osmótica (DO). El conocimiento de estas propiedades mecánicas es útil para el análisis de la calidad y/o estabilidad de los alimentos. Se evaluó la influencia del tiempo de deshidratación osmótica, el nivel de presión (presión atmosférica y pulso de vacío) y la concentración de sacarosa de la solución osmótica (SO) (45 y 65°Brix) sobre propiedades mecánicas de rodajas de pitahaya. El pulso de vacío fue de 5 kPa durante 5 min. Las muestras frescas y deshidratadas fueron sometidas a pruebas de compresión uniaxial hasta la ruptura; se evaluaron 3 parámetros mecánicos (esfuerzo de fractura, deformación de fractura y módulo de elasticidad). Los resultados mostraron que el esfuerzo de fractura y el módulo de elasticidad disminuyeron significativamente con el tiempo de DO y con la aplicación del pulso de vacío, mientras que se incrementaron con el aumento de concentración de sacarosa. La deformación de fractura se incre-

Recibido para evaluación: 29 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 1 de Marzo de 2017.

- 1 Universidad del Valle, ingeniería de alimentos, Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (GIPA). Ph.D Ciencia y Tecnología de Alimentos. Cali, Colombia.
- 2 Universidad del Valle, ingeniería de alimentos, Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (GIPAB). M.Sc ingeniería de alimentos. Cali, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Grupo de investigación en bacterias ácido lácticas y sus aplicaciones biotecnológicas industriales. Ph.D Ingeniería de Alimentos. Palmira, Colombia.

Correspondencia: alfredo.ayala@correounivalle.edu.co

mentó con el tiempo de DO y con el pulso de vacío. Estos resultados indican que la pitahaya amarilla retiene mayor firmeza con presión atmosférica y con 65°Brix respecto a los tratados con aplicación del pulso de vacío.

ABSTRACT

Fruits such as yellow pitahaya exhibit changes in their mechanical properties during osmotic dehydration (OD). The knowledge of these mechanical properties is useful for the analysis of the quality and/or stability of the food. There was evaluated the influence of the time of osmotic dehydration, the level of pressure (atmospheric pressure and vacuum pulse) and the sucrose concentration of the osmotic solution (SO) (45 and 65°Brix) on the mechanical properties of slices of pitahaya. The vacuum pulse was 5 kPa for 5 min. Fresh and dehydrated samples were subjected to uniaxial compression tests until rupture; Three mechanical parameters were evaluated (fracture stress, fracture strain and modulus of elasticity). The results showed that the fracture stress and modulus of elasticity decreased significantly with OD time and vacuum pulse application, while increasing with increasing sucrose concentration. The fracture strain was increased with the OD time and with the vacuum pulse. These results indicate that the yellow pitahaya retains more firmness with atmospheric pressure and with 65°Brix with respect to the treatments with application of the empty pulse.

PALABRAS CLAVE:

Pulso de vacío, Esfuerzo de fractura, Deformación de fractura, Módulo de elasticidad

KEY WORDS:

Vacuum pulse, Fracture stress, Fracture strain, Modulus of elasticity

RESUMO

Frutas como fruto amarelo dragão tem mudanças em suas propriedades mecânicas durante a desidratação osmótica (DO). O conhecimento destas propriedades mecânicas é útil para a análise da qualidade e/ou a estabilidade dos alimentos. Assim, a influência do tempo de desidratação osmótica, o nível de pressão (pressão atmosférica e de vácuo do pulso) e a concentração de sacarose da solução osmótica (SO) (45 e 65°Brix) nas propriedades mecânicas foi avaliada fatias pitaiaias. O pulso de vácuo foi de 5 kPa durante 5 min. amostras frescas e secas foram testadas para a compressão uniaxial à ruptura; Foram avaliadas 3 parâmetros mecânicos (de resistência à fratura, fratura e módulo de deformação). Os resultados mostraram que a resistência à fratura e módulo de elasticidade diminuído significativamente com o tempo de DO e a aplicação de impulsos de vácuo, enquanto que aumentou com o aumento da concentração de sacarose. Fratura deformação aumentou com o tempo e com DO e pulso vácuo. Estes resultados indicam que a fruta do dragão amarelo retém mais firmemente com a pressão atmosférica e 65 ° Brix em comparação com os tratados com aplicação de impulso de vácuo.

PALAVRAS-CHAVE:

Pulso de vácuo, Esforço da fratura, Deformação da fratura, Módulo de elasticidad

INTRODUCCIÓN

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de conservación ampliamente usada para obtener productos semideshidratados [1, 2, 3]. Su mayor aplicación es como pretratamiento a otros procesos de transformación para obtener variedades de alimentos conservando propiedades nutricionales, sen-

soriales y funcionales [2]. Esta técnica consiste en la extracción de agua de un alimento que está sumergido en una solución osmótica (SO) hipertónica, por un tiempo y temperatura específicos [4]. La concentración de los agentes osmóticos es un factor que afecta el proceso [5]. Con la DO se pueden alcanzar pérdidas de agua entre 50 y 60% con respecto al peso inicial, dependiendo de la matriz celular [6]. En general, la deshidratación osmótica se realiza a presión atmosférica (DOPA), aunque se ha evidenciado en varios estudios que la aplicación de pulsos de vacío (DOPV) o impregnación a vacío en un tiempo corto ayuda a acelerar la transferencia de masa (pérdida de agua y ganancia de solutos) y mejorar la calidad de varios alimentos en términos de características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales [7, 3, 8]. La impregnación a vacío consiste en sustituir el gas y el líquido de los poros internos del producto por el líquido externo (solución osmótica).

Durante el proceso de DO, las reacciones químicas, físicas y biológicas que deterioran los alimentos se reducen considerablemente; por lo tanto, se extiende la vida útil de los productos alimenticios [6]. Estos fenómenos provocan modificaciones en las propiedades macroscópicas del vegetal, como cambios en las propiedades mecánicas, que están relacionados directamente con los cambios texturales del producto [9, 10].

A nivel macroscópico, los alimentos presentan un comportamiento viscoelástico; es decir, bajo condiciones de carga durante un tiempo de aplicación, se pueden comportar como un sólido, un líquido y, más frecuentemente, como una combinación de los dos [11]. Los cambios en las propiedades mecánicas pueden incrementar o disminuir la firmeza dependiendo de las condiciones de proceso y de las características del producto; por consiguiente estos cambios relacionados con las propiedades mecánicas de las frutas deben ser controlados, teniendo en cuenta que inciden en las características sensoriales y por lo tanto en la calidad y aceptación por el consumidor [12, 13].

Para estudiar el comportamiento mecánico de los alimentos se utiliza ampliamente la prueba de compresión uniaxial entre dos placas paralelas; se aplica una fuerza necesaria para causar una deformación dada o la ruptura de la muestra. La respuesta mecánica de los materiales biológicos depende de la carga y el tiempo de aplicación [14].

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) se considera un fruto exótico, con gran aceptación en el

mercado nacional e internacional debido a su agradable sabor y a su atractiva forma y color. Se comercializa principalmente en fresco, siendo un limitante para la apertura de nuevos mercados y generación de valor agregado [15]. Por consiguiente la DO es una alternativa de interés como método de conservación y de procesamiento mínimo de la pitahaya amarilla. Sin embargo, por tener una textura blanda, es de interés estudiar sus propiedades mecánicas durante la deshidratación osmótica.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del tiempo de DO, el nivel de presión de trabajo y la concentración de la SO usando sacarosa, sobre propiedades mecánicas de muestras de pitahaya, empleando la prueba de compresión uniaxial.

MÉTODO

Se emplearon pitahayas amarillas con grado de madurez 3 (16-18°Brix), de acuerdo a la NTC 3554 [16], las frutas se lavaron con agua potable y se higienizaron con agua clorada (200 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Deshidratación osmótica

Para el proceso de DO a presión atmosférica (DOPA) se prepararon 600 mL para cada solución osmótica de sacarosa grado alimentario a 45 y 65°Brix (p/p) en agua destilada. Se utilizó sacarosa como soluto debido a su amplio uso en el proceso de deshidratación de frutas [17, 18, 13, 19]. Las rodajas de pitahayas (5 mm de espesor y 30 mm de diámetro) se sumergieron en cada SO. Para evitar cambios en la concentración de la SO se empleó una relación fruta-SO en peso de 1:20 [20] para evitar una reducción de la fuerza impulsora durante el proceso [21]. La solución osmótica se mantuvo a $28,2 \pm 0,4^\circ\text{C}$ y se agitó permanentemente a 500 rpm mediante un agitador mecánico (Kika Labor Technik Pol Col, USA) para evitar el fenómeno de encostramiento. A distintos tiempos de DO (0, 30, 60, 120 y 240 min) se retiraron muestras de las soluciones osmóticas para determinar el contenido de humedad, °Brix, y propiedades mecánicas. Para el proceso de pulso de vacío (DOPV), a las muestras sumergidas en la SO se les aplicó un pulso de vacío de 5 kPa durante 5 min [22] del proceso, empleando un equipo de vacío (CENTRICOL S.A.Col); después del pulso se restituyó la presión atmosférica y el proceso continuo igual al de la presión atmosférica.

Medida de propiedades Físicoquímicas y mecánicas

El contenido de humedad. El contenido de humedad (X_w) fue determinado por el método AOAC 20.013 [23] usando una balanza analítica (Mettler Toledo AE200, USA) con 0,001 g de sensibilidad.

Propiedades mecánicas. Las muestras deshidratadas osmóticamente retiradas de las SO a diferentes tiempos de DO, se sometieron a pruebas de compresión uniaxial, usando un texturómetro (model EZ-Test, Shimadzu, Japón), adaptado a un plato cilíndrico de 40 mm de diámetro. Las determinaciones se realizaron a $28,1 \pm 0,2^\circ\text{C}$, a velocidad de 30 mm/min, hasta comprimir la muestra 90% de su altura inicial, registrándose los valores fuerza (N)-distancia (mm). Estos valores se transformaron en esfuerzo (σ), y deformación de Hencky (ϵ_H) mediante las Ecuaciones 1 y 2, respectivamente [24], formándose la curva típica de esfuerzo-deformación de Hencky. Esta curva se analizó en términos de los parámetros mecánicos: Esfuerzo de fractura (σ_F), Deformación de fractura (ϵ_H) y el módulo elástico o elasticidad (ME) [12], el es el máximo esfuerzo que soporta el material antes de la ruptura macroscópica, es el pico más alto de la curva esfuerzo-deformación; este esfuerzo está relacionado con la dureza de las muestras y con su resistencia a la fractura. El módulo de elasticidad (ME) es la pendiente de la zona lineal de la curva esfuerzo y deformación de Hencky (Ecuación 3), llamado también módulo de Young. La F es el valor de la deformación correspondiente al esfuerzo de fractura o ruptura macroscópica de la estructura de la muestra, tomado en el pico más alto de la curva.

$$\sigma(t) = \frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t)}{\pi r_0^2 l_0} (l_0 - d(t)) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\epsilon_H(t) = Ln \left[\frac{l_0}{(l_0 - d(t))} \right] \quad (\text{Ec. 2})$$

$$ME = \frac{\sigma_F}{\epsilon_H} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde es el esfuerzo o tensión de fractura (Pa) a distintos tiempos, es la fuerza de compresión (N), es el área de la sección transversal de contacto de la muestra (m^2), es la deformación de fractura de Hencky (mm/mm), es la longitud inicial de la muestra (mm) y es la longitud de la muestra a un tiempo t de compresión (mm).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño factorial $2 \times 2 \times 4$ completamente al azar con tres factores: El factor concentración de la DO

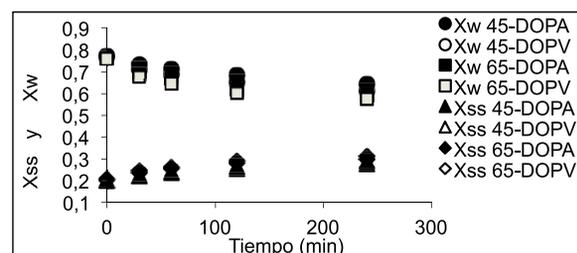
con dos niveles (45 y 65°Brix), presión de trabajo con dos niveles (Atmosférico y vacío) y el factor tiempo de inmersión en la DO con cuatro niveles (30, 60, 120 y 240 min). Los experimentos se realizaron por triplicado. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) con nivel de confiabilidad de 95%, con prueba de Tukey para ello se empleó el programa Minitab 16 (Minitab, Inc., State College, Pennsylvania, 2009).

RESULTADOS

Deshidratación osmótica

La figura 1 presenta la curva de pérdida de humedad y ganancia de solutos durante la DO de pitahaya a distintas concentraciones y presión. El contenido de humedad promedio de las muestras en estado fresco fue de $0,7649 \pm 0,016$ (g agua/g m.h) y de SS de $20,37 \pm 0,61^\circ$ Brix. Para un mejor efecto visual de las curvas, no se muestran barras de error en cada punto, sin embargo, la desviación estándar varió de 0,014 a 0,017 para la pérdida de humedad y de 0,32 a 0,62 para la ganancia de sólidos solubles. Todos los tratamientos disminuyeron significativamente el CH ($p < 0,05$) e incrementaron la ganancia de sólidos solubles durante el tiempo de DO. Se evidenció un efecto significativo ($p < 0,05$) de los factores concentración de la SO y presión sobre la pérdida del CH y ganancia de SS; las muestras tratadas con 65°Brix (65DOPA y 65DOPV) presentaron mayores pérdidas de humedad y ganancia de SS comparadas con sus respectivos a 45°Brix (45DOPA y 45DOPV), así mismo las muestras procesadas con vacío mostraron mayores pérdidas de agua y ganancia de SS que las deshidratadas a presión atmosférica. Al final de la DO las muestras 45DOPA, 45DOPV, 65DOPA, 65DOPV alcanzaron respectivamente contenidos de humedad de $0,6421 \pm 0,013$, $0,6125 \pm 0,008$, $0,5957 \pm 0,0032$ y $0,5727 \pm 0,007$ (g agua/g m.h) y de sólidos solubles respectivamente.

Figura 1. Curvas de pérdida de humedad y ganancia de solutos durante la DO de pitahaya amarilla a 45 y 65°Brix .



te $0,2780 \pm 0,020$, $0,289 \pm 0,011$, $0,2975 \pm 0,009$, $0,311 \pm 0,008$ ($^{\circ}$ Brix). Similar comportamiento reportaron Ayala *et al.*, [4] en la pérdida de humedad y ganancia de SS con el incremento de la concentración osmótica en la DO de pitahaya entre 55 y 65 $^{\circ}$ Brix, mientras que con el factor presión no fue significativo al final de la DO (240 min).

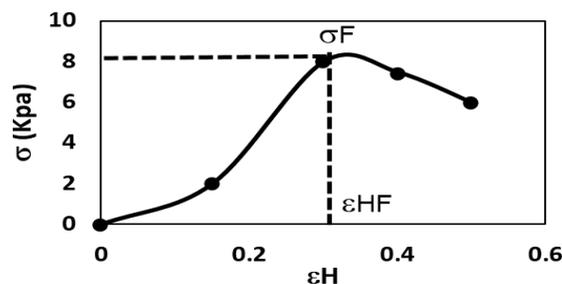
Estas mayores pérdidas de humedad y ganancia de solutos con el incremento de la concentración, se deben a la difusión de agua del medio diluido a la SO (solución hipertónica) a través de una membrana semi-permeable, esta fuerza impulsora es el gradiente de concentración entre la solución osmótica y la fase líquida del producto, siendo más dinámica a mayor concentraciones de sacarosa en la SO. Similar comportamiento se presentaron en otras frutas como el carambolo [25], el grosellero de la India [26], el yacón [27], nopal [22] y piña [28].

Las cinéticas de pérdida de humedad y ganancia de sólidos con la aplicación de vacío, se debe al mecanismo hidrodinámico que se evidencia en el inicio del proceso osmótico. Con la aplicación de las condiciones de vacío, el gas ocluido en los espacios intercelulares de los tejidos vegetales se retira y cuando la condición de la presión atmosférica se restablece, los poros del alimento se rellenan por la solución osmótica [3], similar comportamiento se presentó en alimentos como la higuera [29], tomate [3], calabaza [30] y yacón [27].

Propiedades mecánicas

En la figura 2 se presenta una curva típica experimental de esfuerzo-deformación obtenida de las pruebas de compresión uniaxial de rodajas de pitahaya. Inicialmente se observa en la figura una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, siendo la pendiente el

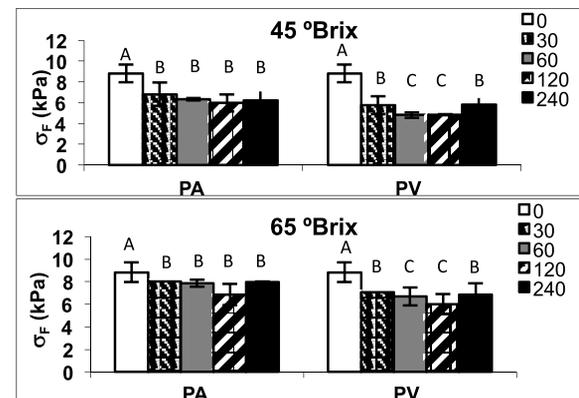
Figura 2. Curva típica esfuerzo-deformación para muestras de pitahaya amarilla.



módulo de elasticidad, presentando un límite de fluencia al final de esta zona lineal, seguida de una región no lineal, donde se muestra un aumento del esfuerzo hasta un punto crítico en el cual se presenta el esfuerzo máximo de fractura o fractura macroscópica de la muestra. En esta fractura macroscópica, los tejidos de la pitahaya pueden fallar por ruptura de la pared celular y por la pérdida de unión o adherencia entre células generada por alteración de las lamelas que es una capa compuesta de polisacáridos que rodea la pectina de la pared celular y genera la unión entre las células [12]. Este comportamiento es característico de frutas enteras y mínimamente procesadas y se ha observado en la compresión uniaxial de diferentes productos cortados y enteros como calabaza fresca y deshidratada osmóticamente [12] manzana y papa [31], piña [32] y frutas confitadas [33].

Esfuerzo de fractura. El comportamiento de la fractura macro de un alimento sólido es una propiedad importante, por estar asociada con la percepción de 'crunch' durante la masticación [34]. La figura 3, muestra la evolución del esfuerzo de fractura (σ_F) de muestras de pitahaya durante el tiempo de DO a presión atmosférica y vacío. El promedio del σ_F para las muestras frescas fue de $8,83 \pm 0,86$ kPa. Todos los tratamientos presentaron un descenso significativo ($p < 0,05$) del esfuerzo entre el inicio y final del proceso DO, notándose un leve incremento al final del proceso (240 min). La disminución del esfuerzo de fractura es un indicador de ablandamiento de la fruta asociada a la pérdida del contenido de agua durante

Figura 3. Esfuerzo máximo de fractura de muestras de pitahaya amarilla durante la DO a 45 y 65 $^{\circ}$ Brix.



Letras diferentes indican diferencias significativas en el tiempo de proceso según el test de Tukey ($p=0.05$).

el proceso de deshidratación, que puede ser en parte por la disminución de la presión de turgencia celular (disminución de la fuerza ejercida del líquido intracelular sobre la membrana celular) debido a la pérdida de agua de la fruta durante la DO. De acuerdo a Nieto et al., [9], los tejidos vegetales frescos que contienen células turgentes son más crujientes, rígidas y de baja deformación a la fractura que aquellas células con baja presión de turgencia. Algunos investigadores [35], manifiestan que cuando las células vegetales pierden agua, no solo se reduce su volumen, sino que se altera o se deforma tanto la pared como la membrana celular del producto, lo que produce un cambio en la tensión mecánica sobre las lamelas o laminilla media que son las responsables de la unión de las células, este mismo comportamiento también se presentó en melón [36] y kiwi [10].

El repentino incremento del esfuerzo de fractura al final de la DO, puede ser atribuido, por un lado a que en este tiempo de DO se observó visualmente la presencia de las semillas sobresaliendo de la superficie de la pitahaya, debido al encogimiento sufrido de la fruta, las cuales pudieron ejercer mayor resistencia al esfuerzo de compresión uniaxial. Por otro lado, puede ser atribuida posiblemente a la cristalización de la celulosa en la pared celular en los niveles de humedad alcanzados a 240 min para los distintos tratamientos, haciendo difícil fracturar el material. Este comportamiento atípico se ha presentado también en la DO de otras frutas como banano, manzana y papa [37] y calabaza [12].

Los tratamientos deshidratados con mayor concentración de la SO (65°Brix) mostraron significativamente ($p < 0,05$) mayor tensión o esfuerzo de fractura (valores más cercanos a los de la muestra fresca sin tratamiento) tanto para tratamientos a vacío como atmosférico, lo cual significa un aumento en la dureza de las muestras de pitahaya deshidratada. Este resultado puede ser atribuido al aumento de viscosidad de la SO a 65°Brix, promoviendo una estructura más sólida, debido a la capa de soluto formada alrededor de superficie la fruta por la transferencia de Xss [36]; similar comportamiento se encontró en la DO de kiwi [10].

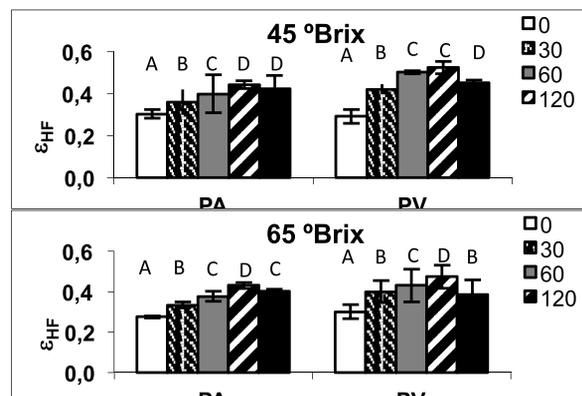
Con respecto al factor presión, las muestras tratadas con pulso de vacío, tanto a 45 como a 65°Brix, mostraron significativamente ($p < 0,05$) menores valores del σ_f respecto a las correspondientes a presión atmosférica. Este resultado evidencia el efecto negativo de la aplicación del pulso de vacío sobre la firmeza del tejido de la pitahaya, provocando mayor ablandamiento a la fruta. Esto puede

ser atribuido a que el pulso de vacío posiblemente haya ocasionado algunas deformaciones en la matriz celular de la fruta, debido a la rápida salida del agua del alimento y de la entrada de solutos provenientes de la SO; debilitando a la pared celular y a las lamelas o laminilla media. Además, Ferrari *et al.*, [38] manifiestan que el pulso de vacío puede promover la apertura de poros, permitiendo mayor facilidad a la transferencia de masa con posibles daños mecánicos a la matriz estructural como la pérdida de la turgencia celular y alteraciones a la resistencia de la pared celular. Otros investigadores [39], argumentan que la aplicación del pulso de vacío en la DO, puede provocar daños irreversibles a la estructura celular de algunas frutas, como la pérdida de la unión (adherencia) celular asociada a menor esfuerzo de fractura (mayor ablandamiento) y mayor deformación. Estos resultados están de acuerdo con los reportados en la DO de melón [36] Kiwi [10] y fresas [40] y manzanas [41].

Deformación de Fractura. El comportamiento de la máxima deformación de fractura de muestras de pitahaya amarilla durante la deshidratación osmóticamente a 45 y 65°Brix se presenta en la figura 4.

Puede notarse el leve incremento de la deformación a la fractura en todos los tratamientos durante la DO, lo que significa que la pitahaya fue más blanda o menos resistente con menor contenido de humedad. Esta misma tendencia se observó en la DO de kiwi [10] y calabaza [12]. Se evidencia una relación inversa entre el esfuerzo y la deformación de fractura, notándose que la fruta cuanto más se deforma requiere menor

Figura 4. Deformación de fractura de muestras de pitahaya amarilla durante la DO a 45 y 65°Brix.

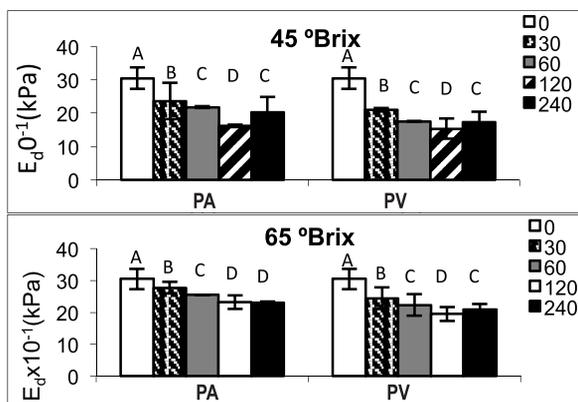


Letras diferentes indican diferencias significativas en el tiempo de proceso según el test de Tukey ($p = 0.05$).

esfuerzo de fractura (Esfuerzos analizados en los resultados del punto anterior). De otra manera se puede decir que cuando la fruta alcanza altos esfuerzos de fractura, menor es la deformación para alcanzar esta fractura. Este comportamiento puede comprobarse por los efectos de la aplicación del pulso de vacío y de la concentración de la SO; los tratamientos con pulso de vacío mostraron mayores deformaciones a la fractura (más blandas que las de presión atmosférica) durante DO, lo que indica que se requirieron menores esfuerzos para la fractura macroscópica de la fruta. De la misma manera en la concentración de sólidos solubles, se observó que a mayor concentración menor fue la deformación y mayor el esfuerzo de fractura. El ANOVA evidenció significativamente ($p < 0,05$) que la deformación de fractura disminuyó con el incremento de la concentración de la SO, mientras que se incrementó significativamente ($p < 0,05$) con aplicación de presión de vacío. Estos resultados significan que las muestras de pitahaya amarilla con mayor presión de turgor celular, se fracturan a menor distancia o deformación y mayor esfuerzo.

Modulo elástico (ME). El módulo de elasticidad (pendiente de la zona lineal de la curva de compresión esfuerzo-deformación), está asociado con la sensación inicial de firmeza cuando se mastica un alimento [41]. Además, es un indicador de la resistencia que tiene un material sometido a una compresión sin que se fracture. En la figura 5, se muestra la variación del ME en los diferentes tratamientos osmóticos.

Figura 5. Módulo de elasticidad de muestras de pitahaya amarilla durante la DO a 45 y 65 °Brix.



Letras diferentes indican diferencias significativas en el tiempo de proceso según el test de Tukey ($p = 0.05$).

EL ME fue afectado significativamente ($p < 0,05$) por el tiempo de DO (disminución de humedad) y los factores presión y concentración. Se observó que el ME presentó el mismo comportamiento del esfuerzo de fractura (analizado anteriormente), disminuyó por el incremento del tiempo de DO y por la aplicación del pulso de vacío, mientras que aumentó con el incremento de la concentración de sacarosa en la SO. En general, durante el tiempo de DO los tratamientos comportaron un descenso notable del módulo inicial de elasticidad (perdida de elasticidad o de la rigidez), notándose un leve incremento al final del proceso (240 min); este resultado puede estar asociado a la disminución de la presión de turgencia de las células. Ya que al disminuir la presión de turgencia se puede reducir el área de contacto entre las células y por consiguiente disminuir la fuerza de unión intercelular [10]. Resultados similares se encontraron en la DO de mango y kiwi [10]. Con el aumento de la concentración de sacarosa, se incrementó el módulo de elasticidad del producto, asociado posiblemente a la formación de una capa de sacarosa formada alrededor de la superficie de la fruta durante el proceso osmótico, generando una estructura más rígida. Este comportamiento es similar a los reportados por Nieto *et al.*, [9] en la DO de manzana con solutos de trehalosa y glucosa. Con la aplicación del pulso de vacío se disminuyó la elasticidad (menos rigidez) de la fruta en ambas concentraciones (45 y 65 °Brix), asociado posiblemente a la obtención de una estructura menos compacta por la sustitución del gas ocluido en los poros de la fruta por la entrada de solución osmótica; asociado también con la mayor pérdida presión de turgencia, explicado anteriormente.

CONCLUSIONES

Las propiedades mecánicas de pitahaya amarilla durante la DO fueron dependientes del tiempo de proceso (asociado con la disminución de humedad), concentración de la SO, y el nivel de presión aplicado. El esfuerzo de fractura y el módulo de elasticidad disminuyeron significativamente con la pérdida de humedad de la fruta, mientras que la deformación de fractura se incrementó. La firmeza de la fruta se incrementó con mayor concentración de sacarosa en la SO (65 °Brix), asociado a mayor ganancia de sólidos solubles. La aplicación del pulso de vacío incrementó la transferencia de masa (mayor pérdida de agua y mayor ganancia de sólidos solubles), pero no favoreció la firmeza de la fruta, provocando mayor ablandamiento respecto a

la DO sin pulso de vacío. De acuerdo con estos resultados, las muestras de pitahaya amarilla deshidratadas osmóticamente a 65°Brix y a presión atmosférica presentaron mayor firmeza que las deshidratadas a 45°Brix y con pulso de vacío.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia y a la Asociación de Productores de Pitahaya (Asoppitaya).

REFERENCIAS

- [1] PERUSSELLO, C.A., KUMAR, C., DE CASTILHO, F. and KARIM, M.A. Heat and mass transfer modeling of the osmo-convective drying of yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*). Applied Thermal Engineering, 63(1), 2014, p. 23-22.
- [2] CHANDRA, S. and KUMARI, D. Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55(4), 2015, p. 552-561.
- [3] CORREA, J., VIANA, A., MENDONÇA, K. and JUSTUS, A. Optimization of pulsed vacuum osmotic dehydration of sliced tomato. In J. M. P. Q. Delgado, & A. Gilson Barbosa de Lima (Eds.). Drying and energy Technology, 63(4), 2016, p. 207-228.
- [4] GARCÍA, M., ALVIS, A. y GARCÍA, C. Evaluación de los Pre-tratamientos de Deshidratación Osmótica y Microondas en la Obtención de Hojuelas de Mango (*Tommy Atkins*). Información tecnológica, 26(5), 2015, p. 63-70.
- [5] PHISUT, N., RATTANAWEDDEE, M. and AEKKA-SAK, K. Effect of osmotic dehydration process on the physical, chemical and sensory properties of osmo-dried cantaloupe. International Food Research Journal, 20(1), 2013, p. 189-196.
- [6] AHMED, I., QAZI, I. and JAMAL, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 34, 2016, p. 29-43.
- [7] DE OLIVEIRA, L., CORREA, J., PEREIRA, M., RAMOS, A. and VILELA, M. Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Optimization for fructan retention. LWT - Food Science and Technology, 71, 2016, p. 77-87.
- [8] CORRÊA, J., ERNESTO, D. and MENDONÇA, K. Pulsed vacuum osmotic dehydration of tomatoes: Sodium incorporation reduction and kinetics modeling. LWT - Food Science and Technology, 71, 2016, p. 17-24.
- [9] NIETO, A.B., VICENTE, S., HODARA, K., CASTRO, M.A. and ALZAMORA, S.M. Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility. Journal of Food Engineering, 119(1), 2013, p. 104-114.
- [10] CHIRALT, A., MARTINEZ-NAVARRETE, N., MARTINEZ-MONZO, J., TALENS, P., MORAGA, G., AYALA, A. and FITO, P. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: Cryoprotectant effect. Journal of Food Engineering, 49(2-3), 2001, p. 129-135.
- [11] SHIRVANI, M., GHANBARIAN, D. and GHASEMI, M. Measurement and evaluation of the apparent modulus of elasticity of apple based on Hooke's, Hertz's and Boussinesq's theories. Measurement (UK), 54(1), 2014, p. 133-139.
- [12] MAYOR, L., CUNHA, R.L. and SERENO, A.M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. Food Research International, 40(4), 2007, p. 448-460.
- [13] RIBEIRO, A., AGUIAR-OLIVEIRA, E. and MALDONADO, R.R. Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensorial quality. LWT - Food Science and Technology, 72, 2016, p. 407-415.
- [14] LUPU, M., PXDUREANU, V. and CANJA, C. The influence of speed compression on the maize grinding process. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, 8(1), 2015, p. 71-74.
- [15] TORRES, L., AYALA, A. and SERNA, L. Viscoelastic behavior of yellow pitahaya treated with 1-MCP. Dyna, 83(196), 2016, p. 119-123.
- [16] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC). NTC 3554, en Frutas frescas: Pitahaya. Bogotá (Colombia): Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1996.
- [17] HAJ NAJAFI, A., YUSOF, Y.A., RAHMAN, R.A., GANJLOO, A. and LING, C.N. Effect of osmotic dehydration process using sucrose solution at mild temperature on mass transfer and quality attributes of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). International Food Research Journal, 21(2), 2014, p. 625-630.
- [18] TRAFFANO-SCHIFFO, M.V., TYLEWICZ, U., CASTRO-GIRALDEZ, M., FITO, P.J., RAGNI, L. and DALLA ROSA, M. Effect of pulsed electric fields pre-treatment on mass transport during the osmotic dehydration of organic kiwifruit. Innovative

- Food Science & Emerging Technologies, 38(Part a), 2016, p. 243-251.
- [19] ŞAHIN, U. and ÖZTÜRK, H. Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L). Innovative Food Science & Emerging Technologies, 36, 2016, p. 104-111.
- [20] AYALA, A., SANCHEZ, M. and RODRIGUEZ, H. influencia de la osmocongelación sobre algunas propiedades físicas de papaya (*Carica papaya* L.). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 17(2), 2014, p. 487-494.
- [21] CORREA, J., JUSTUS, A., OLIVEIRA, L. and ALVES, G. Osmotic dehydration of tomato assisted by ultrasound: evaluation of the liquid media on mass transfer and product quality. International Journal of Food Engineering, 11(4), 2015, p. 505-516.
- [22] VIANA, A.D., CORREA, J.L. and JUSTUS, A. Optimization of pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. International Journal of Food Science & Technology, 49(3), 2014, p. 726-732.
- [23] ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington D.C. (USA): 1980.
- [24] ABRAAO, A.S., LEMONS, A.M., VILELA, A., SOUSA, J.M. and NUNES, F.M. Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins. Food and Bioproducts Processing. 2013, 91(4), p. 481-494.
- [25] BARMAN, N. and BADWAIK, L. Effect of ultrasound and centrifugal force on carambola (*Averrhoa carambola* L.) slices during osmotic dehydration. Ultrasonics Sonochemistry, 34, 2017, p. 37-44.
- [26] TIROUTCHELVAME, D., SIVAKUMAR, V. and PRAKASH-MARAN, J. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of amla (*Emblica officinalis* L.) cubes in sugar solution. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 21(4), 2015, p. 547-559.
- [27] BROCHIER, B., MARCZAK, L. and NORENA, C. Use of Different Kinds of Solutes Alternative to Sucrose in Osmotic Dehydration of Yacon. Brazilian Archives of Biology and Technology, 58(1), 2015, p. 34-40.
- [28] DA SILVA, W.P., SILVA, C.M.D.P.S., LINS, M.A.A. and GOMES, J.P. Osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus*) pieces in cubical shape described by diffusion models. LWT- Food Science and Technology, 55(1), 2014, p. 1-8.
- [29] ŞAHINA, U. and ÖZTÜRK, H. Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L). Innovative Food Science & Emerging Technologies. 36, 2016, p. 104-111.
- [30] CORREA, J., ERNESTO, D., ALVES, J. and ANDRADE, R.S. Optimization of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. International Journal of Food Science & Technology, 49(9), 2014, p. 2008-2014.
- [31] SINGH, F., KATIYAR, V.K. and SINGH, B.P. Analytical study of turgor pressure in apple and potato tissues. Postharvest Biology and Technology, 89, 2014, p. 44-48.
- [32] SILVA, K.S., FERNANDES, M.A. and MAURO, M.A. Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple. Journal of Food Engineering, 134, 2014, p. 37-44.
- [33] VILELA, A., SOBREIRA, C., ABRAÃO, A., LEMOS A. and NUNES, F. Texture Quality of Candied Fruits as Influenced by Osmotic Dehydration Agents. Journal of Texture Studies, 47(3), 2016, p. 239-252.
- [34] ROSENTHAL, A. Instrumental characterisation of textural properties of solid and semi-solid food, In Modifying Food Texture. Sawston (UK): Jianshe Chen and Andrew Rosenthal, Woodhead Publishing, 2015, 2, p. 89-105.
- [35] ALZAMORA, S.M., CASTRO, M.A., VIDALES, S.L., NIETO, A.B. and SALVATORI, D. The roll of tissue microstructure in the textural characteristics of minimally processed fruits. In Alzamora, S.M., Tapia, M.S. & López Malo (Eds.). Minimally processed fruits and vegetables, fundamental aspects and applications. Gaithersburg (USA): Aspen Publishers, Inc., 2000, p. 153-171.
- [36] FERRARI, C. and HUBINGER, M. Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. International Journal of Food Science & Technology, 43(11), 2008, p. 2065-2074.
- [37] KROKIDA, M.K., KARATHANOS, V.T. and MAROULIS, Z.B. Compression analysis of dehydrated agricultural products. Drying Technology, 18(1-2), 2000, p. 395-408.
- [38] FERRARI, C.C., ARBALLO J.R., MASCHERONI, R.H. and HUBINGER, M.D. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. International Journal of Food Science & Technology, 46(2), 2011, p. 436-443.
- [39] CHIRALT, A. and TALENS, P. Physical and chemical induced by osmotic dehydration in plant tissues. Journal of Food Engineering, 67(1-2), 2005, p. 166-177.

- [40] CASTELLO, M.L., FITO, P.J. and CHIRALT, A. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *Journal of Food Engineering*, 2010, 97(1), p. 64-71.
- [41] KIM, E.H.J., CORRIGAN, V.K., WILSON, A.J., WATERS, I.R., HEDDERLEY, D.I. and MORGENSTERN, M.P. Fundamental Fracture Properties Associated with Sensory Hardness of Brittle Solid Foods. *Journal of Texture Studies*, 43 (1), 2012, p. 49-62.

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

CHARACTERIZATION OF GENETIC DIVERSITY OF A COLLECTION OF QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA DE UMA COLEÇÃO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

ANA CRUZ MORILLO-CORONADO¹, MÓNICA ANDREA CASTRO-ROBERTO²,
YACENIA MORILLO-CORONADO³

RESUMEN

La quinua (C. quinoa W.) es considerada un cereal con excelentes propiedades nutricionales, entre las que se destacan su alto contenido proteico, ya que tiene todos los aminoácidos, elementos traza y cantidades significativas de vitaminas. En Colombia, más exactamente en el departamento de Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá ha tenido actualmente un gran impulso debido a sus potencialidades agronómicas y diferentes beneficios que se derivan de la producción, industrialización y comercialización de sus productos. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la diversidad genética de una colección de 55 materiales de quinua con siete marcadores microsatélites RAMs. El análisis mediante el coeficiente de Nei-Li a un nivel de similitud de 0,65 dividió a la población en cuatro grupos de acuerdo al sitio de procedencia de los materiales. El valor de heterocigosidad promedio fue de 0,34

Recibido para evaluación: 15 de agosto de 2016. **Aprobado para publicación:** 8 de Marzo de 2017.

- 1 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Ingeniería Agronómica, Grupo Manejo Biológico de Cultivos. PhD. Fitomejoramiento. Tunja, Colombia.
- 2 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Programa Ingeniería Agronómica, Grupo Competitividad, Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDE). Estudiante Ingeniería Agronómica. Tunja, Colombia.
- 3 Universidad de Caldas, Programa Ingeniería Agronómica. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Manizales, Colombia.

Correspondencia: ana.morillo@uptc.edu.co

el cual se considera bajo en comparación con otros estudios de diversidad genética en *Chenopodium*. El Análisis de Varianza Molecular (AMOVA) y el *Fst* muestran la existencia de variabilidad genética a nivel intraespecífico. Los parámetros de diversidad genética encontrados en este estudio muestran que los materiales de quinua de la colección de la gobernación de Boyacá son muy homogéneos, sin embargo la variabilidad que existe debe ser aprovechada en los programas de mejoramiento genético de la especie que conduzcan hacia la obtención de nuevos y mejores materiales de quinua.

ABSTRACT

Quinoa (*C. quinoa* W.) is considered a cereal with excellent nutritional properties, including high protein content, because it has all amino acids, trace elements and significant amounts of vitamins. In Colombia more accurately in the department of Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá currently has had a huge boost due to their agronomic potential and different benefits derived from the production, processing and marketing of its products. Therefore, the objective of this research was to characterize the genetic diversity of a collection of 55 materials quinoa with seven microsatellite markers RAMs. The analysis by the coefficient of Nei-Li at the level of similarity of 0,65 divided the population into four groups according to the site origin materials. The value of average heterozygosity was 0,34 which is considered low compared to other studies of genetic diversity in *Chenopodium*. Molecular Analysis of Variance (AMOVA) and *Fst* demonstrate the existence of genetic variability at the intraspecific level. The parameters of genetic diversity found in this study show that the quinoa materials of the Boyacá governance collection are very homogeneous, however the variability that exists must be exploited in the breeding programs of the species leading to the production of new and better quinoa materials.

RESUMO

Quinoa (*C. quinoa* W.) é considerado um cereal com excelentes propriedades nutricionais, entre os quais seu alto teor de proteína, uma vez que tem todos os aminoácidos, oligoelementos e quantidades significativas de vitaminas. Na Colômbia, mais precisamente no departamento de Nariño, Cauca, Cundinamarca e Boyacá ele já teve um grande impulso devido ao seu potencial agrônomo e diferentes benefícios derivados da produção, transformação e comercialização dos seus produtos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a diversidade genética de uma coleção de 55 materiais com sete marcadores microssatélites RAMs quinoa. A análise pelo coeficiente de Nei-Li em um nível de similaridade de 0,65 dividiu a população em quatro grupos de acordo com o local de origem dos materiais. O valor de heterozigosidade média foi de 0,34, que é considerado baixo em comparação com outros estudos de diversidade genética em *Chenopodium*. Análise molecular de variância (AMOVA) e *Fst* mostram a existência de variabilidade genética no nível intra-específica. Os parâmetros de diversidade genética encontrados neste estudo mostram que a coleta de materiais quinoa governadoria Boyacá são muito homogênea, no entanto, a variabilidade que existe deve ser utilizada em programas de melhoramento das espécies que levam à obtenção de novos e melhores materiais de quinoa.

PALABRAS CLAVE:

Diversidad genética, Microsatélites RAMs, Cereal andino.

KEYWORDS:

Genetic diversity, Microsatellites RAMs, Andean cereal.

PALABRAS CHAVE:

Diversidade genética, Microssatélites RAMs, Cereal andina.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) es una especie anual, dicotiledónea que pertenece a la familia Chenopodiaceae, cultivada desde el nivel del mar hasta los 4000 m, con amplia adaptación agroecológica y a diferentes tipos de suelos. Originaria de Sur América, sigue siendo cultivada en diferentes regiones de ese continente, especialmente en países como Colombia, Chile, Bolivia, Ecuador y Perú, siendo recientemente introducida en Europa, América del Norte, Asia y África. Se estima que más del 80% de su producción mundial se concentra en países como Perú, Bolivia y Ecuador [1]. También se produce en las zonas costeras del sur de Chile y los valles andinos del sur de Colombia, más exactamente en el departamento de Nariño, Cauca, Boyacá y Cundinamarca [2], en donde ha tenido actualmente un gran impulso debido a sus potencialidades agronómicas y diferentes beneficios que se derivan de la producción, industrialización y comercialización de sus productos [1].

Es considerada un cereal con excelentes propiedades nutricionales entre las que se destacan su alto contenido proteico, ya que tiene todos los aminoácidos, elementos traza y cantidades significativas de vitaminas C, E (tocoferoles) y B (B1, B2 y B3) junto con importantes minerales (Ca, K, Fe, Mg, Mn, P), e isoflavonas que pueden contribuir a sus propiedades antioxidantes. La quinua no tiene gluten y sus ácidos grasos de alta calidad [3]. La testa de sus semillas presenta saponinas, considerada anteriormente como un anti-nutriente debido a su sabor amargo, actualmente se extrae para fines industriales y biomédicos [4]. También se le considera una especie con alta adaptabilidad agroecológica, como resultado de un largo proceso de domesticación, y una alta variabilidad genética. Es una especie que puede tolerar diferentes tipos de estrés como salinidad, frío, alta radiación solar, temperaturas de congelamiento nocturnas, así como tolerancia a factores fitosanitarios [1,5]. Debido a su potencial económico y a que representa un cultivo de seguridad alimentaria para las comunidades andinas, en la última década se ha incentivado su producción entre agricultores, empresas agroindustriales e instituciones [6].

La quinua (*C. quinoa*) constituye uno de los cultivos andinos con escasa investigación en el área de genética y fitomejoramiento, a pesar de que presenta una alta variabilidad en caracteres como color de la planta, flores, contenidos nutricionales y de metabolitos de interés [7]. Estudios de colecta, conservación y caracterización

son necesarios para el planteamiento de estrategias de mejoramiento de esta especie, en este sentido, a nivel internacional se reportan alrededor de 16.263 accesiones de *Chenopodium* colectadas en todo el mundo, las cuales han sido conservadas y caracterizadas parcialmente por instituciones principalmente de Bolivia, Perú, Estados Unidos e India [6]. En Colombia, Corpoica Tibaitatá reporta un banco de germoplasma de 28 accesiones de quinua [6], sin embargo se conoce de la existencia de pequeñas colecciones en los principales departamentos productores. En cuanto a la caracterización de ese recurso fitogenético en el país, solo se tienen los estudios morfoagronómicos desarrollados por Torres *et al.*, (2000) [8] en la Sabana de Bogotá.

Por lo anterior, se hace necesario la implementación de investigaciones que conduzcan al conocimiento de la genética de esta especie, ya que solo existen pocas variedades comerciales, lo cual representa un riesgo fitosanitario y una pérdida de diversidad genética.

El desarrollo de herramientas de biología molecular, biotecnología, secuenciación y bioinformática han permitido el estudio genético de diferentes especies del género *Chenopodium*; entre éstas el mapeo y la caracterización de miles de microsátélites, marcadores de polimorfismo en un simple nucleótido (SNP), la creación de librerías de secuencias expresadas, librerías BAC como también la generación de un segundo mapa de ligamiento, deberían facilitar la introgresión de nuevos alelos en el genoma de la quinua [6, 9]. Para la identificación de la diversidad genética en quinua se han utilizado diferentes sistemas marcadores, entre ellos los más utilizados son los microsátélites, que son de herencia codominante, presentan buena cobertura del genoma, y son de naturaleza multialélica [10]. Entre los microsátélites, los RAMS (Microsátélites Amplificados al Azar) han sido utilizados en diferentes plantas para medir la variación intra e interespecífica, su metodología es factible para pequeños laboratorios y permite la determinación de parámetros genéticos confiables [11,12].

Uno de los principales problemas que afronta el departamento de Boyacá en el sistema productivo de la quinua, es la falta de identificación de sus materiales de siembra, ya que son los mismos agricultores quienes seleccionan su propia semilla de sus cultivos ciclo tras ciclo; esto ha llevado actualmente a que en los campos se vea una mezcla varietal fruto de ese proceso de selección. Por lo anterior, se necesitan establecer los principios básicos para la obtención de materiales de

siembra “puros” de buenos rendimientos, con tolerancia a factores bióticos y abióticos, y adaptados a las condiciones locales. Dentro de este contexto, el presente trabajo de investigación busca caracterizar con marcadores RAMs la colección de quinua de la Gobernación de Boyacá como una primera aproximación hacia el conocimiento, conservación y uso eficiente de este recurso fitogenético, lo cual redundaría en ventajas para la economía, la salud humana y la seguridad alimentaria de los agricultores andinos.

MÉTODO

Material Vegetal

Se evaluaron un total de 54 materiales genéticos de quinua (*C. quinoa*), que hacen parte de la colección que tiene el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Dirección de Desarrollo Agropecuario, dependiente de la Secretaría de Fomento Agropecuario de la Gobernación de Boyacá, en la ciudad de Tunja ubicada a una altura de 2.820 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 13°C (Cuadro 1).

Caracterización molecular

Se realizó en los laboratorios de investigación en Biología Molecular, BIOPLASMA y GEBIMOL, de la Universidad Pedagógica de Colombia (Tunja). Para la extracción de ADN se utilizó el protocolo de Dellaporta modificado por Muñoz *et al.*, (2008) [13]. Los ADN totales se visualizaron en geles de agarosa al 0,8%, en una cámara Maxicell Primo EC-340 Electroforesis Gel System. Para determinar la concentración de ADN se utilizó el fluorómetro Hoefer Dyna Quant 200 y se diluyó en agua tipo HPLC a un volumen total de 100

Cuadro 1. Sitios de procedencia de los materiales de quinua (*C. quinoa*) evaluados.

Procedencia	Cantidad	Altura	Latitud Norte	Longitud Oeste	Temp. promedio (°C)
Perú	4	3.259	12°04'15"	75°12'24"	12
Nariño	38	2.817	3°17'20"	77°21'28"	13
Cauca	1	2.750	2°27'00"	76°37'00"	14
Soracá	10	2.942	5°30'02"	73°19'59"	13
Siachoque	1	2.753	5°30'47"	73°14'39"	13

μ l a 10 ng/ μ l y se almacenó a -20 °C. Para el análisis RAMs se utilizaron siete cebadores sintetizados por Technologies Inc. Bioneer (Cuadro 2).

Para la reacción de amplificación con RAMs se preparó el cóctel en un tubo estéril de microcentrifuga (1,5 mL) para un volumen final de 25 μ L. La mezcla de reacción se preparó con buffer 1X, MgCl₂ 1,5 mM, dNTPs 0,2 mM, Taq Polimerasa 1U, cebador 2 μ M y ADN genómico 10 ng.

La amplificación se llevó a cabo en un termociclador PTC 100 Programmable Thermal Controller (MJ. Research, Inc). La desnaturalización inicial fue a 95°C durante 5 min; desnaturalización a 95°C por 30 seg, hibridación a una temperatura de 50°C (cebador AG y CA), 55°C (cebador CCA-TG-CT) y 58°C (cebador CGA) durante 45 seg, una extensión de 72°C por 2 min, 37 ciclos desde la desnaturalización a extensión y por último una extensión a 72°C durante 7 min. Los productos amplificados fueron separados por electroforesis en geles de poli(acrilamida) 37:1 (acrilamida: bisacrilamida) al 7 % a 150 v por 1 h en una cámara pequeña de DNA Sequencing System, FB-SEQ-3545 de Fisher Biotechnologies. La tinción se realizó usando sales de plata.

Análisis Estadístico

Se generó una matriz binaria de ausencia (cero) y presencia (uno). La similitud genética entre los individuos se calculó utilizando el coeficiente de similitud de Nei y Li (1979) [14]. El análisis de agrupamiento se realizó por el método UPGMA y se generó un dendrograma utilizando el paquete estadístico NTSYS (Numerical Taxonomy System for personal Computer, versión 2.02® PC, New York, 1997) [15]. Para evaluar la diversidad genética se estimó la heterocigosidad insesgada y el

Cuadro 2. Cebadores RAMs utilizados para la caracterización de quinua (*C. quinoa*).

Cebadores	Secuencia (5' a 3')
CCA	DDB(CCA) ₅
CGA	DHB(CGA) ₅
ACA	BDB(ACA) ₅
AG	HBH(AG) ₇ A
CT	DYD(CT) ₇ C
TG	HVH(TG) ₇ T
CA	DBDA(CA) ₇

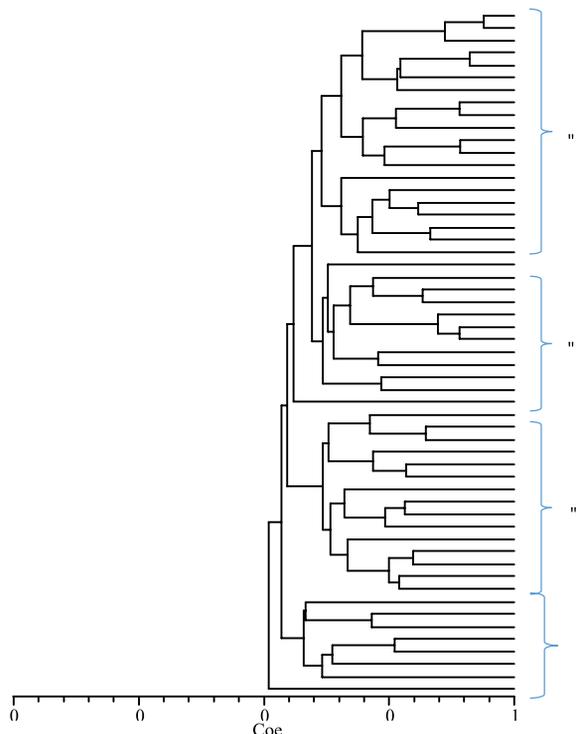
Las siguientes designaciones se usan para los sitios degenerados: H (A ó T ó C); B (G ó T ó C); V (G ó A ó C) y D (G ó A ó T).

porcentaje de loci polimórficos utilizando el paquete estadístico TFPGA (Tools For Population Genetic Analyses, versión 1,3, Arizona 1997) [16]. Se determinó el f estadístico insesgado con un intervalo de confianza del 95 % y se realizó el Análisis de Varianza Molecular (AMOVA) con el programa GEnALex 6,5® [17].

RESULTADOS

El análisis mediante el coeficiente de Nei-Li [14] a un nivel de similitud de 0,65 diferenció a los materiales en cuatro grupos (Figura 1). En el grupo I se encuentran los materiales de quinua procedentes del departamento de Nariño, los cuales presentaron distancias genéticas comprendidas entre 0,80 a 0,92, lo cual muestra que son materiales altamente homogéneos, lo cual puede atribuirse a los procesos de domesticación a que está sometida la especie, el constante intercambio de semillas entre los agricultores de la misma vereda u otras cercanas e incluso con otras zonas productoras del país, el sistema de apareamiento y los eventos de cuello de botella por los cuales ha pasado la especie, lo cual ha llevado a la pérdida de diversidad genética [1].

Figura 1. Dendrograma de las 55 muestras de quinua (*C. quinua*) evaluadas con RAMs.



A 0,60 de similitud encontramos el grupo II con materiales que fueron colectados en las zonas productoras del departamento de Nariño, que se encuentran a una distancia genética de 0,91, con respecto al grupo I, lo cual muestra el alto grado de parentesco que existen entre las quinuas procedentes de una misma región. Ya en el grupo II y grupo IV se puede observar una distribución mucho más laxa de los individuos procedentes de los diferentes sitios de evaluación, poniendo de manifiesto el flujo genético entre ellos, con distancias genéticas entre los diferentes grupos mayores a 0,80, lo cual puede ser beneficioso para los programas de mejoramiento que implementen estrategias de hibridación [9]. Por otro lado, también se puede observar el grado de consanguinidad que existe entre la quinua (*C. quinua*) y otras especies relacionadas como la Kiwicha (*Amaranthus* spp.) e incluso con los materiales peruanos, reafirmando la existencia de un continuo intercambio de semilla entre agricultores o investigadores. En términos generales los agrupamientos correspondieron con el sitio geográfico donde fueron colectados los materiales de quinua, lo cual ya había sido reportado en otros estudios de diversidad genética usando diferentes tipos de marcadores [9, 18]. Estudios realizados en otros países andinos, ya habían reportado también baja variabilidad en las variedades locales de quinua, lo cual era de esperarse por los procesos de selección llevados a cabo por los mejoradores. Así la diversidad genética disminuye después de los procesos sistemáticos de selección llevados a cabo por agricultores o mejoradores [7].

Los siete cebadores RAMs utilizados para la caracterización molecular de los materiales de quinua (*C. quinoa*) generaron un total de 178 bandas (Cuadro 3). El número de bandas por cebador varió entre 20 para el CGA y 35 para ACA, con pesos moleculares entre 300 y 1300 Kb, lo cual se considera adecuado para la estimación de los parámetros genéticos [9,19]. El porcentaje de loci polimórficos para los siete cebadores estuvieron en un rango comprendido entre el 86,36% al 100% (CCA y AG-CCA, respectivamente), con valores de heterocigosidad entre 0,28 para el cebador CT y 0,39 para CGA. Teniendo en cuenta la definición de Ott (1992) [20], la cual considera a un marcador como polimórfico si la H_e es mayor o igual a 0,1 y altamente polimórfico si esta es mayor o igual a 0,7; se determina así que los cebadores RAMs son un grupo de marcadores polimórficos que pueden ser útiles para la discriminación de individuos de quinua estrechamente relacionados [9,21]. El cebador CA fue el que mayor aporte hizo a la variación genética encontrada, F_{st} de

Cuadro 3. Parámetros de diversidad genética estimados en quinua (*C. quinoa*).

Primer	No bandas	He estimada	%loci polimórfico	Fst	SD
ACA	35	0,35	97,14	0,28	0,05
AG	30	0,35	100,00	0,09	0,04
TG	22	0,30	95,45	0,18	0,02
CT	24	0,28	100,00	0,14	0,03
CA	25	0,37	92,00	0,32	0,04
CCA	22	0,33	86,36	0,12	0,03
CGA	20	0,39	100,00	0,25	0,04
Total	178	0,34	96,07	0,21	0,01

0,32, lo cual significa que puede ser útil para la diferenciación de materiales del género *Chenopodium* en estudios de diversidad genética intra o interespecifica.

Asimismo se identificaron que las repeticiones CA, CGA y TG son las secuencias repetidas más frecuentes en el genoma de la quinua a comparación de CCA y AG las cuales parecen estar en una menor frecuencia en los genotipos evaluados y está relacionado con los procesos evolutivos que ha sufrido la especie; resultados similares a los encontrados por Jarvis *et al.*, 2008 [22], quienes desarrollaron un mapa de ligamiento usando marcadores SSR, AFLPs, la región de almacenamiento de proteína en la semilla (11S) y la región organizadora nucleolar (NOR) y en otras especies relacionadas como el amaranto [19].

Para la población total el porcentaje de loci polimórficos y la heterocigosidad promedio esperada (He) fueron de 96,07% y 0,34 respectivamente. El coeficiente de diferenciación genética obtenido (Fst) al evaluar los materiales de quinua de la colección, con los siete microsatélites RAMs, fue de 0,21 con una desviación estándar de 0,01 (Cuadro 3). Según Wright (1978) [23], valores comprendidos entre 0,15 y 0,25 muestran diferenciación genética, la cual está asociada con el nivel de estructuración de la población que tiende a estabilizarse.

En estudios de caracterización de la diversidad genética en *Chenopodium*, con marcadores moleculares dominantes y/o codominantes, se han obtenido altos porcentajes de loci polimórficos y altos valores de heterocigosidad lo cual podría atribuirse a la alotetra-plóidía, al sistema de apareamiento autopolinización/polinización cruzada, ginomonoecia, autoincompatibi-

lidad y la esterilidad masculina [24]; al intercambio de información genética constante a nivel intra o interespecifico con parientes silvestre y ancestrales [9,25]. Con estas herramientas moleculares ha sido posible identificar diferencias a nivel del genoma y similitudes que están asociadas con características morfológicas tales como color del grano y de la panícula, fenología, y distribución geográfica [6]. Por el contrario, los parámetros de diversidad genética encontrados en este estudio muestran que los materiales de quinua de la colección de la gobernación de Boyacá son muy homogéneos, lo cual corrobora los resultados obtenidos en el dendrograma y en la estimación de las distancias genéticas y coincide con estudios realizados por los programas de mejoramiento Chilenos y en la caracterización de 172 accesiones de la colección nacional de Perú mediante marcadores microsatélites, lo que permite inferir teóricamente que hay un déficit de heterocigotos en la población y por tanto, una mayor cantidad de individuos homocigotos debido a los altos porcentajes de autofecundación [7,9].

El análisis de estructura genética mostró una diferenciación entre los individuos evaluados, mientras se pone de manifiesto una deficiencia de heterocigotos como resultado de los procesos de la dinámica espacio-temporal a la que están sometidos estos materiales en su entorno natural, como al sistema de apareamiento tan complejo que presentan las especies de quinua; también podría ser el reflejo de prácticas culturales y ancestrales de las comunidades andinas [7, 9, 25]. El análisis de varianza molecular mostró que el 77% de la variabilidad genética observada en los materiales de quinua evaluados, es debida al componente dentro de grupos y que el 23% restante se atribuye a las diferencias entre ellos, lo cual indica que hay que hacer estudios microgeográficos a nivel intra grupos que es donde se pueden identificar individuos con las mejores combinaciones alélicas para las características de producción, industrialización y mercado. Sin embargo el 23% de variación entre grupos es significativa y también puede incorporarse dentro de las estrategias de mejoramiento de la especie.

La diversidad genética de la quinua (*C. quinoa*) ha logrado mantenerse en el tiempo gracias a las tradiciones y conocimientos ancestrales de las comunidades campesinas, por lo cual es considerado un cultivo de herencia familiar. Sin embargo, en los últimos años con el incremento de su demanda tanto en mercados nacionales como internacionales, ha conducido a que haya una sustitución de las variedades nativas por las

comerciales, lo cual genera pérdida de la diversidad genética e incremento de la homocigosis en las poblaciones haciéndolas más vulnerables a los problemas fitosanitarios y a una reducción en su capacidad para adaptarse a las ambientales tan cambiantes [26]. Por otro lado, el desarrollo industrial también ha provocado el abandono de las áreas rurales por la migración masiva hacia las ciudades, esta situación social y económica está cambiando el uso de la tierra y afectando la variabilidad genética de los cultivos andinos.

Por tanto, es fundamental preservar a pequeña escala la diversidad genética de los materiales locales de quinua, la cual se encuentra fuertemente asociada principalmente a su cultura. Conservar la agrobiodiversidad significa entonces preservar también la cultura asociada a los campesinos que viven en la región andina [7].

Colombia tiene el potencial para incrementar la productividad de este cultivo, por una parte se pueden obtener hasta dos cosechas por año, lo cual no es posible en Bolivia (principal país productor) y por otra, el cultivo se puede someter al esquema de rotación en zonas frías. Boyacá es uno de los departamentos de Colombia con gran vocación agrícola y con las condiciones agroecológicas favorables para el desarrollo de la quinua, en donde se cuenta con más de once municipios productores y algunos se encuentran asociados (Fedequinua); además, como lo pone de manifiesto este trabajo existe variabilidad genética que puede ser aprovechada en los programas de mejoramiento encaminados a la obtención de nuevos y mejores materiales, adaptados a las condiciones locales y que respondan a las necesidades del agricultor, productor y consumidor.

CONCLUSIONES

Los marcadores RAMs permitieron determinar la variabilidad genética existente en los materiales de quinua evaluados agrupándolos de acuerdo al sitio geográfico de procedencia.

Los parámetros de diversidad genética encontrados en este estudio muestran que los materiales de quinua de la colección de la gobernación de Boyacá son muy homogéneos, lo cual corrobora los resultados obtenidos en el dendrograma y en la estimación de las distancias genéticas y coincide con estudios realizados por los programas de mejoramiento Chilenos y Peruanos.

Sin embargo existe variabilidad genética que puede ser aprovechada en los programas de mejoramiento encaminados a la obtención de nuevos y mejores materiales, adaptados a las condiciones locales y que respondan a las necesidades del agricultor, productor y consumidor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más cordial agradecimiento a los Laboratorios de Investigación en Biología Molecular, GEBIMOL y BIOPLASMA de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Al grupo de Investigación Competitividad, Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDE) y al Grupo Manejo Biológico de Cultivos (GMBC).

REFERENCIAS

- [1] ZURITA, A., FUENTES, F., ZAMORA, P., JACOBSEN, S. and SCHWEMBER, A. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 34(1), 2014, p.13-30.
- [2] AGRONET. Anuario estadístico del sector agropecuario [online]. 2013. Disponible: "http://www.agronet.gov.co. [Citado enero de 2016].
- [3] FUENTES, F. y PAREDES, X. Perspectivas nutricéuticas de la Quínoa: Propiedades biológicas y aplicaciones funcionales, In: Bazile D, Bertero HD, Nieto C (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Santiago (Chile): FAO-CIRAD, 2014, p. 341-357.
- [4] MIRANDA, M., VEGA, A., MARTÍNEZ, E., LÓPEZ, J., MARÍN, R., ARANDA, M. and FUENTES, F. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. *Chilean Journal Agricultural Research*, 73(2), 2013, p.108-116.
- [5] YANG, A., AKHTAR, S., AMJAD, M., IQBAL, S. and JACOBSEN, S. Growth and Physiological responses of quinoa to drought and temperatures stress. *Journal Agronomy and Crop Science*, 30(1), 2016, p. 1-9.
- [6] ROJAS, W., PINTO, M., ALANOCA, C., GÓMEZ, L., LEÓN, P., ALERCIA, A., DIULGHEROFF, S., PADULOSI, S. and BAZILE, D. Quinoa Genetics Resources and *ex situ* conservation. Chapter 1.5. Roma (Italia): FAO and CIRAD, State of the Art Report of Quinoa in the World in 2015, p. 56-82.

- [7] BAZILE, D. Contesting Blossoming Treasures of Biodiversity article 42: 'Quinoa - is the United Nation's featured crop of 2013 bad for biodiversity?' - Quinoa, a model crop to examine the dynamics of biodiversity within agricultural systems. *Biodiversity*, 15(1), 2014, p.3-4.
- [8] TORRES, J., VARGAS, H., CORREDOR, G. y REYES, L. Caracterización morfoagronómica de diecinueve cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 17(1-3), 2000, p. 61-68.
- [9] VÍA, R. y FERNÁNDEZ, R. Determinación de la diversidad genética de 172 accesiones de la colección nacional de *Chenopodium quinoa* Willd. "Quinua" mediante marcadores microsatélites [Tesis Licenciada en Biología]. Lima (Perú): Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ciencias Biológicas, 2015, p. 97.
- [10] JUYÓ, D., SARMIENTO, F., ÁLVAREZ, M., BROCHERO, H., GEBHARDT, C. and MOSQUERA, T. Genetic diversity and population structure in diploid potatoes of group Phureja. *Crop Science*, 55(2), 2015, p. 760-769.
- [11] MORILLO, A., MORILLO, Y., PINZÓN, E. and ÁVILA, I. Molecular characterization of the plum collection (*Prunus domestica* (L.) Borkh) of the Pedagogical and Technological University of Colombia. *African Journal of Biotechnology*, 14(3), 2015, p. 257-263.
- [12] DOTOR, M., GONZÁLEZ, L., CASTRO, A., MORILLO, A. y MORILLO, Y. Análisis de la diversidad genética de mora en el departamento de Boyacá. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 2016, p. 10-17.
- [13] MUÑOZ, J., MORILLO, A. y MORILLO, Y. Microsatélites Amplificados al Azar (RAM) en estudios de diversidad genética vegetal. *Acta Agronómica*, 57(4), 2008, p. 219-226.
- [14] NEI, M. and LI, W.H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76(10), 1979, p. 5269-5273.
- [15] ROHLF, F. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (NTSYS-pc Version. 2.02. New York (USA): Applied Biostatistics Inc., Exeter Software, 1997.
- [16] MILLER, M. Tools for Population Genetic Analyses (TFPGA). A windows program for the analyses of allozyme and molecular population genetic data. Arizona (USA): Department of Biological Sciences, Northern Arizona University, 1997.
- [17] PEAKAL, R. and SMOUSE, P. GenAlex 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Bioinformatics*, 28(19), 2012, p. 2537-2539.
- [18] MAUGHAN, P., SMITH, S., ROJAS, J., ELZINGA, D., RANEY, J., JELLEN, E., BONIFACIO, A., UDALL, J. and FAIRBANKS, D. Single nucleotide polymorphism identification, characterization, and linkage mapping in quinoa. *Plant Genome* 5(3), 2012, p.114-125.
- [19] ODUWAYE, A., BARÁNEK, M., CECHOVÁ, J. and RADDOVÁ, J. Reliability and comparison of the polymorphism revealed in amaranth by amplified fragment length polymorphism (AFLPs) and Inter Simple Sequence Repeats (ISSRs). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6(4), 2014, p. 48-56.
- [20] OTT, J. Strategies for characterizing highly polymorphic markers in human gene mapping. *American Journal of Human Genetics*, 51(2), 1992, p. 283-290.
- [21] TAMAYO, H. Caracterización molecular inter e intragenotípica de 16 accesiones de *Chenopodium quinoa* (quinua) mediante la técnica de ISSR [Tesis de Maestría en mejoramiento genético de plantas]. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria La Molina, 2010, p. 76.
- [22] JARVIS, D., KOPP, O., JELLEN, E., MARLLORY, M., PATTEE, J., BONIFACIO, A., COLEMAN, C., STEVENS, M., FAIRBANKS, D. and MAUGHAN, P. Simple sequence repeat marker development and genetic mapping in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Genetics*, 87(1), 2008, p. 39-51.
- [23] WRIGHT, S. Evolution and the genetics of populations, variability within and among natural populations. Chicago (USA): University of Chicago Press, 1978, 566 p.
- [24] SPEHAR, C. and ROCHA, J. Exploiting genotypic variability from low-altitude Brazilian savannah-adapted *Chenopodium quinoa*. *Euphytica*, 175(1), 2010, p. 13-21.
- [25] COSTA, S., MANIFIESTO, M., BRAMARDI, S. and BERTERO, H. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) a reflection of landscape structure in Northwest Argentina. *Conservation Genetics*, 13(4), 2012, p. 1027-1038.
- [26] FUENTES, F., BAZILE, D., BHARGAVA, A. and MARTÍNEZ, E. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *The Journal of Agricultural Science*, 150(6), 2012, p. 702-716.

EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN

EVALUATION OF A URBAN AGRICULTURE PRACTICE WITH PET BOTTLES IN POPAYAN CITY

AVALIAÇÃO DE UMA PRÁTICA DE AGRICULTURA URBANA COM GARRAFAS ACARICIA NA MUNICIPALIDADE DE POPAYÁN

ANTONIO JOSE CHAGUENDO-DORADO¹, SANDRA MORALES-VELASCO², FABIO ALONSO PRADO-CERON³

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar tres formas de siembra en botellas PET como -práctica de Agricultura Urbana en la comuna dos del municipio de Popayán. El diseño experimental fue completamente al azar en factorial de 2x3, donde se buscó encontrar la interacción entre los 2 factores que fueron las especies o cultivos sembrados (1: Cilantro - Coriandrum sativum var. Patimorado; 2: Lechuga - Lactuca sativa var. Simpson) y los grados de inclinación de la botella (1: botella horizontal, 2: botella vertical, 3: botella inclinada 45°); se sembraron dos testigos en materas para tener la comparación de referencia. Usando el programa SPSS 22, se analizaron variables agronómicas como altura, cobertura, vigor y biomasa en las especies sembradas. Se aplicaron tres pruebas estadísticas; la primera fue para determinar la homogeneidad de los datos, mediante Kolmogorov – Smirnov; la segunda fue Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$) para hallar diferencias entre los cultivos y por último el análisis de Mann Whitney de dos muestras independientes ($p \leq 0,05$). Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre los factores, evidenciando

Recibido para evaluación: 17 de julio de 2016. **Aprobado para publicación:** 25 de febrero de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria. Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria. Profesora Titular, Magister en Recursos Hidrobiológicos, Ecóloga. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria. Magister en Suelos, Ingeniero Agrónomo. Popayán, Colombia.

Correspondencia: samorales@unicauca.edu.co

mejor producción en la botella vertical, que registró mayores valores para vigor y peso fresco en las dos especies, debido a la relación existente entre el tamaño del recipiente y el desarrollo radicular - biomasa aérea.

ABSTRACT

The investigation had as objective to assess three forms of planting in PET bottles as the practice of urban agriculture in the commune two of the municipality of Popayán. The experimental design was completely randomized in factorial of 2x3, Where it is sought to find the interaction between the 2 factors that were the species or crops sown (1: Cilantro - Coriandrum sativum var. Patimorado; 2: Lettuce - Lactuca sativa var. Simpson) and the degrees of inclination of the bottle (1 bottle: horizontal, 2 bottle: vertical, 3: bottle inclined 45°); planted two witnesses in pots to have the comparison of reference. Using the program SPSS 22, variables were analyzed agronomic characteristics such as height, coverage, force and biomass in the species planted. We applied three statistical tests; the first was to determine the homogeneity of the data by Kolmogorov - Smirnov; the second was Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$) to find differences between crops and finally the analysis of Mann Whitney of two independent samples ($p \leq 0,05$). The results showed significant statistical differences ($p \leq 0,05$) among the factors, evidencing best production in the bottle upright, which recorded higher values for force and fresh weight in the two species, due to the relationship between the size of the bowl and the root development - aerial biomass.

PALABRAS CLAVE:

Grado de inclinación, Desarrollo radicular, Biomasa.

KEYWORDS:

Degree of inclination, Root development, Biomass.

PALAVRAS-CHAVE:

Grau de inclinação, Radicular de desenvolvimento, Biomassa.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar três formas de plantio de garrafas PET como uma prática da agricultura urbana no município comuna Dois de Popayan. A concepção experimental foi completamente casualizado em 2x3 factorial, onde procurou-se encontrar a interação entre os dois factores foram as espécies ou culturas semeadas (1: Coentro - Coriandrum sativum var Patimorado; 2: Alface - Lactuca sativa var Simpson) e os graus de inclinação da garrafa (1: garrafa horizontal, 2: frasco vertical, 3: frasco inclinado 45°); duas testemunhas em vasos foram semeados a ter a comparação de referência. Utilizando o programa SPSS 22, variáveis agronômicas tais como a altura, a cobertura, o vigor e espécies de biomassa semeadas foram analisados. três testes estatísticos foram aplicados; o primeiro foi determinar a homogeneidade dos dados de Kolmogorov - Smirnov; o segundo foi de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$) para encontrar diferenças entre as culturas e finalmente análise de Mann Whitney de duas amostras independentes ($p \leq 0,05$). Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre os factores, evidenciando uma melhor produção na garrafa vertical que tinha valores mais elevados para força e de peso fresco, em ambas as espécies, devido à relação entre o tamanho do recipiente e o desenvolvimento das raízes - biomassa.

INTRODUCCIÓN

La concentración de personas en áreas urbanas se ha acrecentado por el desplazamiento forzoso desde las áreas rurales hacia las ciudades, situación causada por alteración del orden público y/o desastres naturales; tal situación es registrada desde mitades del siglo XX en los países del sur (Centro y Sur América), donde la población migran a otros países, principalmente a grandes ciudades [1], por causas como, altos niveles de pobreza y el desplazamiento por el conflicto armado [2]. Un Informe publicado por The Human Rights Watch [3] muestra que para el año 2013 cerca de 150.000 personas abandonaron su hogar en la zona rural, incrementando el número de habitantes en las urbes, que equivale al 70% de los 48,93 millones de habitantes de Colombia [4,5].

Los procesos de urbanización, junto con el crecimiento de la población (proyectada en 9000 millones para el 2050) disminuye la oferta de alimentos, debido a que los residentes en las ciudades son consumidores y no productores; todo esto unido a los problemas ambientales (degradación del suelo, contaminación del agua y cambio climático) limitan la productividad de los sistemas agrarios y por ende la seguridad y soberanía alimentaria de las comunidades [6].

Informes sobre Desarrollo Humano regionales del PNUD, demuestran que en países empobrecidos, las personas residentes en el campo y en la ciudad tienen dificultades para acceder al alimento, debido al gasto que estos generan, representados en un 60 al 80% del total de los ingresos familiares [7], disminuyendo la posibilidad de acceder a otras necesidades básicas, lo que genera una crisis social [8].

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha venido adoptando objetivos globales para el desarrollo sostenible, donde propone "Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible"; para lo cual tiene como meta al 2030, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala; en particular las mujeres, agricultores familiares, pastores y pescadores, mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a recursos de producción e insumos, conocimientos, servicios financieros, mercados y oportunidades para la generación de valor agregado y empleos no agrícolas [9].

Bajo este contexto, la agricultura urbana - AU, es una alternativa que fortalece los procesos de seguridad y soberanía alimentaria; definida como el cultivo de plantas y cría de animales en el interior y alrededores de las ciudades, donde la producción puede ser para autoconsumo y/o comercializada en mercados locales [10].

Investigaciones realizadas en América Latina, por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), reportan que huertos urbanos, pueden ser hasta 15 veces más productivos que las fincas rurales, obtienen más ingresos ya que gastan menos en transporte, empaque y almacenamiento [10, 11].

Existen diversas actividades articuladas a la AU (techos verdes, jardines productivos, materas, PET, etc), pero son escasas las investigaciones que evalúen la efectividad de las mismas, condición que puede limitar la ejecución de programas que promuevan esta actividad; por lo tanto, el presente escrito, documenta la investigación que tuvo como objetivo general evaluar tres formas de siembra en botellas PET (Trefalato de Polietileno) como práctica de Agricultura Urbana en la Comuna dos del municipio de Popayán.

MÉTODO

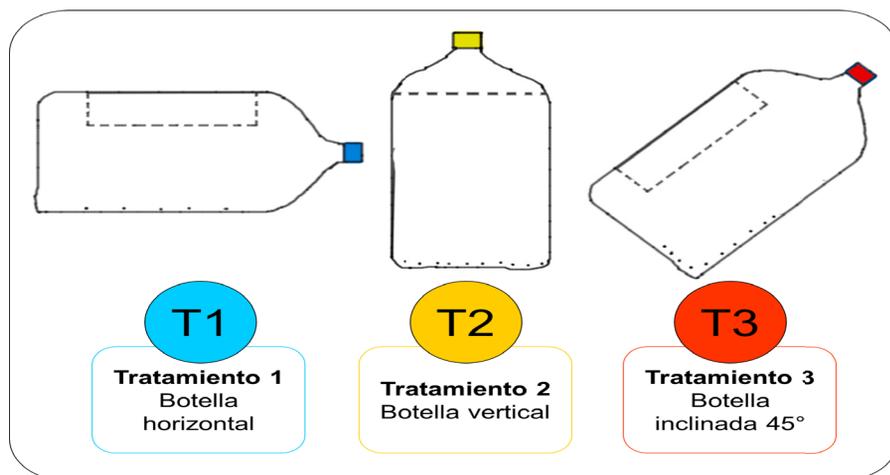
Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el barrio San Ignacio, ubicado en la comuna dos al norte occidente de la zona urbana del municipio de Popayán (Departamento del Cauca), con una estratificación socioeconómica 2 y 3 (estratos bajos) y un núcleo de personas destechadas (menor de edad o adulto mayor, que carece de un lugar permanente para residir y se ve obligada a vivir a la intemperie, o en portales de viviendas). La localidad en mención está a 1.737 msnm, con temperatura promedio de 19,8°C, precipitaciones de 1941 mm al año y humedad relativa promedio de 74% [12].

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar en factorial de 2 por 3. Donde se buscó encontrar la interacción entre los 2 factores que fueron las especies o cultivos sembrados (1: Cilantro - *Coriandrum sativum* var. Patimorado; 2: Lechuga - *Lactuca sativa* var. Simpson) y los grados de inclinación de la botella (Figura 1).

Figura 1. Descripción de los grados de inclinación en las botellas.



Cada factor tuvo 4 repeticiones aleatorizados por las tres inclinaciones (Horizontal, vertical e inclinado 45°) en las botellas PET (Tereftalato de Polietileno); y se sembraron los testigos en el suelo siguiendo las recomendaciones técnicas. Los resultados obtenidos sirvieron para comparar la producción de biomasa en relación con los factores evaluados.

Instalación

Se adecuaron 24 botellas PET de 3 L con las iguales medidas; cada una se cortó y adecuó de acuerdo a la disposición en el diseño experimental, los protocolos de limpieza fueron iguales para todos. Posterior a esto, se preparó el sustrato de siembra, mezclando abono orgánico en una proporción 3:1 con suelo del sitio de estudio; combinación también usada para la siembra de los testigos. Por último, se situaron las botellas PET sobre un muro de ladrillo, durante este proceso se mantuvieron constantes las condiciones de luz y humedad.

Siembra

Los cultivares utilizados fueron Lechuga (*Lactuca sativa* var. Simpson) dejando una planta por botella, y Cilantro (*Coriandrum sativum* var. Patimorado) con 0,1 g de semilla por botella [13]; previo a la siembra se humedeció el sustrato, se realizó la prueba de puño comprobando la humedad para facilitar la germinación.

VARIABLES EVALUADAS

Se realizó cada ocho (8) días después de la emergencia de los cultivos. Para la evaluación agronómica se

tomaron datos siguiendo la metodología del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) expuesta por Toledo [14], se analizaron:

Vigor. Se calificó el estado general de la planta, color, crecimiento y sanidad en una escala de 1 a 5, siendo 1 el de menor comportamiento y 5 el mejor.

Cobertura. Se expresó en porcentaje (%), de acuerdo al área ocupada sobre la superficie de la botella.

Altura. Se midió en centímetros (cm) tomando la distancia desde el piso hasta la parte más alta de cada planta en estado natural o última hoja formada [15].

Porcentaje de materia seca. Se calculó para cada interacción resultante, después de la cosecha de los cultivos. La biomasa fue secada durante 3 días a 72°C en un horno de secado para forrajes, registrándose el peso inicial y final de la parte aérea de la planta, como de las raíces y se aplicó la siguiente fórmula.

$$\%M. S. = \frac{\text{Peso Final} \cdot 100}{\text{Peso Inicial}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Análisis de datos

Se aplicaron tres pruebas estadísticas; la primera fue para determinar la homogeneidad de los datos, mediante Kolmogorov – Smirnov; la segunda fue Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$) para hallar diferencias entre los cultivos y por último el análisis de Mann Whitney de dos muestras independientes ($p \leq 0,05$), evaluando las diferentes agrupaciones de las interacciones que se pueden dar (2×3), para tal fin se usó el programa estadístico SPSS 22.

RESULTADOS

Evaluación de las cultivos (*Coriandrum sativum* var. Patimorado; *Lactuca sativa* var. Simpson) en las botellas PET

La prueba de Kruskal Wallis, mostró que no hay diferencias estadísticas significativas entre los cultivos para las variables altura y cobertura, explicado por:

Factores internos: la condición de la semilla (certificada) garantizó la forma de almacenamiento y dormancia de la misma, lo que contribuyó a la viabilidad del embrión, cantidad de proteína y calidad del tejido de reserva, que permitió una adecuada germinación [17,18].

Factores externos y/o ambientales: los cuales fueron homogéneos para las dos cultivos, regulando de esta manera el crecimiento (suelo, temperatura y humedad) [17,18].

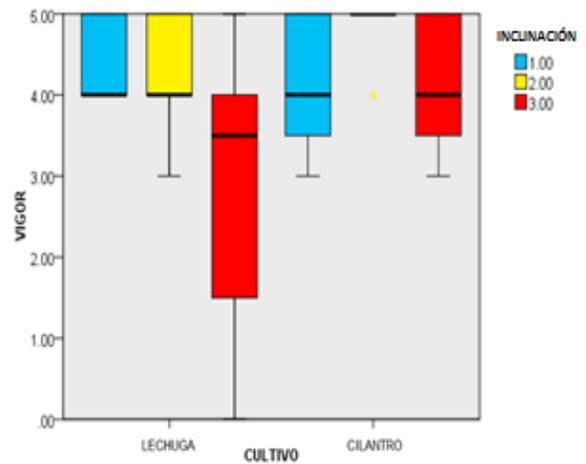
Evaluación de la inclinación de las botellas

La prueba de Mann Whitney, registró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,015$) para el vigor entre las inclinaciones en las cuales fueron dispuestas especies.

La botella vertical presentó mejor expresión, con un valor medio de 4 para lechuga y 5 para cilantro, a diferencia del recipiente orientado a 45°, donde las plantas fueron menos vigorosas, con registros menores a 4 y mayor variabilidad en los datos (Figura 2).

Explicado, porque al estar la materia a 45°, se generó un impedimento mecánico para la penetración y desa-

Figura 2. Diagrama de cajas para el vigor.

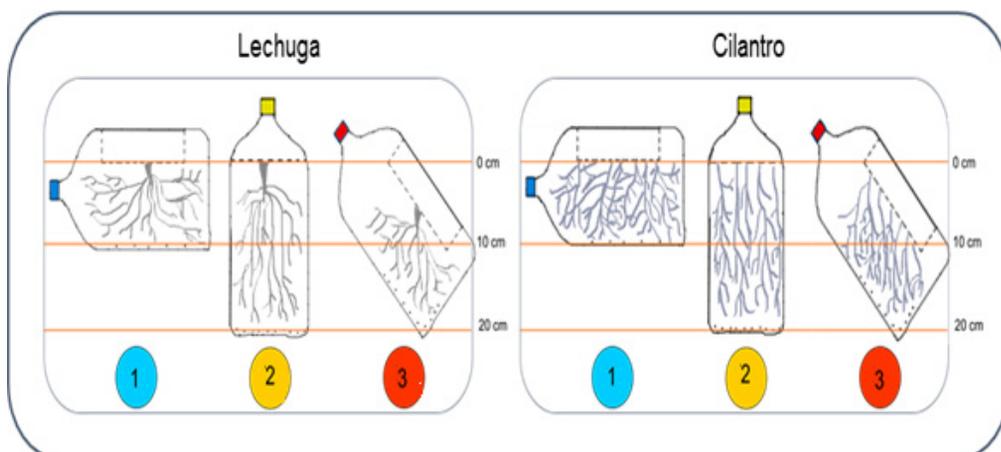


rollo de las raíces, que unido a la irregularidad del fondo pudo influir en el vigor, ya que el sistema radicular se desarrolló de forma heterogénea enredándose, con una consecuente competencia por espacio y por nutrientes, que van a limitar a largo plazo la productividad del cultivo [19,20] (Figura 3).

La inclinación de la botella 45°, también afectó la capacidad la ramificación de la planta y producción de hojas en los dos cultivos, generando estrés a en la planta, limitando procesos metabólicos y fisiológicos [21], provocando oscilaciones en el crecimiento de hojas y raíces, disminuyendo el vigor (3,8) expresado en variaciones de color e irregularidad en el tamaño de la planta [22].

La prueba de Mann Whitney, mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,03$) en el cultivo de cilantro

Figura 3. Desarrollo radicular de los cultivos de *Lactuca sativa* var. Simpson y *Coriandrum sativum* var. Patimorado.



para la variable cobertura, donde la posición vertical, alcanzó valores del 80%, en comparación con los otros factores evaluados, que registraron datos por debajo del 60% (Figura 4).

Investigaciones realizadas en hortalizas, argumentan la relación directa entre la materia y el desarrollo de la raíz. El tamaño del recipiente donde es sembrada la planta, influencia el área foliar, la biomasa aérea y radical, que se refleja en el crecimiento de las plántulas [20]; esto se evidenció en el las plantas de los recipientes verticales, donde el cilantro tuvo un mayor crecimiento; condición contraria a la expresada a nivel vertical y de 45°, las cuales registraron coberturas promedio de 40 y 38%, evidenciando limitación en el desarrollo de la especie, por la variabilidad en la profundidad del sustrato, que condiciona el desarrollo radicular y por ende la uniformidad de las hojas [23, 24].

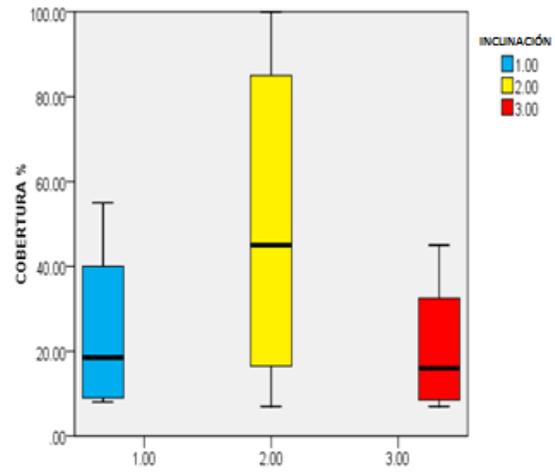
Producción

Los resultados de biomasa de las botellas verticales presentaron los mejores valores de peso fresco aéreo con 200 g en el cultivo de lechuga y 100 g para cilantro, sin embargo, no superaron los cultivos testigo.

En cuanto a los envases a 45°, tuvo los registros más bajos (Lechuga: 80 g; Cilantro: 68 g) y con pesos intermedios los dispuestos horizontalmente (figura 5).

Los resultados obtenidos, confirman la relación directamente proporcional entre el aérea radicular y producción de biomasa [23], donde un pequeño espacio disponible para las raíces, dificulta el normal suministro de recursos

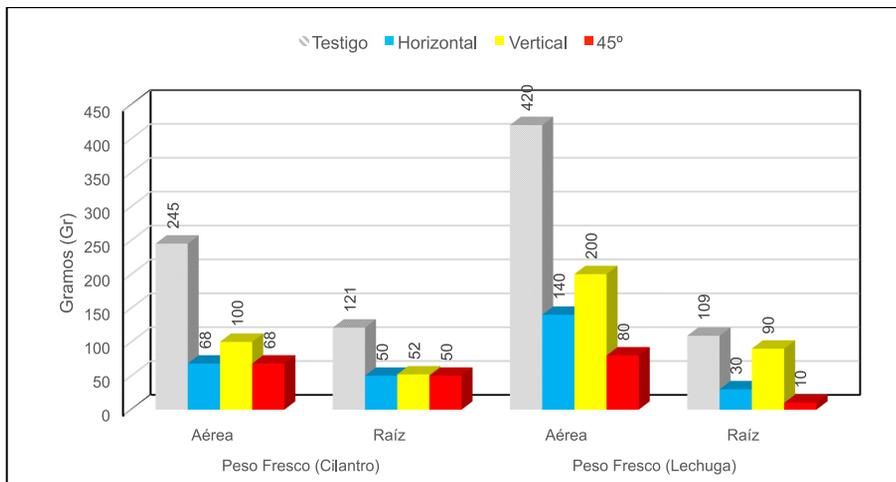
Figura 4. Diagrama de cajas para cobertura - *Coriandrum sativum* var. Patimorado



para garantizar un crecimiento y desarrollo óptimo [25]; ya que a mayor crecimiento habrá mejor respiración, elongación celular, y absorción de nutrientes [26] lo que afecta directamente la producción de la planta favoreciendo la fotosíntesis, y por ende la productividad del cultivo [27,28].

En Colombia, los cultivos con tecnología media (incluye variedades seleccionadas, utilización de agroquímicos y fertilizantes en general, prácticas de siembra y mantenimientos rudimentarios para controlar variables de producción, preparación, cosecha y poscosecha) tienen rendimientos de 25 y 11 Ton/Ha para lechuga y cilantro respectivamente [29,30]; al realizar la proyección del área utilizada en la botella vertical, se obtienen rendimientos mayores a los registros nacionales, con valores de 25,34

Figura 5. Producción de Biomasa de los cultivos (*Lactuca sativa* var. Simpson y *Coriandrum sativum* var. Patimorado)



Ton/Ha para lechuga y 12,65 para cilantro, permitiendo que este tipo de práctica sea competitiva en el mercado y sea de fácil replicación por parte de la comunidad en sus paredes o espacios comunitarios.

Con respecto al análisis sobre la seguridad alimentaria propuesta para una persona, la OMS [31] recomienda que se debe consumir 400 g al día de frutas y verduras, en Colombia el consumo de productos hortofrutícolas es de 100 g diarios [32]; con el modelo implementado, se lograría cumplir con el consumo diario en el país si se establecen 14 unidades (o botellas PET de 3 litros) semanales entre cilantro y lechuga de forma escalonada para el abastecimiento diario-semanal.

CONCLUSIONES

La agricultura en botellas PET utilizando las paredes de los patios interiores de las casas se pueden obtener producciones que suplen la demanda de verduras requeridas en la dieta familiar.

La utilización de botellas PET puede generar un impacto positivo para el ambiente, ya que al utilizar este tipo de materiales, se promueve el reciclaje en la medida que se masifique la producción en agricultura urbana.

La forma de siembra más efectiva en botellas PET para los cultivos de cilantro y lechuga es la posición vertical que permitió mayor vigor, desarrollo, crecimiento y producción con 100 gr de cilantro fresco y 200 g para lechuga por botella.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación para el Desarrollo Integral de la Mujer, Red de Mujeres Solidarias y al grupo de Adulto Mayor Juventud de Ayer, por apoyar el desarrollo de este estudio dentro de su organización. a Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias y al Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria por el apoyo ofrecido.

REFERENCIAS

- [1] RIBEIRO, S.M., BÓGUS, C.M. y WATANABE, H.A. Agricultura urbana agroecológica na perspectiva da promoção da saúde. *Saúde e Sociedade*, 24(2), 2015, p. 730-743.
- [2] FLÓREZ, J.A. Patrones de migración en Colombia desde la perspectiva de la teoría de redes. *Cuadernos de Economía*, 32(59), 2013, p. 339-345.
- [3] HUMAN RIGHTS WATCH. Informe Mundial, 2014 [online]. 2014. Disponible: http://www.hrw.org/sites/default/files/related_material/colombia_sp_4.pdf. [Citado 6 de agosto de 2016].
- [4] CORAL, M.E. y MONTOYA, I. Crecimiento económico en Colombia: una aproximación empírica fundamentada en la perspectiva capital humano (1960-2009). *Apuntes del CENES*, 33(58), 2014, p. 11-32.
- [5] RUEDA-PLATA, J.O. El campo y la ciudad. Colombia, de país rural a país urbano. *Credencial Historia*, 119(1), 1999, p. 108-112.
- [6] RAMOS, G.C. Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio ambiente y urbanización*, 80(1), 2014, p. 95-123.
- [7] HERNÁNDEZ, L. La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Cultivos Tropicales*, 27(2), 2006, p. 13-26.
- [8] CRESPO, M.E. y PÉREZ, M.M. Un acercamiento a la Gestión de la Seguridad Alimentaria. *Cooperativismo y desarrollo*, 2(2), 2014, p. 188-198.
- [9] SANAHUJA, J.A. De los Objetivos del Milenio al desarrollo sostenible: Naciones Unidas y las metas globales post. *Anuario Ceipaz. 2014-2015. Focos de tensión, cambio geopolítico y agenda global*, 2014, p. 49-83.
- [10] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), FONDO INTERNACIONAL DE DESARROLLO AGRÍCOLA (FIDA) y PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS (PMA). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo: fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma (Italia): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2014.
- [11] ZÁRATE-MARTÍN M.A. Agricultura urbana, condición para el desarrollo sostenible. *Anales de Geografía*, 35(2), 2015, p. 167-194.
- [12] ROJAS, C., TERÁN-GÓMEZ, V.F. y ORTIZ-TOVAR, D.F. Aprovechamiento de residuos sólidos en un sistema hidro-orgánico de agricultura urbana. *Acta Agronómica*, 57(4), 2008, p. 263-267.
- [13] DE TAFUR, M.S., FLORES, J.C. y PIMENTEL, G. E. Respuesta fisiológica de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica*, 63(3), 2014, p. 246-252.

- [14] TOLEDO, J.M. Manual para la evaluación agrónomica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Cali (Colombia): volumen 1, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1982.
- [15] CAMPO-MARTÍNEZ, A.D.P., ACOSTA-SANCHEZ, R.L., MORALES-VELASCO, S. y PRADO, F.A. Evaluación de microrganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 2014, p. 79-87.
- [16] GÓMEZ, M., DANGLLOT, C. y VEGA, L. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas: cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 70(2), 2003, p. 91-99.
- [17] MELGAREJO, L.M. Experimentos en Fisiología Vegetal. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Charlie's impresores Ltda, 2010, 277 p.
- [18] CÓRDOVA, R. Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región [Tesis Licenciado en Agronomía]. Valdivia (Chile): Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Instituto de Economía Agraria, 2005, 85 p.
- [19] BROOKER, R.W. *et al.* Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1), 2015, p. 107-117.
- [20] AMEZQUITA, E. Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Revista Palmas*, 20(1), 1999, p. 73-86.
- [21] SOLARTE, M.E., PÉREZ, L.V. y MELGAREJO, L.M. Ecofisiología vegetal. Experimentos en Fisiología Vegetal. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2010, p. 137-166.
- [22] AZCÓN, J., FLECK, I., ARANDA, X. y GÓMEZ, N. Fotosíntesis: factores ambientales y cambio climático. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid (España): McGraw-Hill Interamericana, 2008, p. 247-263.
- [23] SILVA, J. Modulación del sistema radicular en condiciones de estrés [Tesis doctorado en genética]. Madrid (España): Departamento de Genética, Universidad Complutense de Madrid, 2016, 69 p.
- [24] BENITES, J. y FRIEDRICH, T. Manual on integrated soil management and conservation practices. Rome (Italy): UN-FAO, , 2016, 228 p.
- [25] SALUSSO, F.A., PLEVICH, J.O., DELGADO, A.R.S., GROSSO, L.E. y RAMOS, D.F. Calidad de plántulas de lechuga en diferentes volúmenes de celdas y su influencia en el rendimiento. *Revista Engenharia na Agricultura*, 23(6), 2015, p.575 - 589.
- [26] PIRE, R. Densidad longitudinal de raíces y extracción de humedad en un viñedo de El Tocuyo Venezuela. *Revista de Agronomía Tropical*, 35(1/3), 1986, p. 5-20.
- [27] AULER, A.C., LOS GALETTO, S., SILVA, A.R. and VERONA, R.B. Lettuce seedlings development index in different substrates using multivariate analysis. *Científica*, 43(1), 2015, p. 50-57.
- [28] SANTELICES, R., ESPINOZA, S. y CABRERA, A.M. Efecto de distintos niveles de sombra y dosis de fertilizante en el cultivo in vitro de plantas de *Nothofagus leonii* procedentes de su distribución más septentrional en Chile Central. *Bosque (Valdivia)*, 36(2), 2015, p. 179-185.
- [29] PORTILLA, A. 2007. Entorno de la cadena productiva de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias en Colombia. Plan Hortícola Nacional (CCI, Asohofrucol, Ministerio de Agricultura). En: *Perspectivas del agronegocio de hierbas aromáticas culinarias y medicinales*. Bogotá (Colombia): Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, 2008, pp.11-26.
- [30] CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). Plan Hortícola Nacional [online]. 2006. Disponible: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf. [citado junio 2016].
- [31] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Alimentación sana. Nota descriptiva N° 394 [online]. 2015. Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>. [Citado junio de 2016].
- [32] COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. En Colombia 35% de las personas no consumen frutas y 70% no consume hortalizas diariamente [online]. 2015. Disponible: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-Colombia-35-de-las-personas-no-consumen-frutas-y-70-hortalizas-.aspx>. [citado junio 2016].

CONOCIMIENTOS Y PRÁCTICAS SOCIALES ASOCIADAS A CISTICERCOSIS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA COLOMBIA

KNOWLEDGE AND SOCIAL PRACTICES ASSOCIATED WITH CYSTICERCOSIS IN RURAL COMMUNITIES OF THE MUNICIPALITY OF MERCADERES CAUCA COLOMBIA

CONHECIMENTOS E PRÁTICAS SOCIAIS ASSOCIADAS À CISTICERCOSE EM COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE MERCADERES CAUCA COLÔMBIA

ALEJANDRO HURTADO HERNANDEZ¹, DIEGO VERGARA COLLAZOS²

RESUMEN

La cisticercosis es una enfermedad parasitaria que afecta a los seres humanos y los cerdos, es considerada un problema de salud pública en países en desarrollo y emergente en países desarrollados, por sus importantes implicaciones sociales y económicas. El presente artículo es el resultado de un estudio exploratorio que busca describir conocimientos y prácticas sociales asociadas al Cisticerco en comunidades rurales colombianas. Durante dos décadas de intervenciones basadas en guías protocolizadas por autoridades e instituciones de salud, las representaciones y las prácticas sociales de la propia comunidad no han mostrado modificaciones o cambios significativos para afrontar este padecimiento. El estudio analiza la información obtenida con la participación de la comunidad utilizando la metodología de la teoría fundada, con la técnica de codificación abierta. En

Recibido para evaluación: 15 de mayo de 2016. **Aprobado para publicación:** 25 de Marzo de 2017.

1 Fundación El Sembrador. Psicólogo, Especialista en Integración Social y Alta Gerencia. San Juan de Pasto, Colombia

2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Médico Veterinario Zootecnista, Esp. Mcs. Popayán, Colombia.

los modelos explicativos encontrados se evidencian vacíos entre lo que la comunidad considera que es lo visible y lo invisible de la enfermedad, un factor importante para entender popular y cotidianamente el ciclo vital de esta patología, lo que incide también en el pensamiento económico y en las prácticas sociales de control comunitario.

ABSTRACT

Cysticercosis is a parasitic disease which affects humans and pigs, it is considered as a public health issue in developing, and it is emerging developed countries, given the important social and economic implications. This paper is the result of an exploratory study that I seek to describe knowledge and social practices associated with the Cysticercosis in Colombian rural communities. For two decades of interventions based on guidelines protocolised by health authorities and institutions, representations and social practices of the community didn't have shown modifications or significant changes to face this disease. The study analyzes the information obtained with the participation of the community, applying the methodology of the founded theory with open coding technique. In the explanatory models found, there are evident gaps between what the community regards as visible and invisible aspects of the disease, an important factor for understanding the life cycle of this disease in a popular and everyday's manner, also affecting the economic perception and the social control practices by the community.

RESUMO

A cisticercose é uma doença parasitária que afeta os seres humanos e os suínos, é considerada um problema de saúde pública em países em desenvolvimento e emergente em países desenvolvidos, por suas importantes implicações sociais e econômicas. O presente artigo é o resultado de um estudo exploratório que buscou descrever conhecimentos e práticas sociais associadas à cisticercose em comunidades rurais colombianas. Durante duas décadas de intervenções baseadas em formulários protocolados por autoridades e instituições de saúde, as representações e as práticas sociais da própria comunidade não mostraram modificações ou mudanças significativas para afrontar este padecimento. O estudo analisa a informação obtida com a participação da comunidade utilizando a metodologia da teoria fundada, com a técnica de codificação aberta. Nos modelos explicativos encontrados, se evidenciam lacunas entre o que a comunidade considera que é o visível e o invisível da doença, um fator importante para entender o popular e cotidiano do ciclo vital desta patologia, o que incide também no pensamento econômico e nas práticas sociais de controle comunitário.

PALABRAS CLAVE:

Zoonosis, Intervenciones, Comunidad, Conocimiento.

KEYWORDS:

Zoonosis, Interventions, Community, Knowledge.

PALAVRAS-CHAVE:

Zoonose, Intervenção, Comunidade, Conhecimento.

INTRODUCCIÓN

La cisticercosis (conocida como complejo teniasis-cisticercosis) es una enfermedad que afecta a los seres humanos y los cerdos (zoonosis) y es considerada un problema de salud pública en países en desarrollo y emergente en países desarrollados, por sus importantes implicaciones sociales y económicas [1, 2, 3].

Esta enfermedad es causada por el metacestodo o forma larvaria de la *Tenia Solium* y puede afectar diferentes tejidos del organismo. Se adquiere al ingerir los huevillos de *Tenia Solium*, que después eclosionan en el intestino. Los embriones liberados (oncosferas) penetran a la mucosa intestinal, logran llegar al sistema circulatorio y se establecen en diferentes tejidos como en el sistema nervioso central, musculo estriado, celular subcutáneo, globo ocular, donde se desarrollan como metacestodos (Cisticercos) [4, 5].

La prevalencia de la enfermedad en términos generales depende de la relación de el ser humano, único huésped definitivo y el cerdo, principal huésped intermediario [2], en interacción con: a) hábitos higiénicos y consumo de carne de cerdo con cisticercos o de agua o vegetales contaminados con huevos de *T. solium*; b)

crianza de los cerdos en libertad; c) ausencia de saneamiento ambiental, tratamiento antiparasitario y campañas de educación comunitaria [1].

La seroprevalencias de la cisticercosis en humanos en el continente americano oscila entre 1,3% y 36,5% y en Colombia entre 1,8 y 2,2%. Por su parte, Sanzon *et al.* (1991) reportaron para Colombia una prevalencia del 23%. En estos estudios la enfermedad también se asocio con ciertas zonas donde las condiciones higiénico sanitarias no son adecuadas, existe la porcicultura traspatio, hay poco acceso a los servicios públicos como agua potable y alcantarillado y como el factor más determinante en el ciclo, persiste la defecación al aire libre [2, 6, 7, 8]. En el Departamento del Cauca, en un estudio para varios municipios, encontraron una seroprevalencia del 55,2%, siendo la más alta la registrada en el municipio de Mercaderes [9]: conocer la prevalencia real es difícil ya que el 49% de infectados se encuentran asintomáticos [6].

En cuanto a la cisticercosis porcina en América latina, se han encontrado prevalencias entre el 2% y 75%, con un promedio de 17% [2]. Un estudio seroepidemiológico en cerdos sacrificados en diez mataderos

municipales en el Cauca, mostró una seropositividad promedio del 17%, siendo para el Municipio de Mercaderes del 26%, y las proyecciones económicas de este estudio revelaron que el decomiso de los animales positivos hubiera representado pérdidas económicas cercanas a \$ 62'208.000 para el año 2004 [10]. La historia natural y la epidemiología son poco documentadas y por tanto subestimada [10].

En un estudio similar de prevalencia de teniasis, cisticercosis y factores de riesgos asociados en comunidades que padecen la enfermedad por más de dos décadas [11], los conocimientos previos y prácticas sociales utilizadas por esas comunidades para reducir la enfermedad, no hacen parte de los factores de riesgo a investigar y a tener luego en cuenta para hacer más efectivas las intervenciones de prevención y control; aunque al desconocimiento de información científica sobre la enfermedad se le atribuye un papel preponderante como factor de riesgo en relación directa con la prevalencia. Del mismo modo, en la literatura disponible al conocimiento previo que las comunidades tienen sobre la enfermedad no se le atribuye una relación directa con sus propias prácticas de reducción del cisticercos ni en la adopción de hábitos de higiene [12,13].

El Municipio de Mercaderes Cauca, Colombia, tiene uno de los más altos porcentajes de positividad en Cisticercosis tanto en cerdos como en humanos [10]. Los líderes comunitarios de sectores productores de cerdos han tomado a lo largo de veinte años sus propias medidas de prevención y control; igualmente las instituciones de salud regional en los últimos diez años han realizado intervenciones de información y educación en salud, que no han logrado cambiar los conocimientos previos sobre la enfermedad, ni las prácticas sociales asociadas en los criadores de cerdos, así como tampoco en los habitantes de las zonas rurales del Municipio, que son las más afectadas al tener históricamente la mayor incidencia y prevalencia.

De acuerdo a la normatividad, adecuación institucional e informes de gestión entre 1997 y 2007, las autoridades sanitarias del Departamento del Cauca se ocuparon de la inocuidad en la producción de alimentos, del diagnóstico de la enfermedad y también realizaron algunos esfuerzos de control con la participación de sectores académicos. El cambio de normatividad con la ley 1122 de 2007 [14] creó el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamento y Alimentos INVIMA para asumir funciones exclusivas de la inspección, vigi-

lancia y control de la producción y procesamiento de alimentos, de las plantas de beneficio de animales, de centros y procesamiento de leche. En tanto que la competencia exclusiva para la inspección, vigilancia y control en la inocuidad y producción de alimentos quedó a cargo del Instituto Colombiano Agropecuario ICA y tanto la vigilancia como el control sanitario de la distribución y comercialización de alimentos a cargo de los entes territoriales. En la última década la nueva institucionalidad no tiene todavía personal en los territorios que regule y eduque a cerca de las prácticas relacionadas con el cerdo como patrimonio culinario y gastronómico. El actual Plan Decenal de Salud 2012 – 2021 [15] no lo contempla explícitamente.

Las dificultades que han tenido las intervenciones institucionales en el Municipio de Mercaderes coinciden con las que sirven de referencia en distintos artículos y publicaciones sobre esta enfermedad y otras denominadas olvidadas [16], por ejemplo, bajo nivel educativo de la población, malas condiciones de infra estructura sanitaria e higiene inapropiada, desigualdades por diversidad étnica, cultural y de género.

El problema que señala la organización mundial de la salud para lograr el cambio de conocimientos, actitudes y prácticas sobre la enfermedad, es el mismo que señalan los líderes comunitarios e Instituciones de salud regional: no se observan cambios en los conocimientos previos y en las prácticas sociales, pese a que la misma comunidad y sus líderes manifiestan que han realizado sus propias intervenciones de control de la enfermedad y que también se ha recibido información y educación en salud al respecto, incluso siguiendo las guías de prevención establecidas por las entidades competentes; por esta razón, es necesario identificar el conocimiento previo y las prácticas sociales que la comunidad ha construido históricamente en relación con el cisticercosis, con el fin de diseñar intervenciones que sean científicamente pertinentes, socialmente aceptadas y culturalmente apropiadas.

Por lo anterior, la participación de la comunidad en la prevención y en el control de la enfermedad no se desestima en este estudio, sino que por el contrario se le asigna un lugar preponderante como un factor central para su control efectivo [17].

La pertinencia de explorar el conocimiento previo y las prácticas sociales de las comunidades para entender el complejo teniasis-cisticercosis como una realidad material y social, es porque permiten abordar la pro-

blemática desde las significaciones que le han dado los líderes comunitarios que ya han intentado controlarla y “erradicarla” con el apoyo de la comunidad.

Así, son las significaciones expresadas por los participantes, las que mejor informan de las explicaciones que se han construido internamente en la comunidad, a manera de relaciones causa efecto, las cuales se han ido estableciendo de manera también relacional, entre unos y otros en el espacio- tiempo comunitario, que además se hacen visibles en la vida cotidiana en formas de prácticas sociales de control de la enfermedad; en últimas, estas relaciones entre unos y otros, es que han dado lugar a su teoría propia sobre el complejo teniasis-cisticercosis. Para Moscovici [18, 19] Las representaciones sociales se relacionan, así, con los contenidos del pensamiento cotidiano, refiriéndose específicamente a las imágenes y modelos explicativos que un determinado grupo social tiene a cerca de algún fenómeno de la realidad, en este caso el complejo teniasis-cisticercosis.

En un sentido pragmático los conocimientos y las prácticas sociales empleadas para controlar el Cisticercosis no solo caracterizan y explican la realidad social del complejo Teniasis–Cisticercosis desde la cultura del grupo social que la padece, sino que también orienta la acción en ese contexto rural en el que se cultiva y consume el cerdo. Los conocimientos y las prácticas sociales permiten a las personas significar y explicarse aspectos de su vida cotidiana que retroalimentan e inciden en sus actitudes y conductas” [20].

Estas prácticas sociales no son un plano aparte de la realidad vivida, sino todo lo contrario, un aspecto integral de ella. Las prácticas sociales así entendidas pueden también ser leídas como textos vivos que son coherentes con una forma particular de explicar a base de palabras y acciones la realidad compartida de un grupo social [21].

El estudio en comunidades campesinas del Municipio de Mercaderes Cauca Colombia, describe los conocimientos y las prácticas sociales asociadas a la enfermedad denominada complejo Cisticercosis, pero no entendiéndolo como algo que existe por separado de su cotidianidad, sino como un todo que se desarrolla en el entorno rural y comunitario de grupos sociales que tienen su propia singularidad y al mismo tiempo son concretos, porque habitan en veredas de zonas rurales dispersas en Colombia; dentro de condiciones objetivas de pobreza estructural; quienes a partir de

ese nivel de inserción social perciben y construyen su realidad como campesinos [17] asumiendo esa singularidad en una unidad de acción muy ligada a la identidad social de campesinos porcicultores, la cual ha sido construida en relación ecológica y cultural con su medio ambiente rural, de manera tal que sus prácticas son indisolubles del mundo material y social que han construido como su espacio vital [21].

Este abordaje de la realidad social de campesinos porcicultores incorpora para el análisis tanto los hechos facticos que se pueden constatar de la realidad material científicamente denominada Cisticercosis, como las formas de cognición, percepción y organización social que le dan un determinado orden de significación y vinculación emocional.

La investigación tuvo como objetivo describir desde el punto de vista de los participantes los conocimientos y prácticas sociales asociadas al complejo teniasis-cisticercosis, en el sector rural y urbano del Municipio de Mercaderes-Cauca- Colombia.

MÉTODO

El método de que orientó el estudio es la Investigación Acción Participación (IAP) [22, 23, 24, 25]. El análisis de la información obtenida en entrevistas se hizo desde la codificación abierta de la teoría fundada [18]. Lo cual busco la articulación del conocimiento propio y científico acerca de la cisticercosis, con la participación de redes sociales urbanas y rurales conformadas por líderes comunitarios, autoridades locales, expendedores de carne de cerdo, criadores de cerdos, adultos del núcleo familiar, docentes y técnicos de saneamiento ambiental. La implementación de la intervención y recolección de datos se realizó en cuatro fases, la primera comprendió el contacto inicial y presentación de la propuesta, elaboración de diagnóstico situacional participativo, recolección de información y material biológico para la descripción cualitativa y cuantitativa del complejo teniasis-cisticercosis. La segunda consistió en la discusión de la información generando una hipótesis única comunitaria y jerarquizando soluciones con grupos focales y entrevistas a profundidad; La tercera comprendió una acción social, que consistió en la asignación de responsabilidades y ejecución del plan y la cuarta en la evaluación educativa [26, 27, 28].

La recolección de la información cualitativa se hizo utilizando la técnica de grupo focal y entrevistas individuales para identificar los conocimientos y prácticas de la población local sobre el complejo teniasis-cisticercosis, para lo cual, fue utilizada una guía semi estructurada. El contenido de la guía se estableció por consenso de los investigadores y con base en estudios previos. Los investigadores hicieron registros detallados del discurso de los involucrados en el estudio con base en la guía presentada. Los datos recolectados de las entrevistas y grupos focales se analizaron con un enfoque hermenéutico interpretativo [29]. La información obtenida en entrevistas se analizó desde la codificación abierta de la teoría fundada que consiste en la construcción de categorías de análisis [18, 19].

RESULTADOS

La Cisticercosis no existía en la comunidad de Arboleda como categoría social para nombrar un hecho factico de la realidad campesina del Municipio de Mercaderes antes del año 1995 (EIP10M2), se atribuía a un *“mal aire que cogía la persona”*, *“un golpe cuando niño”* o a *“un mal que tenía o le estaban haciendo”* (E1P2M8). Incluso sus características visibles cambiaron de nombre cuando algunas personas afectadas por la enfermedad salieron del entorno Municipal a buscar una explicación afuera de la comunidad y regresaron con exámenes médicos (E1P15M4), desde entonces los líderes hacen referencia a que las personas *“comenzaron a tener síntomas que les dio el ataque”*.

En 1995 al mismo tiempo que llegan los resultados de los exámenes médicos sobre la cisticercosis, ésta aparece como un fenómeno extraño, nunca antes visto en la comunidad, en ese entonces, al igual que hoy, un grueso de los pobladores, le dio explicaciones a la enfermedad que tenían origen en el conocimiento popular *“Venía de las raíces de ellos”* (E1P3M6), es decir, que en ese momento de aparición se le atribuía el origen a factores hereditarios, lógica popular que sigue teniendo gran arraigo comunitario, la cual entró a competir desde entonces con la nueva información de referencia y de acción que propone la ciencia médica, y que se expresa por líderes comunitarios con frases tales como: *“Se le detectó y la persona se curó”*.

De esta manera, con la nueva información que provenía de afuera de la comunidad empezaron a aparecer también nuevas imágenes y contenidos simbólicos introducidos del discurso biológico al lenguaje popular

para designar lo que no les parecía propio: *“La persona tenía ese bacilo, el cisticerco que lo tenía”* (E1P9M2). Como se ve, al principio y hasta el presente, surge la imagen de un bacilo para representar el cisticerco, lo cual ya representaba una barrera para la comprensión contextual de la enfermedad ya que tiene su origen en la comunicación unilateral únicamente del factor biológico del complejo teniasis cisticercosis.

Las intervenciones propias de la comunidad para afrontar la situación epidemiológica empezaron ahí en ese momento en el que su propia experiencia para enfrentarla no era suficiente para reducirla; intervenciones que fueron basadas en una información parcial y unilateralmente comunicada del complejo, pero igualmente, fueron intervenciones que en palabras de los líderes se apoyaron en los *“estudios”* hechos a las personas de la comunidad (Exámenes médicos). Se puede decir que las prácticas sociales de control comunitario asociadas a la Cisticercosis se comienzan a desplegar como reacciones coyunturales frente al contenido de los resultados de los exámenes médicos, independientemente de su grado de comprensión popular; estos contenidos se aceptaron públicamente como la explicación válida de la enfermedad y de esta manera, desde ese momento fue perceptible el riesgo unido a la explicación del problema de salud existente. *“Salió que no era hereditario, sino que era del cisticerco, de ahí empezó el trabajo”* (E1P3M1).

Es decir, que la necesidad coyuntural de nombrar y enfrentar el problema a nivel comunitario superó la necesidad de comprenderlo a nivel popular. De todas maneras, las primeras prácticas sociales se desplegaron para el control de esa realidad material y social llamada Cisticerco. Por ejemplo, manteniendo retenidos los cerdos criados en libertad dentro de un calabozo Veredal, elevando multas a los dueños e intentando reducir la comercialización de la carne internamente y en los Municipios vecinos.

Lo anterior es lógico toda vez que la nueva categoría social Cisticerco, no había salido del propio entorno comunitario, sino del científico. *“Comenzamos a mirar el problema del cisticerco, fue ya un problema que lo colocaron en la mesa de la comunidad”* (E1P10M5).

Las entidades de salud regionales siguiendo las prácticas de la guía oficial de la autoridad nacional de ese entonces, ahora Ministerio de Salud y Protección Social, por solicitud expresa de la comunidad con carácter urgente ante el problema identificado, iniciaron campañas de información a las comunidades urbanas

y rurales sobre la Cisticercosis; no obstante, la celeridad con la que se introdujo la información del ámbito científico en el 2009 ocasionó que la nueva información disponible para la comunidad, tanto escrita como en imágenes, empezara a configurar contenidos fragmentados de conocimiento sobre la Cisticercosis, los cuales fueron ofrecidos de manera aislada del contexto de significación campesino, porque fueron comunicados literalmente de lo estrictamente consignado en las guías; pero todos estos contenidos e imágenes se fueron incorporando y transformando en pensamiento práctico de la comunidad, quedando esbozados así: *“Se detectó que ese era el mal., que ese era ese el problema, el problema del cisticerco era ese, los cerdos que andaban deambulando que teníamos que erradicarlo”* (E1P18M3).

La explicación de la enfermedad adquirió luego su propio status social debido a la participación de actores sociales claves en la toma de decisiones para la zona campesina que la utilizaron políticamente para intentar darle un nuevo orden a la producción y comercialización de la carne de cerdo, normatizando todas las interacciones sociales que a partir de la nueva explicación se podían nombrar en esa nueva realidad social como un riesgo para la salud. *“Ya se hizo un perfil de proyecto y ya”, “a informarle a la gente el problema de los cerdos reambulantes, que están ocasionando a la comunidad”* (E1P12M4).

En la medida que se incrementó la prevalencia e incidencia de la enfermedad y las instituciones introdujeron más información y sus propias prácticas, las comunidades rurales se informaron que había casos en los que hay *“cura”* y *“no cura”* (E1P2M3)) de la enfermedad y dado que, según el caso, la clínica y tratamiento es específico e individualizado en niveles especializados de atención en salud, pareciera entonces, que el complejo Cisticercosis se alejara del control de la comunidad; además, esto hizo que se complejizara su comprensión para la comunidad, porque se tomó sucesivamente y de manera aislada información del modelo explicativo bio médico. *“De ahí empezó ese trabajo y la persona se cura porque le detectaron”, “es una muchacha que ahora ha gastado pero miles, millones, AS ha gastado en ella para curarla y no ha podido”, “tenemos una cantidad de gente que tienen cisticerco en Arboleda”* (E1P9M1).

Si bien el problema de la positividad en cisticercosis es necesariamente de abordaje clínico y farmacológico, *“el trabajo”* para la comunidad, léase, hacer parte

de la ruta de atención, participar de las estrategias de promoción, prevención y control, no se constituyó ni fue integrado a un sistema de información de base comunitaria para la vigilancia epidemiológica, en el que el conocimiento popular sobre la enfermedad, estuviese articulado al conocimiento científico; sino que se abordó caso a caso y la atención fue unidireccional desde el modelo médico y de los prestadores de salud, quienes no garantizaron la educación en salud atendiendo la cultura de los usuarios, ni brindaron una comprensión completa a la comunidad y a sus líderes, de la necesaria integración e integralidad entre niveles de atención en salud, así como no garantizaron tampoco el acceso oportuno a los medicamentos.

De esta forma, la atención de casos positivos no se integró a las estrategias de información y comunicación para la promoción y prevención de la enfermedad; al no estar articuladas, se generaron en la población múltiples interpretaciones de cada caso y de la enfermedad como un Complejo. Las brechas no advertidas entre el modelo médico y el comunitario se hicieron más evidentes cuando los miembros de la comunidad comenzaron a hacer críticas a los contenidos de la capacitación en salud, sobre todo a la información que hacía referencia a conocimientos y prácticas que estaban alrededor de elementos cotidianos que son de del dominio material y ancestral de la población campesina, configurándose así híbridos aculturizantes de lo realmente es saludable.

“La explicación que nos han dado, ni fritándolo no se muere, ya uno come ese virus, uno acá dentro del órgano de uno se va reproduciendo, se le va subiendo por las venas hasta el cerebro. Ahí cae.” (E1P21M10).

Se observa que las capacitaciones al no tener en cuenta las prácticas sociales de las comunidades campesinas introdujeron contenidos que reñían con su cultura de la alimentación, desde las cuales también se debería poder contrarrestar eficientemente los factores de riesgo asociados al complejo teniasis cisticercosis. Al ahondar en el sentido de las capacitaciones ofrecidas basadas en las guías oficiales se pudo verificar que no se insinúa ni se afirma que el cisticercos tiene resistencia ilimitada al calor o al fuego de una cocina campesina, sino que se hacen recomendaciones a la necesidad de cocer bien los alimentos. ¿De dónde entonces surge este híbrido cultural que el cisticercos no muere así se le frite bien?

Esto quizás, podría estar relacionado con el hecho que todavía buen porcentaje de las familias del sector rural

tienen una relación muy temprana con el fuego y la carne de cerdo a través de patrones y prácticas de crianza ancestrales en las cuales los niños fritan su propia carne y la consumen bajo supervisión de los adultos o hermanos mayores. *“Desde niños ya están fritando, tiran la carne a la candela y con un palito de lejos la van fritando, con los hermanitos, el abuelo, la abuela o la mamá” (E2P26M5).*

El mensaje unidireccional tomado de las guías oficiales es recibido en estas comunidades, pese a su validez textual, como un reto a la validez social de sus prácticas inter generacionales de alimentación, ya aprendidas desde temprana edad en la confianza de la relación entre niños y sus mayores, dejando en todo caso la duda en la población como sub texto de las intervenciones, un vacío a cerca del momento en el que se puede constatar con certeza la muerte del cisticercos en el proceso de cocción.

Entonces, las preguntas que no se formularon en la planificación de las intervenciones de promoción y prevención fueron: ¿cómo abordar comunitariamente la escala de medida de la enfermedad y el proceso corporal que se da en la adquisición del Cisticercos?, ¿cómo hacer comunicable y evidente para la comunidad campesina lo que es invisible para el ojo humano en el proceso de cocción de la carne de Cerdo? Las preguntas tienen validez por cuanto permiten analizar la lógica utilizada por la comunidad al decidir exhibir las placas radiológicas con imágenes diagnosticas de los casos positivos de Cisticercosis, facilitando así traer al campo perceptual de la comunidad desde el modelo científico, una evidencia que la “pepa” si entra en el cuerpo y en los casos graves, se aloja en el cerebro produciendo los síntomas que ellos denominan “ataques”; así no pueda ser visible para el ojo humano, las prácticas sociales para el control de la enfermedad se justificaron como validas en la comunidad.

Esta escala de medida de la enfermedad se hizo visible y se nombró en términos científicos, pero aún así, no pudo ser del dominio de lo que es objetivable para la comunidad, la prueba es que uno de los promotores de esta estrategia manifiesta que se entendió: *“en talleres de capacitación, es que ese microbio es tan resistente al calor que no muere” (E2P4M2).*

Al transcurrir el tiempo y poderse evaluar, por un lado, la efectividad de las capacitaciones de promoción y prevención, los efectos reales de las prácticas sociales de control, los tratamientos realizados a algunos

de los afectados, y por otro lado, contrastarlos con el aumento de la prevalencia e incidencia de la enfermedad, los campesinos han adoptado conductas de riesgo basadas en la imitación social de ejemplos de personas que a propósito y públicamente han consumido carne con “pepa” permaneciendo asintomáticos: *“tenemos un vecino, es el dueño de una tienda grande ahí en la esquina, siempre ha comido con esa “pepa”, el pide es de esa carne con “pepa”, no le ha pasado nunca nada, entonces, el dice, eso es mentira, entonces la gente dice, como a él no le ha dado, a nosotros tampoco”* (E3P30M10).

Las deficiencias en la comprensión del ciclo vital de la enfermedad y de la migración dentro del cuerpo humano, coexisten con las diferencias de percepción social de lo macroscópico y lo que se cree es invisible o microscópico (Virus, bacilo, microbio), lo que ha incidido en la aparición de posiciones eclécticas en la comunidad hacia la enfermedad y también de actitudes incongruentes frente a la prevención. Esto es evidente en proceso de toma de decisiones, de cuándo y cómo se puede o no consumir la carne: *“Que sea poquita, de que sea ralita (espacio en la carne entre “pepa” y “pepa”-cisticerco y cisticerco) la pepa, de que sea poquita la pepa se la saben comer”* (E1P13M4).

Estos conocimientos y las prácticas asociadas no tienen en sí mismas la capacidad de prevenir la enfermedad porque no solo no involucran una comprensión del ciclo vital del Cisticerco, sino que se inscriben en un modelo de pensamiento que incorpora instrumentos de medida que no reducen el riesgo y que aumentan la vulnerabilidad de la población. De esta manera, se adiciona a lo entendido de la enfermedad como si fuera un problema solo de magnitud y densidad de la “pepa” en la carne, el costo de oportunidad del intercambio comercial y de división social del trabajo. La carne con cisticerco opera como una mercancía de mínimo riesgo y de máxima ganancia. *“Al Bachajé (matarife) que no tenga mucha pepa le dan una parte de carne por el trabajo, sino lo que hacen es dejarla de tocino”* (E2P10M2), *“Para no perder el trabajo del Bachajé le dan la carne”* (E2P10M3).

Así, es que es posible en este modelo de pensamiento crear un “atajo” haciendo el retiro manual del Cisticerco que sí es perceptible al cortar la carne en el momento de la venta, validándose así la construcción de normas sociales y comportamientos de riesgo como prácticas de control de la enfermedad *“En el corte de la carne donde se hace el corte, ahí se le mira*

es una bolsita de agua, con una pepita ahí dentro” (E2P14M3), este modelo explicativo adquiere luego el status de norma social *“se le mira que no tenga pepa, de resto no”* (E2P11M1).

De manera complementaria este modelo de pensamiento de comunidades rurales campesinas ha permitido la aparición de una categoría social sobre la calidad de carne fundada en la práctica social de estereotipar a los cerdos “De ambulantes”, (porque buscan su comida mientras andan sueltos) que tuvo como efecto el rechazo al consumo de su carne *“En A ya no pelan el cerdo, en A ya no comemos cerdo que deambula ahí, ya no lo comemos”* (E2P30M4).

CONCLUSIONES

La desarticulación de los niveles de atención para abordar los casos positivos de Cisticercosis provenientes de comunidades porcicultoras, así como la no planificación del dialogo de saberes entre las intervenciones de promoción y prevención de la enfermedad, con los conocimientos previos y prácticas sociales de la comunidad asociadas al complejo teniasis cisticercosis, ha contribuido a que se vaya instituyendo un modelo explicativo que no hace la articulación entre la información proveniente del conocimiento científico, con imágenes, símbolos y prácticas culturales alimenticias de profundo arraigo inter generacional en comunidades rurales dispersas.

El resultado de la inter acción entre las intervenciones institucionales y los conocimientos previos de las comunidades, es la emergencia de contenidos híbridos y aculturizantes que guían los procesos de organización y movilización social lideradas por la comunidad para controlar la enfermedad; quedando vacíos importantes en la apropiación cultural de una explicación popular de la etiología y en la validación social del control comunitario de la Cisticercosis, desencadenando así, simultáneamente, posiciones eclécticas ante la enfermedad y también prácticas sociales de control basadas en información aislada, configurando contenidos fragmentados de conocimiento, y por ende, favoreciendo la formación de estereotipos y procesos de percepción selectiva de información respecto de la enfermedad.

“El microbio sigue vivo y ese es el que en el organismo empieza a caminar y más que todo busca la parte cerebral” (E4P12M4).

En particular, uno de los efectos inmediatos sobre el consumo de carne es que en la comunidad no solo no han cambiado las practicas de consumo, higiene y control, sino que se han trasladado los posibles dilemas a un modelo explicativo que, mediante un atajo manual, tolera “extirpar” la “pepa” en el momento mismo del corte de la carne, integrando a un modelo maximalista de ganancia económica y minimalista del riesgo, las incertidumbres relacionadas con la percepción social de la magnitud, y densidad del problema en el punto de venta. Las familias consumidoras ven en el menor costo asignado a la carne con “pepa”, un incentivo que no entra en conflicto con sus creencias en salud.

Las intervenciones profesionales y no profesionales que busquen la promoción, la prevención, la atención y el control de la enfermedad deben proponerse investigar los conocimientos previos y las practicas populares de control ya existentes en la comunidad, con el fin de diseñar las estrategias que permitan encontrar el camino metodológico que reduzca las barreras de articulación del conocimiento científico y el propio de la comunidad. Esto implica partir del diseño de estrategias metodológicas de prevención y promoción de la salud, que fomenten el dialogo de saberes.

AGRADECIMIENTOS

A las comunidades rurales del Municipio de Mercaderes Cauca, Colombia, en su compromiso por investigar las enfermedades olvidadas y en su transformación.

A COLCIENCIAS por hacer del olvido de las enfermedades de los pobres, una razón para que dialoguen el saber científico y el saber popular.

REFERENCIAS

- [1] AGUDELO-FLÓREZ, P., RESTREPO, B.N. y PALACIO, L.G. Conocimiento y Prácticas sobre Teniasis-cisticercosis en una Comunidad Colombiana. *Revista Salud pública*, 11(2), 2009, p. 191-199.
- [2] WALTEROS-ACERO, D.M. Cisticercosis: situación de la parasitosis. Informe Final de Evento Cisticercosis. Bogotá (Colombia): Instituto Nacional de Salud, V 1.013.09, 2009.
- [3] ANDRIAMANIVO, H.R., PORPHYRE, V. and JAMBOU, R. Control of cysticercosis in Madagascar: beware of the pitfalls. *Trends in Parasitology*, 29(11), 2013, p. 538–547.
- [4] LARRALDE, C. y DE ALUJA, A.S. Cisticercosis Guía para profesionales de la salud. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 8(1), 2007, p. 93-93.
- [5] ARGUETA, V., RODAS, B. y OROZCO, R. Neurocisticercosis en Guatemala. *Revista Española de Patología*, 47(3), 2014, p. 137—141.
- [6] ENSEÑAT, F., MARTÍNEZ-MAÑAS, R., HORCAJADA, J.P., DE JUAN, C. y FERRER, E. Dificultades diagnósticas y terapéuticas en la neurocisticercosis: presentación de 6 casos y revisión de la literatura. *Neurocirugía*, 18(2), 2007, p.101-110.
- [7] SARRIA-ESTRADA, S., FRASCHERI-VERZELLI, L., SIURANA-MONTILVA, S., AUGER-ACOSTA, C. and ROVIRA CAÑELLAS, A. Imaging findings in neurocysticercosis. *Radiologic*, 55(2), 2013, p. 130-141.
- [8] PONDJA, A., NEVES, L., MLANGWA, J., AFONSO, S., FAFETINE, J., WILLINGHAM III, A.L., THAMSBORG, S.M. and VANG JOHANSEN, M. Incidence of porcine cysticercosis in Angónia District, Mozambique. *Preventive Veterinary Medicine*, 118, 2015, p. 493–497.
- [9] TORRES, M.F., VÁSQUEZ, L.R., GONZALEZ, F.E., VERGARA, D., ALVARADO, B.E., GIRALDO, J.C., MEDINA, G. y ZAMORA, T. Cisticercosis en el Departamento del Cauca, 2003. *Biomédica*, 25(suplemento 1), 2005, p. 186-7.
- [10] VÁSQUEZ, L.R., CAMPO, V., SARRIÁ, J.P., GIRALDO, J.C. y YANINE, H. Estudio Serológico De Teniasis-Cisticercosis Humana En Pacientes Sintomáticos Neurológicos En Cuatro Hospitales Municipales Del Departamento Del Cauca, 2003. *Infectio*, 10(2), 2006, p. 99.
- [11] DELGADO, A. Prevalencia de teniasis, cisticercosis y factores de riesgo asociados, en personas de 20 a 44 años de edad en el Departamento de Nariño, 2005. *Revista Criterios*, 22, 2008, p. 75–104.
- [12] AGUDELO-FLÓREZ, P., RESTREPO, B.N. y PALACIO, L.G. Conocimiento y Prácticas sobre Teniasis-cisticercosis en una Comunidad Colombiana. *Revista de Salud Pública*, 11(2), 2009, p. 191-199.
- [13] MIRANDA, E. *et al.* Conocimientos, Actitudes y practicas sobre la teniosis-cisticercosis en una comunidad alto andina rural peruana, año 2012. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17(1), 2013, p. 1-5.
- [14] CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1122 de 2007. Por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones [online]. 2007. Disponible:

- <http://www.sociedadescientificas.com/userfiles/file/LEYES/1122%2007.pdf>. [Citada 25 de marzo de 2017].
- [15] COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Plan Decenal De Salud Pública 2012-2021: La salud en Colombia la construyes tú Ministerio de Salud y Protección Social [online]. 2012. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Plan%20Decenal%20%20Documento%20en%20consulta%20para%20aprobaci%C3%B3n.pdf>. [Citada Accedida el 25 de marzo de 2017]
- [16] VALERO, M. Globalización y Salud: El caso de las enfermedades tropicales y olvidadas. Revista MVZ Córdoba, 13(1), 2008, p. 1252-1264.
- [17] CRUZ, M., DAVIS, A., DIXON, H., PAWLOWSKI, Z.S., y PROANO, J. Estudios operativos sobre el control de la Teniasis/Cisticercosis por *Tenia solium* en Ecuador. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 108(2), 1990, p. 113-122.
- [18] MOSCOVICI, S. On social representations. London (United Kingdom): Social Cognition, Academic Press, 1979.
- [19] MOSCOVICI, S. Psicología Social II Vol. II. Barcelona (España): Paidós, 1984b.
- [20] MONTERO, M. Todo Corre, Mucho Fluye, Algo Permanece. Cambio y Estabilidad Sociales. Interamerican Journal of Psychology, 37(002), 2009, p. 279-293.
- [21] LEWIN. K. Principles of Topological Psychology. New York (USA): Mc. Graw Hill, 1936.
- [22] FALS BORDA. Acción y conocimiento. Bogotá (Colombia): CINEP, 1991, 232 p.
- [23] JIMÉNEZ, B. Psicología Social Crítica e Investigación Cualitativa: Una relación necesaria: En: Miradas y prácticas de la investigación psicológica y social. 1 ed. Puebla (México): Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014, p. 79 -127.
- [24] ROJAS, J.J. La construcción de la IAP. Una exploración en la obra del autor. Análisis político, 67, 2009, p. 224-234.
- [25] FERNÁNDEZ, E. Releyendo la metodología de la investigación – acción participativa (IAP). Pedagogía de las ausencias, pedagogía de la traducción y pedagogía de la traducción. Revista electrónica Universitaria de Formación del Profesorado, 17(1), 2014, p. 73-85.
- [26] AHUMADA, M. El desarrollo de la Investigación Acción Participativa en Psicología. Enfoques, XXIV (2), 2012, p. 23-52.
- [27] COLMENARES, A. Investigación acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. En: Voces y silencios: Revista Latinoamericana de Educación, 3(1), 2012, p. 102-115.
- [28] FERNÁNDEZ, E. Releyendo la metodología de la investigación – acción participativa (IAP). Pedagogía de las ausencias, pedagogía de la traducción y pedagogía de la traducción. Revista electrónica Universitaria de Formación del Profesorado, 17(1), 2014, p. 73-85.
- [29] ÁNGEL, D. La hermenéutica y los métodos de investigación en las ciencias sociales. Estudios Filosóficos, 44, 2011, p. 9-37.

LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE

THE INCLUSION OF ORÉGANO ESSENTIAL OIL (*Lippia origanoides*) IMPROVES IMMUNE PARAMETERS IN BROILERS

INCLUSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MELHORA OS PARÂMETROS IMUNES EM FRANGOS DE CORTE

TOMÁS ANTONIO MADRID-GARCÉS1*, JAIME EDUARDO PARRA-SUESCÚN2, ALBEIRO LÓPEZ-HERRERA3

RESUMEN

*Los alimentos balanceados para la industria del pollo de engorde generalmente tienen adición de antimicrobianos, los cuales actúan como promotores de crecimiento. Actualmente estos se estya que se han asociado a resistencias microbianas a antibióticos utilizados en medicina humana. Como alternativa, se propone el uso de extractos de plantas aromáticas como los “aceites esenciales”. Evaluar la funcionalidad del aceite esencial de orégano (AEO) (*Lippia origanoides*) sobre parámetros inmunológicos en pollos de engorde. Se evaluo en 200 pollos machos de la línea Avian Cobb500. Muestreos sanguíneos los días 14, 28 y 42 de vida. Los animales fueron aleatorizados a una de cinco dietas: dieta comercial con y sin antibiótico; esta última fue adicionada niveles de AEO (75 ppm, 100 ppm o 200 ppm). Diseño estadístico de bloques al azar en arreglo de parcelas*

Recibido para evaluación: 27 de Junio de 2016. **Aprobado para publicación:** 11 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias agrarias. Departamento de Producción animal. Grupo de investigación BIOGEM. Ms.C, Ph.D. Medellín, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias agrarias. Departamento de Producción animal. Grupo de investigación BIOGEM. Ph.D. Medellín, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias agrarias. Departamento de Producción animal. Grupo de investigación BIOGEM. Ph.D. Medellín, Colombia.

Correspondencia: tamadrid@unal.edu.co

dividas. Aumento significativo ($P < 0,05$) en las poblaciones de células inmunes, aumento significativo ($P < 0,05$) de los anticuerpos postvacunales para Newcastle y disminución significativa ($P < 0,05$) del pH intestinal, en animales que consumieron dieta con mayor inclusión de AEO (200 ppm), comparados con la dieta con antibiótico. La adición de 200ppm de AEO estimuló sistema inmune de las aves, demostrando que AEO se puede proyectar como promotor de crecimiento con beneficios inmunológicos en pollos de engorde.

ABSTRACT

Food for feeding broilers with addition of antibiotics as growth promoters acting. Currently this is prohibited because they can transmit microbial resistance to antibiotics used in human medicine. Alternatively, the use of aromatic plant extracts, "essential oils" is proposed. To evaluate the functionality of the essential oil of oregano (AEO) (Lippia origanoides) on immunological parameters in broilers. We experimented with 200 male broilers of Avian Cobb500 line. blood samplings on 14, 28 and 42 of life. The animals were randomized to one of five diets: Commercial diet with and without antibiotic; the latter was added AEO levels (75 ppm, 100 ppm or 200 ppm). Statistical randomized block design in divided plots arrangement. Significant increase ($P < 0,05$) in immune cell populations, significant increase ($P < 0,05$) of post-vaccine antibodies to Newcastle and significant ($P < 0,05$) of intestinal pH in animals fed diet with greater inclusion of AEO (200ppm) compared to the diet with antibiotic. The addition of 200 ppm of AEO stimulated immune system of birds, showing that AEO can be projected as growth promoter with immunological benefits in broilers.

RESUMO

Alimentos para a alimentação de frangos de corte com a adição de antimicrobiana como promotores de crescimento de agir. Actualmente estes estão a ser substituídas porque eles têm sido associados com resistência microbiana aos antibióticos utilizados na medicina humana. Alternativamente, a utilização de extractos de plantas aromáticas, "óleos essenciais" é proposta. Avaliar a funcionalidade do óleo essencial de orégano (AEO) (origanoides Lippia) em parâmetros imunológicos em frangos de corte. Nós experimentamos com 200 frangos de corte machos da linhagem Avian Cobb500. amostragens de sangue em 14, 28 e 42 de vida. Os animais foram randomizados para um dos cinco dietas: dieta comercial com e sem antibióticos; o último foi adicionado níveis AEO (75 ppm, 100ppm ou 200 ppm). delineamento em blocos casualizados estatística no arranjo parcelas divididas. Aumento significativo ($P < 0,05$) em populações de células imunes, aumento significativo ($P < 0,05$) de anticorpos pós-vacinais para Newcastle e significativa ($P < 0,05$) do pH intestinal em animais alimentados com a dieta com maior inclusão de AEO (200 ppm) em comparação com a dieta com antibiótico. A adição de 200 ppm de AEO estimulada sistema imunitário das aves, mostrando que AEO pode ser projectada como promotor de crescimento com benefícios imunológicos em frangos.

PALABRAS CLAVE:

Aditivos, Antimicrobianos, Inmunidad, Producción avícola

KEYWORDS:

Antimicrobial, Immunity, Nutritional additives, Poultry production

PALAVRAS-CHAVE:

Aditivos nutricionais, Antimicrobias, Imunidade, Produção de aves.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y salud del tracto gastrointestinal son la clave de la productividad de todos los animales de granja, incluyendo a las aves de corral [1]. El intestino es un órgano complejo que forma parte del tracto gastrointestinal (TGI) y es el paso obligado de los nutrimentos que sirven de base para el metabolismo, crecimiento y mantenimiento; además, aportan los recursos para el sistema inmunológico, sistema esquelético y nervioso [2].

El lumen intestinal sano es colonizado por una gran población de bacterias, y a su vez es un sitio importante para la entrada de microorganismos patógenos. Por tanto, el reconocimiento de antígenos mediante muestreo de la luz intestinal por células presentadoras de antígeno es importante tanto en el mantenimiento de la homeostasis como en el desarrollo de inmunidad a patógenos [3,4]. La población microbiana colonizadora, como lactobacilos y bifidobacterias, es sensible a cambios que puedan ocurrir en el TGI del hospedero, por lo que en éste deben existir factores adecuados de pH, temperatura, nutrientes y fluidos esenciales. El establecimiento de esta población en el TGI ocurre inmediatamente después del nacimiento, cuando las aves empiezan a consumir alimento [5]. Los antimicrobiales usados como promotores de crecimiento (APC) han permitido mejorar los niveles de producción pero se les atribuye la aparición de cepas multiresistentes a los antimicrobiales. Los aceites esenciales de orégano (AEO) se han propuesto como aditivos naturales para su uso en pollos de engorde, existiendo diferentes quimiotipos con una amplia biodiversidad [6].

Inmunomodulación nutricional puede ser definida como la suplementación dirigida de nutrientes dietéticos específicos para alterar algún aspecto de la función inmune, para llevar a cabo un objetivo previsto. La manipulación de algunos nutrientes en la dieta resulta en consecuencias inmunoregulatoras, debido a la participación de los nutrientes o de sus productos en la comunicación dentro y entre leucocitos [7].

Por lo anterior, este estudio evaluó la funcionalidad del AEO de *Lippia organoides* a tres niveles de inclusión 75, 100 y 200 ppm como sustituto de los Antimicrobiales promotores de crecimiento (APC) en aspectos relacionados con la respuesta inmune en pollos de engorde.

MÉTODO

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos experimentales se llevaron a cabo de acuerdo a las guías propuestas por The International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals [8]. Esta investigación fue avalada por El Comité de Ética en la Experimentación Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (CEMED 045 del 10 de junio de 2014).

Localización

El trabajo de campo se realizó en el Centro de producción San Pablo, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el municipio de Rionegro, paraje "El Tablacito", localizado a 2100 msnm, con una temperatura entre 12 y 18°C, correspondiendo a una zona de vida bosque muy húmedo Montano bajo (bmh-MB).

Animales

Se utilizaron 45 pollos de línea Avian Cobb500 de un día de nacidos, alojados en corrales en piso. El período experimental tuvo una duración de 42 días. La cría se realizó siguiendo procedimientos comerciales en una granja experimental.

Manejo Sanitario

Para el recibimiento de los pollos, se realizó lavado, limpieza y desinfección de galpón, cortinas, comederos y bebederos; además, se hizo el control de roedores e insectos con productos obtenidos en casas comerciales. Las criadoras se encendieron cinco horas antes de la llegada de los animales, para que la temperatura fuera óptima al tiempo de arribo de los pollos. Los pollos fueron vacunados contra Newcastle, Bronquitis y Gumboro en la incubadora, y los días 8 y 15 se realizaron un refuerzo de Gumboro y Newcastle vía ocular.

Dietas

Se elaboró una dieta multietapa que cumplía con los requerimientos mínimos nutricionales de la Guía de manejo Cobb 500 [9]. El alimento utilizado en el estudio estuvo libre de antimicrobiales (excepto la dieta

D2, donde se utilizó Bacitracina de Zinc (ampliamente usada en la industria) como Antimicrobial Promotor de Crecimiento (APC). Para el experimento no fue necesario modificar la dieta, sólo se adicionaron las concentraciones de AEO de *Lippia origanoides* a tres niveles 75, 100 y 200 ppm.

Las dietas utilizadas en la experimentación fueron las siguientes:

Dieta 1 (Control): Alimento comercial sin antimicrobiano (AC), sin adición AEO.

Dieta 2: AC + Bacitracina de Zinc sin adición de AEO.

Dieta 3: AC + 75 ppm de AEO

Dieta 4: AC + 100 ppm de AEO

Dieta 5: AC + 200 ppm de AEO

Los pollos consumieron las dietas que les correspondieron desde el día 1 del experimento, pero la toma de las primeras muestras para determinar diferencias fue a los 14 días de experimentación, después de determinar que el día 1 todos presentaban parámetros inmunológicos idénticos. Los animales tuvieron acceso a agua a voluntad durante todo el tiempo experimental.

Toma de muestras

Sacrificio. Durante la fase de experimentación se realizaron eutanasias escalonadas días 14, 28 y 42, donde se sacrificaron cinco aves por tratamiento. Todas las aves fueron sacrificadas 2,5 horas después de su última comida. Los animales se sedaron por inhalación de Nitrox y posteriormente se les realizó eutanasia humanitaria con dióxido de carbono durante 3 minutos. Posterior a esto, se tomó una muestra de sangre por medio de punción cardíaca. Después del sacrificio, se extrajo completamente el intestino delgado desde la unión pilórica hasta la válvula íleo-cecal [10]. El intestino fue alineado y medido en una mesa sin ningún tipo de tensión; posteriormente éste se dividió en tres regiones (duodeno, yeyuno, e íleon), para la medición del pH del contenido intestinal.

Sangre. Se tomaron 2 mL de sangre por animal en un tubo tapa morada (con anticoagulante (EDTA)) para hemograma y tapa roja (sin anticoagulante) para medición de anticuerpos en suero.

Determinación de las poblaciones de células inmunes en sangre

Luego de la toma de muestras de sangre, estas fueron almacenadas, refrigeradas y transportadas al laboratorio veterinario de la Universidad de Antioquia para su posterior análisis. El portaobjetos fue sometido a tinción con el colorante de Wright [11] y se realizó un conteo diferencial de células para cada muestra. Se realizó un conteo general para observar las poblaciones de eosinófilos, basófilos, heterófilos, monocitos y linfocitos para determinar el porcentaje en que se encontraban. Se contaron cien a doscientas células con ayuda del contador manual de células bajo el lente de 100x y se realizó el cálculo general del porcentaje de cada población de leucocitos [11].

Determinación de los anticuerpos postvacunales

Inmediatamente después de la toma de muestra de sangre, el tubo tapa roja fue centrifugado para separar el suero y almacenado a -70°C hasta la realización del análisis de Inhibición de la hemaglutinación (IH) para detección de anticuerpos postvacunales contra el virus de Newcastle, en el laboratorio de diagnóstico veterinario del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

pH intestinal

Para la determinación del pH intestinal se tomó 1 g de muestra de contenido de duodeno, yeyuno, íleon y ciegos, para luego resuspenderse en 12,5 mL de agua destilada desionizada. Esta mezcla se agitó manualmente con agitador de vidrio lavándolo en cada registro con agua destilada. Posteriormente, se insertó en la mezcla un electrodo de pH y se realizaron las lecturas en un potenciómetro con precisión de tres decimales. El pH de la suspensión fue medido dentro de los 45 minutos subsiguientes al sacrificio de las aves [12].

Diseño estadístico

El experimento se realizó según un diseño bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas (5 dietas por 3 edades), donde los animales fueron aleatorizados a uno de 15 tratamientos. Cada tratamiento tuvo un total de 5 repeticiones. El análisis estadístico fue desarrollado usando el procedimiento GLM del SAS (2007) se utilizó una prueba de Duncan para detectar significancia ($P < 0,05$) entre las medias. [13].

RESULTADOS

En general las aves que consumieron los diferentes alimentos, presentaron un buen estado de salud, no presentaron ningún síntoma o signo adverso de enfermedad que causara su retiro y/o sacrificio antes de terminar el periodo experimental. Adicionalmente las aves consumieron la ración diaria de alimento ajustada a la guía de manejo de la línea genética.

En este experimento no se encontró interacción estadística entre las diferentes dietas y los días de sacrificio, para ninguna de las variables en estudio, por ello no se hizo necesario desglosar y analizar cada uno de los factores de forma independiente.

Células sanguíneas

El cambio en las poblaciones de células inmunes sanguíneas entre cada una de las dietas y los periodos de exposición se puede ver en la Cuadro 1. Respecto a las

células inmunes sanguíneas, se observó un incremento significativo ($P < 0,01$) entre las diferentes dietas evaluadas, donde D1 reportó los valores más bajos en comparación con D2 y aquellas dietas con adición de AEO, donde los animales que consumieron D5 reportaron los mayores valores para las poblaciones de células inmunes sanguíneas. Para las mismas variables que fueron objeto de estudio, hubo diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes días de muestreo en cada una de las dietas ($P < 0,05$), donde se produjeron los valores más altos en el día 42.

En los resultados de monocitos se encontró para el día 14 diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre todos los tratamientos, excepto entre D3 y D4. En el día 28 y 42 no hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre D1 y D2, tampoco hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre D3 y D4 en día 42. Entre las demás dietas si hubo diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) y los valores más altos fueron presentados por las dietas que contenían mayor cantidad de AEO

Cuadro 1. Poblaciones de células sanguíneas en pollos alimentados con AEO (*Lippia origanoides*) durante 42 días.

Dietas	Día	D1	D2	D3	D4	D5	EEM
Recuento Leucocitos totales (Cél. X103/ μ L)	14	10,68 ^{AX}	11,59 ^{BX}	12,61 ^{CX}	12,65 ^{CX}	12,64 ^{CX}	0,03
	28	12,13 ^{A,Y}	13,54 ^{B,Y}	14,14 ^{C,Y}	14,98 ^{D,Y}	15,57 ^{E,Y}	
	42	13,89 ^{A,Z}	14,48 ^{B,Z}	14,91 ^{C,Z}	15,37 ^{D,Z}	16,04 ^{E,Z}	
Linfocitos (%)	14	32,29 ^{AX}	33,83 ^{BX}	35,95 ^{CX}	38,94 ^{DX}	39,97 ^{EX}	0,05
	28	35,8 ^{A,Y}	37,89 ^{B,Y}	40,85 ^{C,Y}	41,59 ^{C,Y}	43,54 ^{D,Y}	
	42	38,43 ^{A,Z}	43,25 ^{B,Z}	43,37 ^{B,Z}	43,74 ^{B,Z}	47,78 ^{B,Z}	
Monocitos (%)	14	1,05 ^{AX}	1,19 ^{BX}	1,55 ^{CX}	1,61 ^{CX}	1,86 ^{DX}	0,03
	28	1,51 ^{A,Y}	1,64 ^{A,Y}	2,01 ^{B,Y}	2,37 ^{C,Y}	2,77 ^{D,Y}	
	42	1,97 ^{A,Z}	2,27 ^{A,Z}	2,64 ^{C,Z}	2,94 ^{C,Z}	3,29 ^{D,Z}	
Heterófilos (%)	14	30,15 ^{AX}	31,04 ^{BX}	32,64 ^{CX}	32,69 ^{CX}	33,99 ^{DX}	0,03
	28	33,45 ^{A,Y}	34,58 ^{B,Y}	35,90 ^{C,Y}	36,25 ^{D,Y}	36,87 ^{E,Y}	
	42	35,44 ^{A,Z}	36,38 ^{B,Z}	38,07 ^{C,Z}	39,45 ^{D,Z}	41,54 ^{E,Z}	
Eosinófilos (%)	14	0,87 ^{AX}	1,09 ^{BX}	1,28 ^{CX}	1,35 ^{CX}	1,67 ^{DX}	0,04
	28	1,17 ^{A,Y}	1,39 ^{B,Y}	1,64 ^{C,Y}	1,95 ^{D,Y}	2,03 ^{D,Y}	
	42	1,64 ^{A,Z}	2,01 ^{B,Z}	2,23 ^{C,Z}	2,47 ^{D,Z}	2,68 ^{E,Z}	
Basófilos (%)	14	0,10 ^{AX}	0,22 ^{BX}	0,35 ^{CX}	0,48 ^{DX}	0,59 ^X	0,02
	28	0,28 ^{A,Y}	0,36 ^{A,Y}	0,59 ^{B,Y}	0,64 ^{B,Y}	0,71 ^{B,Y}	
	42	0,47 ^{A,Z}	0,54 ^{B,Z}	0,79 ^{C,Z}	0,84 ^{C,Z}	1,08 ^{D,Z}	

D1: Alimento comercial sin antibiótico (AC), sin adición AEO. D2: Alimento comercial con antibiótico, sin adición de AEO. D3: AC + 75ppm de AEO. D4: AC + 100 ppm de AEO. D5: AC + 200 ppm de AEO. EEM: Error estándar de la media. A,B,C,D,E Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$). X,Y,Z Dentro de una misma columna, medias con un superíndice común (por variable en estudio) no difieren estadísticamente ($P < 0,05$). EEM: Error estándar de la media.

Lippia origanoides. Entre edades hubo diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) todas las dietas en las tres edades evaluadas.

Para los heterófilos hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre todas las dietas y todas las edades, excepto D3 y D4 para día 14. Los valores más altos fueron presentados por las dietas D4 y D5 en todas las edades.

En el caso de los eosinófilos, no hubo diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre D3 y D4 para el día 14, tampoco hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre D4 y D5 el día 28. Para las demás dietas y para todas las edades hubo diferencia estadísticas significativa ($P < 0,05$). En todas las edades D5 presentó los valores más altos de eosinófilos.

Para basófilos hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre todas las edades. En el día 14 hubo diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre todas las dietas. En el día 28 no hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre D1 y D2, tampoco hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre D3, D4 y D5, aunque los mayores resultados los presentó D5. En el día 42 no hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre D3 y D4, pero si la hubo entre las demás dietas. Los valores más altos fueron presentados por D5 en todas las edades.

Títulos de anticuerpos postvacunales contra Newcastle

Los resultados de anticuerpos postvacunales contra Newcastle en pollos alimentados con AEO (*Lippia origanoides*) se presentan en la Cuadro 2.

En los resultados de la medición de anticuerpos postvacunales contra Newcastle por la prueba de inhibición de hemaglutinación, se observó que en general para todas las dietas el fenómeno de títulos de anti-

cuerpos bajos el día 14, que aumentaron para el día 28 y volvieron a disminuir para el día 42. Esto puede deberse debido al programa de vacunación utilizado.

En general las dietas que contenían mayor cantidad de AEO (*Lippia origanoides*) presentaron los mayores títulos de anticuerpos postvacunales contra Newcastle que las dietas sin o con antibiótico (D1 y D2). En el día 28, no se presentan diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre D4 y D5, tampoco hay diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre D3 y D4 para día 42, pero sí entre estos con D5 ($P < 0,05$). Entre el día 14 y 42 no hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre D1 y D2, que si se presentó en el día 28. En el día 14 además no se presenta diferencia estadística ($P < 0,05$) entre D1, D2 y D3, pero sí de estos con D4 y D5 que no presentan diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre ellos.

pH intestinal

Los resultados de las mediciones del pH intestinal en los tres segmentos del intestino delgado y en el ciego se presentan en la Cuadro 3.

Se observó una disminución significativa ($P < 0,01$) entre las diferentes dietas evaluadas, donde D1 reportó los valores más altos en comparación con D2 y aquellas dietas con adición de AEO, donde los animales que consumieron D5 reportaron los menores valores para el pH intestinal. Para los segmentos intestinales se presentó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,01$), donde el segmento duodeno mostró los valores más altos en comparación con los otros segmentos (yeyuno, ileon y ciego) respecto al pH intestinal. Para las mismas variables que fueron objeto de estudio, hubo diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes días de muestreo en cada una de las dietas ($P < 0,05$), donde se produjeron los valores más bajos en el día 42.

Cuadro 2. Títulos de anticuerpos postvacunales contra Newcastle en pollos alimentados con AEO (*Lippia origanoides*)

Variable	Día	D1	D2	D3	D4	D5	EEM
Anticuerpos	14	2 ^{AX}	4 ^{AX}	4 ^{AX}	16 ^{BX}	16 ^{BX}	0,85
	28	32 ^{AY}	128 ^{BY}	128 ^{CY}	258 ^{DY}	256 ^{DY}	
	42	8 ^{AZ}	9 ^{AZ}	16 ^{BZ}	21 ^{BZ}	27 ^{Cz}	

D1: Alimento comercial sin antibiótico (AC), sin adición AEO. D2: Alimento comercial con antibiótico, sin adición de AEO. D3: AC + 75ppm de AEO. D4: AC + 100 ppm de AEO. D5: AC + 200 ppm de AEO. EEM: Error estándar de la media. A,B,C,D,E Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$). X,Y,Z Dentro de una misma columna, medias con un superíndice común (por variable en estudio) no difieren estadísticamente ($P < 0,05$). EEM: Error estándar de la media.

Cuadro 3. pH en diferentes segmentos del intestino de pollos alimentados con adición de AEO (*Lippia origanoides*)

Segmento Intestinal	Días	D1	D2	D3	D4	D5	EEM
Duodeno ¹	14	7,62 ^{A,X}	7,47 ^{B,X}	7,00 ^{C,X}	6,90 ^{C,X}	6,77 ^{D,X}	0,01
	28	7,41 ^{A,Y}	7,10 ^{B,Y}	6,92 ^{C,X}	6,84 ^{D,X}	6,60 ^{E,Y}	
	42	7,04 ^{A,Z}	6,63 ^{B,Z}	6,53 ^{C,Y}	6,49 ^{CD,Y}	6,43 ^{D,Z}	
Yeyuno ²	14	7,31 ^{AX}	7,23 ^{B,X}	7,02 ^{C,X}	6,89 ^{D,X}	6,67 ^{E,X}	0,01
	28	7,24 ^{A,X}	7,03 ^{B,Y}	6,78 ^{C,Y}	6,69 ^{C,Y}	6,42 ^{D,Y}	
	42	6,96 ^{A,Y}	6,58 ^{B,Z}	6,15 ^{C,Z}	6,11 ^{C,Z}	5,93 ^{D,Z}	
Íleon ³	14	6,98 ^{A,X}	6,92 ^{A,X}	6,62 ^{B,X}	6,62 ^{B,X}	6,36 ^{C,X}	0,01
	28	6,57 ^{A,Y}	6,37 ^{B,Y}	6,34 ^{B,Y}	6,29 ^{C,Y}	6,19 ^{D,Y}	
	42	6,69 ^{A,Z}	6,18 ^{B,Z}	6,09 ^{C,Z}	6,02 ^{D,Z}	5,96 ^{D,Z}	
Ciego ⁴	14	6,84 ^{A,X}	6,55 ^{B,X}	6,45 ^{C,X}	6,32 ^{D,X}	6,25 ^{E,X}	0,01
	28	6,41 ^{A,Y}	6,10 ^{B,Y}	6,02 ^{C,Y}	5,84 ^{D,Y}	5,60 ^{E,Y}	
	42	6,02 ^{A,Z}	6,00 ^{A,Z}	5,84 ^{B,Z}	5,73 ^{B,Z}	5,49 ^{C,Z}	

D1: Alimento comercial sin antibiótico (AC), sin adición AEO. D2: Alimento comercial con antibiótico, sin adición de AEO. D3: AC + 75ppm de AEO. D4: AC + 100 ppm de AEO. D5: AC + 200 ppm de AEO. EEM: Error estándar de la media. A,B,C,D,E Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes (P<0,05). X,Y,Z Dentro de una misma columna, medias con un superíndice común (por variable en estudio) no difieren estadísticamente (P<0,05). 1,2,3,4 Dentro de una misma columna con un superíndice común (por variable en estudio) no difieren estadísticamente (P<0,05). EEM: Error estándar de la media.

Los resultados obtenidos en este trabajo para heterófilos, linfocitos, monocitos y eosinófilos son distantes de los obtenidos por Perozo *et al.* (2003) [13], quienes tenían una escala de medición diferente y exponían los pollos a aflatoxina AFB1 y no encontraron diferencia significativa con respecto al grupo control. Los valores de leucocitos, linfocitos, monocitos, basófilos y eosinófilos concuerdan con los rangos hematológicos en aves silvestres reportados por Gálvez *et al.* (2009) [14]. Los datos además concuerdan con los valores hematológicos y de leucogramas reportado por Díaz (2012) [15] quien evaluó el efecto de las condiciones climáticas y el estrés calórico sobre las variables hematológicas en 2 líneas de pollos de engorde.

En general los valores hematológicos se asemejan a los reportados en otros estudios [16] [17] y se mantienen en los rangos establecidos para las aves. Existe un efecto notorio del AEO de *Lippia origanoides* sobre el incremento de células inmunológicas, siendo mayor el efecto en D4 y D5 que tienen 100 y 200ppm de AEO respectivamente. En este estudio la adición de AEO de *Lippia origanoides* tiene un efecto positivo sobre la cantidad de células inmunológicas en sangre, lo que

implicaría pollos mejor preparados para contrarrestar retos con patógenos.

Existen un sinnúmero de factores que afectan el control de la enfermedad de Newcastle. Uno de los factores que puede influir en las respuestas vacunales es la nutrición [6]. Los datos obtenidos para anticuerpos vacunales contra Newcastle, permiten observar un aumento en los títulos de anticuerpos a medida que aumenta la adición de AEO (*Lippia origanoides*), lo que se traduce en una mayor protección para las aves contra el agente infeccioso que ocasiona esta enfermedad.

Los resultados obtenidos en pH intestinal presentan valores superiores en duodeno para D1 y D2. En yeyuno, se presentaron valores inferiores a los obtenidos en este trabajo, no obstante en íleon y ciegos, los valores de pH fueron más bajos en nuestra investigación. Jaramillo (2011) [1], comparó dietas que contenían un ácido orgánico, un prebiótico y su combinación, se presentaron datos similares pero superiores si se compara con la dieta D5 que contenía 200ppm de AEO (*Lippia origanoides*). En el estudio reportado por Jaramillo (2011) [1] el pH más

ácido en íleon se presentó con la adición de una mezcla de ácidos orgánicos y Bacitracina de Zn, que fue un pH semejante al del presente trabajo cuando se adicionó a 100 y 200ppm el AEO (*Lippia origanoides*). La dinámica de la variación de pH en respuesta a la suplementación, demuestra como los ingredientes que se incorporan en la dieta pueden afectar positivamente el pH en las diferentes porciones del intestino, siendo ideal un pH ácido para el control de la replicación de agentes patógenos. Por lo anterior, en las cuatro secciones intestinales evaluadas el pH más ácido se obtuvo con la adición de 200ppm de AEO (D5). No obstante, los resultados de pH obtenidos en el intestino de pollos en esta investigación se encuentran dentro de los parámetros fisiológicos normales citados por Van der Klis, et al. (2002) [12] [16] [17].

La población microbiana colonizadora es sensible a cambios que puedan ocurrir en el tracto gastrointestinal (TGI) del hospedero, por lo que en éste deben existir factores adecuados de pH, temperatura, nutrientes y secreciones esenciales. El establecimiento de esta población en TGI ocurre inmediatamente después del nacimiento, cuando las aves empiezan a consumir alimento [5]. Con los resultados obtenidos en la presente investigación se puede inferir que la adición de AEO (*Lippia origanoides*) mejora las condiciones de pH del TGI en lo que tiene que ver con disminución del pH, de esta forma se podría potencializar el establecimiento de cepas bacterianas benéficas, excluir el crecimiento de cepas bacterianas patógenas y mejorar niveles de absorción de nutrientes [12].

CONCLUSIONES

La adición de AEO (*Lippia origanoides*) en pollos de engorde mostró tener un efecto positivo en variables inmunológicas como poblaciones de células de sistema inmune en sangre, pH intestinal y anticuerpos posvacunales contra Newcastle. Con los resultados obtenidos en este estudio, se proyecta el AEO (*Lippia origanoides*) como un promotor nutricional de crecimiento con beneficios inmunológicos en pollos de engorde y como remplazo de los APC.

REFERENCIAS

[1] STANLEY, D., GEIER, M.S., HUGHES, R.J., DENMAN, S.E. and MOORE, R.J. Highly variable microbiota development in the chicken gastrointestinal tract. *PLoS One*, 12(8), 2013, e84290.

- [2] AGOSTINHO, T.S.P., CALIXTO, L.F.L., GOMES, A.V.C., TOGASHI, C.K., CURVELLO, F.A. and LIMA, M.F. Development of organs of the gastrointestinal tract and performance of broilers fed in the post-hatch phase. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), 2012, p.1143-1155
- [3] DONATO, T.C., ANGELITA S.A., BAPTISTA, B.D., SMANIOTTO, C.O.D., GARCIA, A.S., OKAMOTO, J.L. SEQUEIRA e RAPHAEL L.A. Avaliação dos efeitos de 5-hidroxitriptofano e m-hidroxi-benzilhidrazina associados a *Lactobacillus spp.* na morfometria intestinal e imunomarcagem de serotonina em frangos de corte desafiados com *Salmonella Enteridis*. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35(7), 2015, p. 677-684.
- [4] ENCHEVA, V., WAIT, R., BEGUM, S., GHARBIA, S.E. and SHAH, H.N. Protein expression diversity amongst serovars of *Salmonella enterica*. *Microbiology*, 153(12), 2015, p. 4183-4193.
- [5] MORALES-LOPEZ, R. and BRUFAU, J. Immunomodulatory effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* cell wall in broiler chickens inoculated with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *British Poultry Science*, 54(2), 2013, p. 247-251.
- [6] BETANCOURT, L. Efecto de diferentes niveles de aceites esenciales de *Lippia origanoides* kunth en pollos de engorde. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 2012, p. 3033-3040.
- [7] KORVER, D. Interacción entre la nutrición y la función inmune en pollos de engorde. Edmonton (Canada): University of Alberta, Poultry Research Center, 2012.
- [8] COUNCIL FOR INTERNATIONAL ORGANIZATIONS OF MEDICAL SCIENCES (CIOMS). *International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals*. Geneva (Italy): 2012, p. 28.
- [9] GUÍA DE MANEJO COBB. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde [online]. 2012. Disponible en: http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/cobb500_bpn_supp_spanish.pdf?sfvrsn=2. [Citado el 20 de noviembre del 2015].
- [10] LÓPEZ, N., AFANADOR, G. y ARIZA, C.J. Evaluación del efecto de la suplementación de levaduras sobre la morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en pollo. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 55, 2008, p. 63-76.
- [11] YAVARI, M., HAGHKHAH, M., AHMADI, M.R., GHEISARI, H.R. and NAZIFI, S. Comparison of cervical and uterine cytology between different classification of postpartum endometritis and bacterial isolates in Holstein Dairy Cows. *Inter-*

- national Journal of Dairy Science, 4, 2009, p. 19-26.
- [12] AHMADI, M.R., NAZIFI, S. and GHASARI, H.R. Comparison of hormonal changes of estrus cycle with cytology of cervical mucosa and hematological parameters in dairy heifers. *Comparative Clinical Pathology*, 15, 2006, p. 94-97.
- [13] CHÁVEZ-GÓMEZ, L., LÓPEZ-HERRERA, A. and PARRA-SUESCÚN, J.. Inclusion of probiotic strains improves immune parameters in broilers. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 10(2), 2015, p. 160-169.
- [14] SAS® INSTITUTE INC. Statistical Analysis Systems Institute. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1th Ed. Cary (NC): SAS Institute Inc, 2007.
- [15] PEROZO, F., FERRER, J., ALVARADO, M., RINCON, H., MAVAREZ, Y. y GIL, M. Valores hematólogicos en pollos de engorde expuestos de forma continua a bajas dosis de aflatoxina B1 en el estado de Zulia, Venezuela. *Revista científica, FCV-LUZ*, 13(1), 2003, p. 59-64.
- [16] GÁLVEZ, C., RAMÍREZ, G. y OSORIO, J. El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas. *Biosalud*, 8(1), 2009, p. 178-188.
- [17] DÍAZ, E. Efectos del estrés calórico en el piedemonte amazónico colombiano sobre algunos parámetros fisiológicos y zootécnicos en dos estirpes de pollo de engorde [Tesis maestría en estudios amazónicos]. Leticia (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- [18] DÍAZ, E., NARVÁEZ-SOLARTE, W. y GIRALDO, J. Alteraciones Hematológicas y Zootécnicas del Pollo de Engorde bajo Estrés Calórico. *Información tecnológica*, 27(3), 2016, p. 221-230.
- [19] VAN DER KLIS, J.D. and JANSMAN, A.J.M. *Salud Intestinal en Aves. Ajuste de Dietas*, 2002, 21 p.

UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS

UTILIZATION OF CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRICHED WITH *Pleurotus ostreatus* IN CHICKEN

UTILIZAÇÃO DA PUPUNHA (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDO COM *Pleurotus ostreatus* EM FRANGOS

JOSE MIGUEL CAMPO-GAVIRIA¹, LENIN JAMIT PAZ-NARVAEZ¹, FREDY JAVIER LOPEZ – MOLINA²

RESUMEN

*En la producción avícola comercial, el 70% de los costos de producción son debidos a la alimentación, siendo esta una limitante que afecta su rentabilidad. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la inclusión de cáscara de chontaduro (*Bactris gasipaes*), enriquecida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en alimentación de pollos de engorde; para lo cual, se empleó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, con niveles de inclusión de 0, 10 y 20% de cáscara del fruto de chontaduro y 10 y 20% de cáscara del fruto de chontaduro enriquecido con el hongo *Pleurotus ostreatus*. Se determinó el comportamiento productivo del lote a través del consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, pigmentación de la piel y relación costo beneficio de las raciones. No se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos para todas las variables productivas evaluadas, a excepción de la pigmentación, que fue mayor con niveles de 20% de inclusión, al igual que el efecto positivo en términos económicos, donde resulta favorable la adición de un 20% de harina de cáscara de chontaduro enriquecido con el hongo, ya que la*

Recibido para evaluación: 19 de Enero de 2016. **Aprobado para publicación:** 16 de Febrero de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación SISINPRO, Ingenieros Agropecuarios. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación SISINPRO, Profesor Titular, Magister en Ciencias Agrarias, Médico Veterinario Zootecnista. Popayán, Colombia

Correspondencia: fjlopez@unicauca.edu.co

relación costo beneficio fue mejor, sin que se afectara significativamente su comportamiento productivo.

ABSTRACT

*In commercial poultry production, 70% of the production costs are related to feeding, this is a limiting factor affecting the profitability. This study aimed to evaluate the inclusion of chontaduro peel (*Bactris gasipaes*), enriched with the (*Pleurotus ostreatus*) fungus, in the feeding of broilers; using a completely randomized design, with five treatments and three repetitions per treatment, with inclusion levels of 0,10% and 20% of chontaduro fruit peel, and 10 and 20% of chontaduro fruit peel enriched with the fungus (*Pleurotus ostreatus*). The productive behavior of the lot was determined by the feed intake, weight gain, feed conversion, skin pigmentation and cost benefit ratio of the portions. In this regard, no statistical differences ($p < 0,05$) between treatments for all production variables evaluated were found, except for pigmentation, which was higher with levels of 20% of inclusion; as well as the positive effect in economic terms where the addition of a 20% of chontaduro peel flour enriched with the fungus is favorable because of the better cost-benefit ratio, without significantly affecting the productive behavior.*

RESUMO

*Na produção comercial de aves de capoeira, o 70% dos custos de produção são devidos aos alimentos, sendo este uma restrição que afeta a rentabilidade. Este trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de casca de pupunha (*Bactris gasipaes*), enriquecido com o fungo (*Pleurotus ostreatus*) na alimentação de frangos de corte; neste foi usado um desenho completamente ao acaso, com cinco tratamentos e três repetições por tratamento, com níveis de inclusão de 0,10 e 20% de casca do fruto da pupunha e 10 e 20% de casca do fruto da pupunha, enriquecido com o fungo (*Pleurotus ostreatus*). Foi determinado o desempenho produtivo do lote através do consumo de alimento, ganho de peso, conversão alimentar, pigmentação da pele e relação custo-benefício das rações. A este respeito, não foram encontradas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, para todas as variáveis produtivas avaliadas, com exceção de pigmentação que foi aumentada com os níveis de 20% de inclusão, bem como o efeito positivo em termos econômicos onde a adição de um 20% de farinha de casca de pupunha enriquecida com o fungo foi favorável, pois a relação custo-benefício foi melhor, sem afetar significativamente seu desempenho produtivo.*

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país productor de pollo, dado que el sector avícola representa el 47,2% de la producción pecuaria del país, equivalente a 1,6 millones de toneladas de carne de pollo anuales, seguido por la producción

PALABRAS CLAVES:

Consumo de alimento, Conversión alimenticia, Ganancia de peso, Pigmentación.

KEYWORDS:

Feed intake, Feed conversion, Weight gain, Pigmentation.

PALAVRAS CHAVE:

Consumo de alimento, Conversão alimentar, Ganho de peso, Pigmentação.

bovina con 47,4%. Esto se ve reflejado en que la producción avícola representa el 0,23% del PIB del país y del 10,33% del PIB agropecuario [1].

En términos de competitividad, uno de los principales inconvenientes es la inestabilidad en el comportamiento de los precios de los insumos que se requieren en la producción de los alimentos balanceados, y que este ítem representa alrededor del 70% de los costos totales de la producción [2].

De lo anterior se percibe que, para la generación de mayor rentabilidad, es necesario bajar los costos de producción sin que se vean afectados los parámetros productivos, buscando para ello fuentes de alimentación que suplan en parte los requerimientos nutricionales, pero en cierta medida, condicionado por la disponibilidad de alimentos producidos localmente.

Estos elementos desencadenan la necesidad de explorar nuevas fuentes alimenticias que sean económicas, de fácil disponibilidad en el medio y de alta calidad; es por ello que dentro de la amplia gama de alimentos alternativos para aves, se pueden considerar los subproductos de chontaduro, que además de estar disponibles en la región, cuentan con un buen perfil nutricional, rico en fibra, carbohidratos, fósforo, hierro, caroteno, ácido ascórbico y riboflavina, en porcentajes tan significativos, que bien podría ser considerado como una fuente de nutrientes importante en la alimentación de las aves [3]. Por lo tanto, el interés de este trabajo, fue evaluar el uso de la cáscara de chontaduro enriquecida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en diferentes niveles en dietas para pollos de engorde y su efecto en la respuesta productiva y de beneficio económico.

MÉTODO

Localización

El ensayo se realizó en el galpón ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, Vereda las Guacas, Municipio de Popayán-Cauca, el cual está situado a una altitud de 1850 msnm, con coordenadas geográficas de 2° 27' 0.000" latitud Norte, 76° 37' 0.000" longitud Oeste, con una temperatura promedio de 18°C y una precipitación de 2000 mm/año [2].

Instalaciones

Se empleó un galpón de 4m de ancho por 9m de largo, con ventilación natural manejada a media pared lateral (1,20 m), terminada en malla y recubierta con una cortina de polipropileno; techo en hoja de zinc y piso en cemento. Se ubicaron 15 jaulas en malla, de 1,25 m de largo por 0,80 m de ancho y 0,50 m de alto, a una distancia de 0,60 m del suelo, con capacidad de albergar 10 pollos. Cada jaula contó con un comedero lineal y dos bebederos de nipple con copa.

Material experimental

Se utilizaron 100 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, de un día de edad, a los cuales se les verificó su calidad física, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para ello. Su peso promedio fue de 46 g y las aves se vacunaron según el plan correspondiente a la zona.

Alimentación

Los animales se nutrieron con un concentrado comercial desde el día 1 hasta el día 27; la evaluación de las dietas se realizó a partir del día 28, con un peso inicial de 1050 g en promedio, hasta el día 42, tiempo que duró la etapa de engorde del pollo. El suministro del concentrado experimental se dividió en cinco raciones, dos en la mañana, una al medio día y dos en la tarde. Se tuvo en cuenta la tabla de manejo comercial de la línea Cobb vantress 500, para el suministro del alimento [4].

Modelo estadístico

Para evaluar la respuesta biológica del lote a las diferentes dietas alimenticias, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y siete unidades experimentales por repetición. Los resultados obtenidos en campo se evaluaron mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia al 95%, utilizando para ello el software SPSS versión 15.

Tratamientos

Se evaluaron los siguientes tratamientos: T1: 100% concentrado comercial; T2: 10% de inclusión de cáscara de chontaduro; T3: 20% de inclusión de cáscara de chontaduro; T4 y T5: Concentrado convencional con 10 y 20% de inclusión de harina de cáscara de

chontaduro, enriquecido con el hongo (*Pleurotus ostreatus*), respectivamente.

Análisis económico

Para este análisis se utilizó el método de presupuestos parciales, el cual permite interpretar los resultados obtenidos, comparando al tratamiento control con los demás tratamientos y determinar su viabilidad en términos de costo beneficio; para ello se determinaron los costos variables, el beneficio bruto de campo y el beneficio neto de campo o balance final [5].

Variables de respuesta

Para determinar el comportamiento productivo del lote, sometido a los distintos tratamientos, se evaluó el consumo de alimento, al igual que la ganancia de peso y su conversión alimenticia. Con esta misma información, se procedió a determinar la relación costo beneficio.

Pigmentación

Para la determinación del grado de pigmentación, se utilizó el abanico DSM, haciendo mediciones en el momento del sacrificio en la canal [6].

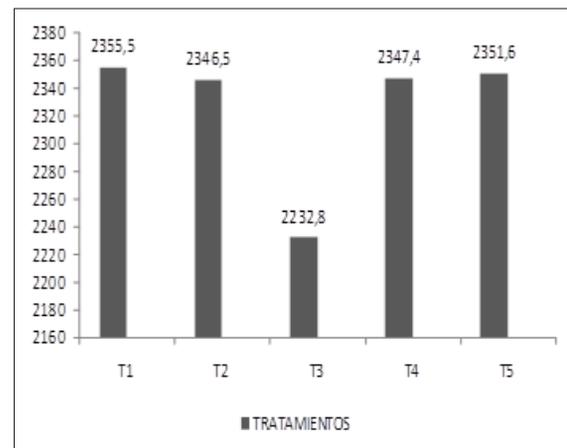
RESULTADOS

Consumo de alimento etapa de finalización

El análisis de varianza para esta variable, no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), denotando que el consumo no se vio afectado por las características propias de cada una de las dietas (Figura 1).

El consumo de alimento se realizó siguiendo la tabla de manejo Cobb vantage 500 [4] y los pollos consumieron acorde a lo ofrecido. No obstante en el tratamiento T3, se observó una disminución de 122,9 g de alimento en comparación al testigo, debido probablemente a que el tratamiento T3 tuvo el mayor contenido de fibra cruda en el balance (4,52%), lo que posiblemente provocó un bajo consumo, tal como lo reportan algunos estudios, donde niveles elevados de fibra presentes en una dieta afectan de manera indirecta el consumo de los animales [7]; de igual forma, factores como la fibra, tamaño de partículas, volumen, solubilidad y propiedades de superficie como la capacidad de absorción de agua, capacidad bufferante, capacidad de intercambio catiónico (CIC), viscosidad y fermenta-

Figura 1. Consumo de alimento acumulado en gramos por tratamiento, en etapa de finalización.



bilidad, pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes [8].

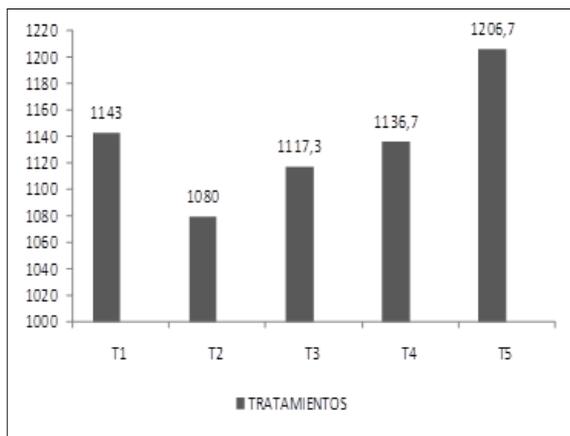
No obstante, se observó que los tratamientos T4 y T5 presentaron un buen comportamiento en consumo de alimento (Figura 1), datos que demuestran el efecto potencial del hongo como degradador enzimático de fibra, permitiendo incrementar la proteína y disminuir el porcentaje de fibra, aunado a su buen aporte nutricional [9]. De igual forma, la disminución de la hemicelulosa como consecuencia del crecimiento de hongos, ha sido reportada al utilizar otros sustratos como el ensilaje de caña de azúcar, tratado con hongos *Pleurotus* [10].

Ganancia de peso etapa de finalización

El análisis de varianza para esta variable, determina que no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) frente al peso ganado en la etapa de engorde (Figura 2); sin embargo, se observa que a medida que aumenta el nivel de inclusión de la cáscara enriquecida con el hongo, se incrementa la ganancia de peso.

En estos términos, el incremento paulatino en ganancia de peso, probablemente se debió a que el hongo encontró en la cáscara las condiciones necesarias para efectuar su papel como degradador ligno - celulolítico y de este modo, permitir que los nutrientes de la cáscara estén disponibles para los animales. En este mismo contexto, algunos autores [11], señalan que las especies de *Pleurotus*, están entre los agentes de descomposición primaria más efectivos, los cuales

Figura 2: Ganancia de peso acumulada en gramos por tratamiento, en etapa de finalización.



tienen la habilidad de colonizar el rastrojo, degradarlo y utilizar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa, para su propio crecimiento.

Investigaciones relacionadas con el chontaduro [12], menciona que este material es rico en aceites esenciales, vitaminas A y E, fibras y almidón, lo que lo convierte en un alimento completo, fortificante y equilibrado. Estos elementos permiten inferir, que la calidad composicional del fruto del chontaduro y su utilización como sustrato, con hongos que aumentan la digestibilidad, pueden afectar de manera positiva la ganancia de peso.

En este sentido, los resultados obtenidos en esta variable fueron superiores a los reportados por algunos autores [13], donde se optimizaron los parámetros de deshidratación del *Bactris gasipaes* Kunth, para su transformación en harina y su empleo como sustituto del maíz, en dietas para pollos de engorde en toda su etapa productiva, obteniendo pesos de 2250 g (T0); 2245 g (T1); 1700 g (T2); 1330 g (T3) y 1140 g (T4).

De igual forma, los resultados son superiores a los reportados en otras investigaciones [14], donde la ganancia de peso acumulada a los 40 días en pollos, consumiendo dietas con niveles de 50 y 100% de harina de chontaduro sometido a cocción, fueron de 1528,5 y 1556 g respectivamente, comparado con los resultados de esta investigación, donde se obtuvo un rango de ganancia de peso solamente en etapa de finalización, entre 1080 a 1206 g, entre los tratamientos con cáscara y enriquecidos con *Pleurotus*.

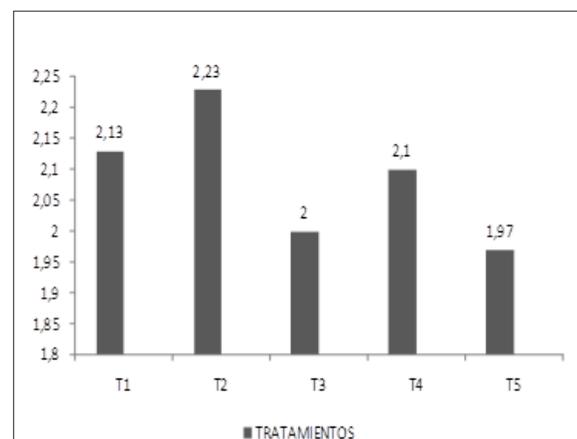
Los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto al consumo de alimento, fueron inferiores a las evaluaciones utilizando diferentes forrajes, en la alimentación de pollos de engorde Cobb 500, en el cual no encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para esta variable en la etapa de finalización [2,5]. De igual forma, al evaluar diferentes niveles de inclusión con 5,10 y 15% de harina de follaje de bore (*Alocasia macrorrhiza*) en pollos de engorde, no reportan diferencias significativas en consumos [2].

Finalmente el consumo de alimento se puede ver afectado por muchas variables, entre ellas el tamaño de partícula, en donde los pellets, por sus características específicas, permiten una mejor aprehensión del alimento y generan menos desperdicio al ser consumidos, lo que sugiere que al haber más consumo hay mayor ingestión de nutrientes disponibles y por ende mejores parámetros productivos, claro está, dependiendo de las características composicionales de la dieta [5].

Conversión alimenticia etapa de finalización

Al igual que el consumo y la ganancia de peso, el análisis de varianza para esta variable reporta que no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$); sin embargo, las conversiones alimenticias en los tratamientos donde se incluyó la cáscara de chontaduro y aquellas enriquecidas con *Pleurotus ostreatus*, demuestran una mejor tendencia en términos de su conversión alimenticia (Figura 3).

Figura 3: Conversión alimenticia en etapa de finalización.



Estos resultados en conversión, en cierta medida, se deben a que se obtuvieron consumos y ganancias de peso similares entre los tratamientos. La dieta T2 al 10% con cáscara de chontaduro, fue la que presentó menor conversión alimenticia con respecto a los demás tratamientos, debido probablemente a que influyeron factores como la temperatura, incidiendo en el consumo de alimento. Según reportes de investigaciones anteriores [2,5], la temperatura ambiente ocasiona estrés, y aunque los consumos sean normales, se incrementa la velocidad de paso, disminuye la oportunidad de digestión de nutrientes y posteriormente disminución en la conversión alimenticia.

Sin embargo, el tratamiento T3 muestra que el consumo fue el menor entre los tratamientos, pero su ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron significativos, posiblemente debido a que la cáscara posee algunas características físico-químicas que mejoran la digestibilidad, tal como lo mencionan algunos reportes [15], donde se evidencia que la cáscara de chontaduro presentó los mejores valores de DIVMS para aves frente a otras materias primas evaluadas, lo cual se explica por el menor contenido de fracción fibrosa (FDN, FDA) y la ausencia de lignina en su composición química. Aunque el tratamiento T3 presentó más fibra, la conversión alimenticia no se vio afectada por este constituyente de la ración, debido posiblemente a que ayudó a mejorar la digestión del animal como lo reportan algunos trabajos [2,4], demostrando que niveles adecuados de determinadas fuentes de fibra pueden mejorar el desarrollo del aparato digestivo, la salud intestinal, la digestibilidad de los nutrientes y la productividad. De hecho, estos resultados permiten inferir que sería importante desencadenar evaluaciones posteriores, para determinar la composición química detallada de la fibra de este sustrato, donde se pueden llegar a evidenciar elementos que interfieren en la calidad de este componente y que por consiguiente pueden afectar positivamente las variables productivas en animales.

Las respuestas de conversión alimenticia de este ensayo, comparadas con evaluaciones de harina de forrajes [2,16], fueron mejores con respecto a niveles de inclusión de 0% (T0) y 20% de harina (T1), obteniendo como resultado conversiones de 2,52 y 3,65, respectivamente. De igual forma Robles (2014), al utilizar harina de ramio *Boehmeria nivea* con diferentes niveles de inclusión en la dieta de aves, reporta conversiones alimenticias superiores a este ensayo, entre 3,52 y

3,03 respectivamente [16], diferencia que puede estar supeditada a lo altamente voluminoso y/o fibroso de la dieta. Cabe resaltar que dichas comparaciones se hacen al tenor del contenido de fibra de estas dietas, que en cierta medida, se asemejan al sustrato utilizado en esta evaluación.

Los datos de la presente investigación fueron inferiores a los reportados en trabajos con ramio (*Boehmeria nivea*), como fuente de proteína vegetal no tradicional, en las fases de crecimiento y acabado de pollos de engorde [16], donde se evaluó el uso de tres niveles de harina, con niveles de inclusión de 0, 5, 10 y 15% de harina de ramio, obteniendo conversiones de 2,75, 2,75, 2,6 y 2,4, respectivamente.

Análisis de pigmentación

En la industria avícola, uno de los problemas de importancia económica es la pigmentación de la piel de la canal y tarsos del pollo; ya que la apariencia visual, especialmente el color, es una característica importante de los alimentos y determina la elección o el rechazo del producto por parte del consumidor. Debido a lo anterior, los productores adicionan pigmentantes a la dieta del pollo para mejorar su presentación [17].

Es por esto que la incorporación de materias primas con alto contenido de xantofilas, como es el caso del chontaduro, ameritan la valoración de la coloración de la piel. Para ello se utilizó el abanico colorimétrico DSM, una herramienta sencilla y útil para hacer mediciones prácticas y precisas de color, basada en los niveles de carotenos (Xantofilas, Cantaxantina, Apo-ester), que además, son importantes en la coloración de la yema del huevo y la piel [18] (Cuadro 1). Con base en esta guía visual, se compararon las diferentes tonalidades por tratamiento, en donde se observó que los tratamientos T2, T3 (niveles de inclusión de cáscara de 10 y 20% respectivamente) y los tratamientos T4, T5 (niveles de inclusión de cáscara enriquecido con *Pleurotus ostreatus* de 10 y 20% respectivamente), evidenciaron una mejor pigmentación con respecto al tratamiento T1 (concentrado comercial). Sin embargo, al comparar los cuatro mejores tratamientos, el abanico determinó que los tratamientos T3 y el T5, con un valor de 108, obtuvieron la mayor pigmentación, determinando de esta manera que, a mayor nivel de inclusión de cáscara de chontaduro, al igual que el sustrato con el hongo, mayor es la pigmentación.

Cuadro 1: Niveles de carotenoides amarillos y rojos en los diferentes tratamientos evaluados.

	Nivel T1 Abanico <105	Nivel T2 Abanico 105	Nivel T3 Abanico <107	Nivel T4 y T5 Abanico <108
Xantofilas (ppm)	0	20	30	40
Canta-xantina (ppm)	0	0,5	1	2
Apo-ester (ppm)	0	0,5	2	3

En este contexto, la coloración del concentrado convencional de esta investigación, se debe a que la cáscara del fruto de chontaduro presenta un alto contenido de carotenos, que son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales; probablemente esta coloración influye en el consumo de las aves. Esta afirmación se pueden validar de acuerdo a reportes [19], donde se evaluaron cuatro tratamientos T0 (testigo, concentrado sin tinturar), T1 (concentrado de color verde), T2 (concentrado de color rojo), T3 (concentrado de color azul), y utilizando para ello 180 pollos de engorde de la línea Cobb 500, concluyendo que el tratamiento T0 de coloración amarilla, fue el que mejor respuesta presentó en términos de consumo de alimento, denotando de esta manera, cómo la variable juega un rol importante en este aspecto.

Análisis económico

Costos variables. Para la obtención de los costos variables, se hace necesario cuantificar el costo del concentrado por kg y etapa productiva y con ello poder determinar la reducción con respecto al tratamiento control, con el cual este análisis soporta su comparación.

El contraste entre el costo del alimento y el consumo de cada tratamiento, permite observar que los tratamientos T3, T4 y T5 fueron inferiores al testigo (T1), lo que permite mencionar que a mayor inclusión de cáscara del fruto de chontaduro y cáscara enriquecido con *Pleurotus ostreatus*, mayor reducción en los costos variables (Cuadro 2).

Beneficio bruto de campo. En el cuadro 3, se observa que el tratamiento T5 obtuvo una ganancia de 3,11% con respecto al T1, mientras los tratamientos T2 y T3

Cuadro 2: Costos variables por tratamiento y porcentaje de reducción.

Tratamiento	Costo Concentrado (\$) etapa de Finalización	Reducción de Costos (%)
T1	57820	0,00
T2	58393	+0,01
T3	56061	-3,04
T4	57616	-0,35
T5	54246	-6,18

Cuadro 3: Beneficio bruto de campo (BBC) por tratamiento.

Tratamiento	Total kg carne	Precio (4 kg) Total Costos	BBC (\$/kg)	Diferencias (%)
T1	43,99	5200	228748	0,00
T2	39,71	5600	222357	-2,79
T3	39,41	5600	220714	-3,51
T4	40,81	5600	228554	-0,08
T5	42,12	5600	235872	+3,11

obtuvieron diferencias con relación al T1, con una disminución en la producción de kg de carne de 2,79% y 3,51% respectivamente, sin embargo se determinó, que el T4 tuvo un comportamiento muy similar al T1.

Hay que resaltar que los cuatro tratamientos evaluados, obtuvieron un mayor costo de venta de \$200/Lb frente al testigo; esto se debe a que en el proceso de mercadeo, la libra de pollo tiene un incentivo de acuerdo a la pigmentación de la piel.

Beneficio neto de campo. Los tratamientos T2 y T3 no presentaron un comportamiento económico-productivo positivo, necesario para sustituir el tratamiento testigo (T1), cuadro 4. Esto se refleja en que al utilizar un 10 y 20% de cáscara de chontaduro en alimentación para pollos de engorde, hay una menor relación costo-beneficio, lo que afecta la rentabilidad del ciclo productivo del lote.

Cuadro 4: Beneficio bruto (BBC) y neto de campo (BNC) por tratamiento.

Tratamiento	BBC (\$kg)	Costos Variables	BNC (\$)	Porcentaje (%)
T1	228748	57820	170928	100
T2	222357	58393	163954	96
T3	220714	56061	164653	96
T4	228554	57616	170938	100
T5	235872	54246	181626	106

Este comportamiento es opuesto a los tratamientos T4 y T5, donde el costo-beneficio es similar y mayor, respectivamente, con respecto al tratamiento control, lo que indica que la cáscara de chontaduro enriquecida con *Pleurotus ostreatus* en un nivel del 10 y 20% en la dieta para pollos de engorde, aporta los nutrientes necesarios para la producción y a su vez genera un mayor margen de utilidad, dada la reducción en el costo de elaboración del concentrado, generando de esta manera una ventaja con respecto al uso de 100% de concentrado convencional.

CONCLUSIONES

La utilización de la cáscara sola del fruto de chontaduro, tanto como la enriquecida con el hongo, en un 10 y 20% de inclusión, es una buena alternativa de alimentación en pollos de engorde, para los pequeños productores residentes en zonas de mayor producción de este fruto.

El uso de la cáscara de chontaduro y enriquecida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, es una buena estrategia alimenticia, que permite mejorar la pigmentación de la canal y con ello acceder a un beneficio de mercadeo adicional.

En términos económicos, la suplementación con cáscara de chontaduro al 20% enriquecida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, muestra el mayor beneficio neto de campo, dado que se reducen en un 6% los costos de producción, sin verse afectado el comportamiento productivo del lote en etapa de finalización.

Finalmente, es necesario llevar a cabo más trabajos de investigación del estudio de la cáscara del fruto de chontaduro, con mayores niveles de inclusión en toda la etapa productiva del pollo, buscando disminuir la dependencia de algunos insumos externos de uso convencional, lo cual se traduce en la reducción en los costos de producción, y realizar un análisis más detallado de la composición química de la cáscara del chontaduro, para dilucidar su posible efecto nutricional en monogástricos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, por su apoyo en términos de infraestructura y financieros, para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] COLOMBIA. FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES (FENAVI). Valle en cifras [online]. 2013. Disponible: http://valle.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=91. [Citado marzo de 2014].
- [2] ALEGRIA, G. y CAICEDO, A. Evaluación de tres dietas a base de harina de hoja de bore (*Alocasia macrorrhiza*) en pollos de engorde. Revista MVZ Córdoba, 17(3), 2012, p. 3236-3242.
- [3] MARQUEZ, L. Evaluación nutricional de la cascara de chontaduro (*Bactris gasipaes*) como alternativa en la alimentación animal [Tesis Médico Veterinario y Zootecnista]. Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad Ciencias de la Salud, 2014.
- [4] COBB - VANTRESS. Guía de manejo del pollo de engorde [online]. 2014. Disponible: http://www.cobb-vantress.com/languages/guidefiles/b5043b0f-792a-448e-b4a1-4aff9a30e9eb_es.pdf. [Citado Enero de 2015].
- [5] CASTANO, N., GOYES, P., LOPEZ, F. y ALBARRACIN, L. Uso del bagazo enriquecido con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en dietas para bovinos. Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 10(2), 2012, p. 25-32.
- [6] ROJAS, V., CALLACNA, M. y ARNAIZ, V. Uso de un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo. Revista Scientia Agropecuaria, 6(3), 2015, p. 191-199.
- [7] LESSON, S., SUMMERS, J. y DIAZ, G. Nutrición aviar comercial. 3 ed. Bogotá (Colombia): Le Print Ltda., 2014, 359 p.
- [8] GOMEZ, G., ORTIZ, M., PEREA, C. y LOPEZ, F. Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 12(1), 2014, p. 106-114.
- [9] DAZA, J.A., RODRÍGUEZ, J.L. y MOSQUERA, S.A. Cambios fisiológicos, texturales y fisicoquímicos de dos variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) en poscosecha. Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 13(2), 2015, p. 67-75.
- [10] PELAEZ, A., MENESES, M., MIRANDA, L., MEGIAS, D., BARCENA, R. y LOERA, O. Ventajas de

- la fermentación sólida con *Pleurotus sapidus* en ensilaje de caña de azúcar. *Redalyc*, 57(217), 2008, p. 25-33.
- [11] ROYSE, D.J. A global perspective on the high five: Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia & Flammulina. New Delhi (India): Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICM-BMP8) 1, World Society of Mushroom Biology and Mushroom Products ICAR-Directorate of Mushroom Research, Mushroom Society of India 2014, p. 1-6.
- [12] MARTINEZ, D., BUGLIONE, N., FILIPPI, M., REYNOSO, L., RODRIGUEZ, G. y AGÜERO, M. Evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* y *Agrocybe aegerita* sobre orujos de pera. *Revista Anales de Biología*, 37, 2015, p. 1-10.
- [13] VASQUEZ, R. Deshidratación del *Bactris gasipaes* kunth (pijuayo) por flujo de aire caliente y su empleo como sustituto del maíz en dietas para pollos parrilleros. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2(1), 2002, p. 67-87.
- [14] MONTILLA, J. e INFANTE, J. Posibilidades de la utilización del fruto de pijiguao (Arecaceae: *Bactris gasipaes* H.B.K.) en la alimentación de monogástricos [online]. 2014. Disponible: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/ivencuentro/montilla.htm> [Citado Septiembre de 2014].
- [15] MARTÍNEZ, M., MOSQUERA, D., MEDINA, H. e INDIRA, L. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. *Acta agronomica*, 62(1), 2013, p. 326-332.
- [16] ROBLES, J. Evaluación del efecto de la harina de ramio en la alimentación avícola [online]. 2014. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec>. [Citado 7 de Noviembre 2014].
- [17] MUÑOZ, D., FUENTE, M., HERNANDEZ, V. and ÁVILA, G. Kin pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from tagetes erecta. *The Journal of Applied Poultry Research*, 22, 2014, p. 788-791.
- [18] COLOMBIA. INDUSTRIA AVÍCOLA. Desarrollos de la pigmentación de huevo y pollos de engorda [online]. 2014. Disponible: <http://www.industriaavicoladigital.com>. [Citado Octubre de 2014].
- [19] CERON, C. y GUACA, T. Efectos del color del alimento sobre consumo de pollos. *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 6(1), 2007, p. 65-74.

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA DE ZAPALLO (*Cucurbita moschata*)

VALIDAÇÃO DE PARÂMETROS PRODUTIVOS E PIGMENTAÇÃO NO FRANGOS ALIMENTADOS COM FARINHA DE ZAPALLO (*Cucurbita moschata*)

PRODUCTION PARAMETERS EVALUATION AND PIGMENTATION OF POULTRY FED WITH SQUASH FLOUR (*Cucurbita moschata*)

JULIANA CARVAJAL-TAPIA,¹ CARLOS MARTÍNEZ-MAMIAN¹, NELSON VIVAS-QUILA².

RESUMEN

*Son diversos los productos obtenidos en un pequeño sistema agropecuario, que pueden contribuir a la economía del avicultor campesino como es el cultivo del zapallo (*Cucurbita moschata*), con la harina de este fruto (HZ) se evaluó, la pigmentación de piel y parámetros productivos en pollos con la inclusión del 0, 7,5 y 15% en dietas, se utilizó un DCA cuatro repeticiones y cuatro animales por unidad experimental. El análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) para las variables consumo de alimento en las dos etapas, ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa final; las diferencias se presentaron para ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa inicial y pigmentación. La pigmentación de piel de los animales alimentados con (HZ) fue amarillo más intenso de acuerdo al abanico colorimétrico DMS que los alimentados con el tratamiento testigo. La inclusión de (HZ) en dietas para pollos de engorde mayor al 7,5% y menor a 15%, como materia prima no convencional contribuye a la pigmentación de*

Recibido para evaluación: 30 de Agosto de 2016. **Aprobado para publicación:** 26 de Febrero de 2017.

- 1 Fundación Universitaria de Popayán, Administración de empresas agropecuarias, Ginpas. Magister en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Nutrifaca. Doctor en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia.

Correspondencia: juliana.carvajal@fup.edu.co

la piel, sin afectar parámetros productivos en la etapa final y se convierte en una alternativa para los sistemas de pequeños productores generando valor agregado en términos de pigmentación de la piel.

ABSTRACT

*On the farms you can get different products from small farming system that can contribute to the economy of the poultryman farmer, for example, the squash (*Cucurbita moschata*). With the squash flour was evaluated pigmentation of skin and productive parameters in broilers. With the inclusion of 0, 7,5 and 15 percent in diets. A design completely at random (DCA) was used with four repetitions and four animals per experimental unit. The analysis of variety did not show statistic differences ($p \leq 0,05$) for the feed intake in the two phases, either in weight gain and feed conversion in the ending phase; there were showed meaningful statistic differences for weight gain and feed conversion in the starter phase and the pigmentation in the final phase, the skin pigmentation of animals fed with squash flour was intense yellow according to the variety of colors DMS compared to those fed with the witness treatment. The inclusion of squash flour in diets for feeding broiler chicken bigger than 7,5% y less than 15%, is considered as a no conventional raw material that helps to the pigmentation of the skin, without affecting productive parameters in the ending phase and it becomes in an alternative for the productive systems of the small producers generating a value added in terms of skin pigmentation.*

RESUMO

*Existem vários produtos obtidos em um sistema de agricultura de pequena, o que pode contribuir para a economia do avicultor camponesa como o cultivo de abóbora (*Cucurbita moschata*) com farinha dessa fruta (HZ) foi avaliada, a pigmentação da pele e parâmetros produtivos nos frangos com a inclusão de 0, 7,5 e 15% em dietas a DCA foi utilizado quatro repetições e quatro animais por unidade experimental. O análises de variância no arrojo diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) para as variável consumo de alimento em as duas etapas, tampouco em ganancia de peso e conversão alimentícia em a etapa final; as diferencias se apresentam para ganancia de peso e conversão alimentícia em a etapa inicial e pigmentação em a etapa final. A pigmentação de pele de os animalões alimentados com zapallo foi amarelo más intenso de acordo ao abanico colorimétrico DMS que os alimentados com o tratamento testemunha. A inclusão de farinha de zapallo em dietas para alimentação de frangos de corte maior al 7,5% e menor a 15%, como matéria prima não convencional contribuem ao pigmentação da pele, sim afeitar parâmetros produtivos na etapa final e se converte numa alternativa para os sistemas produtivos de pequenos produtores gerreando um valor agregado no términos de pigmentação na pele.*

PALABRAS CLAVES:

Colorantes, Peso corporal, Alimentos alternativos, Piel animal.

KEYWORDS:

Colorants, Body weight, Alternative foodstuff, Animal skin.

PALAVRAS-CHAVES

Colorantes, Peso corporal, Alimentação alternativa, Pele animal.

INTRODUCCIÓN

La avicultura ha sido uno de los sectores productivos más dinámicos en Colombia durante las últimas décadas; debido a que el consumo de carne de pollo y de huevos se ha convertido en una alternativa importante para la seguridad alimentaria y la economía campesina, satisfaciendo las necesidades proteicas de la población. La cría de pollo de engorde es una de las actividades pecuarias más difundidas en el país debido a su adaptabilidad en diferentes climas y regiones mostrando incremento desde el año 2012 según cifras de Fenavi-Fonav, condiciones que permiten crear interés de investigación y producción de este sector.

En la avicultura el color de la piel del pollo juega un rol fundamental para la comercialización y aceptación del producto. En diferentes países los consumidores asocian la coloración de la piel con la salud del animal y frescura de la carne [1, 2, 3]; posiblemente por las anteriores razones la preferencia de la canal del pollo con un color de piel amarillo tiene más demanda que la coloración blanca. La pigmentación de la yema de huevo y los tejidos de aves de corral (principalmente de la piel y grasa] refleja directamente el contenido de carotenoides en la alimentación de aves [4]. Para satisfacer los requerimientos del mercado las industrias avícolas adicionan carotenoides o pigmentantes artificiales (canthaxanthin, apo-éster entre otros) y/o naturales a la dieta del pollo [5] mientras que los pequeños productores prefieren suministrar maíz amarillo, residuos de cocina, forrajes, subproductos ricos en carotenos y xantofilas desconociendo el rendimiento y costos que incurren con esta práctica. Por otro lado, el interés de la utilización de fuentes naturales de pigmentación ha despertado interés en la alimentación de animales de importancia zootécnica con el objetivo de contribuir a reducir costos de producción y mejorar la calidad organoléptica del producto, debido a esto se han utilizado diferentes extractos provenientes de especies vegetales como Caléndula (*Tagetes erecta*), pimentón (*Capsicum annumm*) [5,6], Achioté (*Bixa orellana*) [7], zapallo (*Cucurbita moschata*) [8] entre otros.

El zapallo (*Cucurbita moschata*) es una planta que pertenece a la familia de las cucurbitáceas, cuyo fruto se cultiva de forma tradicional en Colombia; con composición nutricional de proteína bruta 8,12%, extracto etéreo 2,85%, extracto libre de nitrógeno 76,6%, fibra bruta 4%, Cenizas 8,4%; tiene propiedades energéticas que pueden aprovechar los animales, [6, 5] adicionalmente tiene sustancias que pueden contribuir a

la pigmentación de la piel en pollos como los carotenoides [6], lo que lo hace ser una fuente potencial para ser utilizada en la alimentación de animales. El zapallo ha constituido una alternativa para la alimentación, cachamas [9] y pollos [8], no obstante su limitante radica en su bajo contenido de materia seca; diferentes estudios realizados en la Universidad Nacional de Colombia han demostrado que el fruto genéticamente mejorado puede tener un nivel superior de materia seca en relación al cultivo de zapallo convencional [10]. Tradicionalmente y con poca frecuencia en las zonas rurales el zapallo es utilizado en la alimentación de aves de corral suministrándolo en forma fresca, pero son escasos los reportes en este campo.

Con el propósito de aprovechar los recursos obtenidos del pequeño agricultor y contribuir a la economía del avicultor campesino aprovechando las características nutricionales del zapallo, se realizó la evaluación de la inclusión de harina del mismo en dietas para pollos de engorde, con la intención de evaluar su efecto en los parámetros productivos y la pigmentación de la canal

MÉTODOS

La investigación se realizó en la granja de la Fundación Universitaria de Popayán, municipio de Timbío, Departamento del Cauca, a 1851 m.s.n.m., localizada a 2° 23' 11.3" de latitud norte y 76° 39' 16.1" de longitud oeste, temperatura entre 16 y 23°C, humedad relativa entre 80 y 90%.

Animales y diseño experimental

Se emplearon 48 pollos de engorde machos de la línea Cobb 500, de 12 días de edad con un peso promedio de 185 g, criados en piso con una densidad aproximada de 11 animales/m²; se empleó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, según el nivel de inclusión de harina de zapallo (HZ) T1 dieta control 0%, T2 y T3 con 7,5 y 15% de HZ respectivamente, con cuatro repeticiones y cuatro animales por unidad experimental. La evaluación comprendió la etapa iniciación de 12 a 24 días y etapa finalización de 25 a 47 días. Los resultados obtenidos en campo se evaluaron mediante la aplicación del análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia al 5%, utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.4 2015. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos se determinaron mediante prueba de promedio según Duncan.

Dietas

Para la obtención de harina de zapallo (HZ) se realizó el siguiente proceso: Los frutos se pelaron, se eliminó la semilla y la pulpa fue cortada en láminas delgadas las cuales se colocaron en un horno a 60°C durante 24 horas y finalmente fue molido. El sorgo fue sometido a tratamiento térmico en un horno a 60°C por 1 hora y posteriormente molido, el maíz y la torta de soya se sometieron a una molienda con el propósito de tener todos los ingredientes en forma de harina que garantizaran la homogenización de la mezcla. Las dietas se elaboraron de forma artesanal en forma de crumbells para la fase inicial y en pellets para la fase final, fueron iso proteicas e iso energéticas, a cada una se le determinó la composición nutricional y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. (Cuadro 1). Proteína y extracto etéreo se determinaron según metodologías de la AOAC [11], Fibra detergente neutra con equipo ANKOM y DIVMS a través de la metodología digestibilidad *in vitro* pre-cecal

[12]. La cantidad de alimento ofrecido en cada jaula fue de acuerdo a las tablas de consumo individual para la línea Cobb500

Se evaluaron las siguientes variables: Consumo de alimento (Cons): diferencia entre cantidad de alimento ofrecido y la cantidad de alimento rechazado, Ganancia de Peso (GP): resultado de la diferencia entre el peso final y el peso inicial, Conversión Alimenticia (CA): Se calculó dividiendo el consumo de alimento entre la ganancia de peso, Pigmentación: con los pollos en canal se realizó la observación de la apariencia visual de la piel, comparándolo con el abanico colorimétrico (DSM) se determinó la pigmentación de cada animal.

RESULTADOS

El análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) para las variables de consumo de alimento (Cons) en las dos etapas, ni para ganancia de

Cuadro 1. Dietas experimentales.

Ingrediente [%MS]	Etapa Iniciación			Etapa Finalización		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Harina de pescado	5,0	3,1	3,6	5,3	2,9	3,3
Torta de soya	24,5	29,1	27,8	16,8	22,3	21,1
Zapallo	0,0	7,5	15,0	0,0	7,5	15,0
Maíz	65,0	0,0	0,0	73,5	0,0	0,0
Sorgo	0,0	50,3	44,1	0,0	56,8	50,2
fosfato de bicalcico	0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	0,7
Monoclorhidrato de L – lisina	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
DL – Metionina	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2
Aceite de palma	0,0	4,0	3,5	0,2	4,7	4,6
Carbonato de calcio	1,1	1,2	1,2	0,9	1,1	1,0
Premezcla vitaminas y minerales	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
Sal común	0,8	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5
Bentonita	1,6	1,9	1,9	1,1	1,8	1,8
Composición Nutricional y Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca						
Energía metabolizable Mcal EM/kgMS	3,3	3,5	3,4	3,6	3,6	3,6
PC Proteína cruda [%]	18,6	18,66	18	15,64	16,34	16,91
EE Extracto etereo [%]	2,23	5,69	5,68	3,08	6,51	7
FDN Fibra detergente neutra [%]	17,79	19,22	19,56	13,83	18,22	15,91
DIVMS [%]	80,46	77,83	76,77	82,98	82,12	85,85

DIVMS Digestibilidad *In vitro* de la materia seca

Cuadro 2. Análisis estadístico de las variables evaluadas.

Variable	Media	CV	P
GP etapa iniciación [g]	564,42	3,57	0,0003
GP etapa finalización [g]	1296,05	8,11	0,8369
Cons etapa iniciación [g]	1081,82	3,28	0,9397
Cons etapa finalización [g]	3974,40	0,77	0,5130
CA etapa iniciación	1,95	6,96	0,0099
CA etapa finalización	3,06	8,22	0,9155
Pigmentación	103	0	0,0001

GP: Ganancia de peso, Cons: Consumo de alimento, CA: Conversión alimenticia, CV: Coeficiente de variación, P: Probabilidad

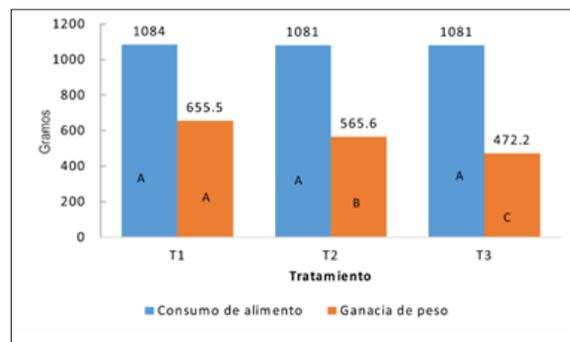
peso (GP) y conversión alimenticia (CA) en la etapa final; Las variables que presentaron diferencias significativas fueron GP, CA etapa inicial y pigmentación como se observa en el cuadro 2.

La inclusión de HZ no afectó estadísticamente los parámetros productivos calculados en la etapa final como GP, Cons y CA, Igualmente se puede apreciar que la HZ no afectó la variable consumo de alimento en las dos etapas resultados que coinciden con estudios de Cortés *et al* [2] quienes reportan que la inclusión de aceites destilados de granos como fuente de pigmentantes en la alimentación de pollo en etapa final, no altera esta variable, Ubaque *et al.*, [8] difiere con estos resultado porque la inclusión del 28,06 y 43,5% de harina de zapallo integral influye en el consumo disminuyéndolo y presentando diferencias estadísticas significativas.

Aunque los datos de composición nutricional en la etapa inicial presenta un incremento en la cantidad de energía metabolizable en las dietas con HZ (Cuadro 1), esto no interfirió en el consumo de alimento, como debería esperarse, que a mayor nivel energético en la ración menor es el consumo [13]gastrointestinal tract (GIT).

La ausencia del rechazo al alimento por parte de los animales que se alimentaron con la inclusión de HZ, se le puede atribuir a la tonalidad del concentrado, ya que las dietas con inclusión de HZ presentaron un color más oscuro respecto al testigo, Una posible forma de estimular la ingestión de alimento en el pollo de engorde, está dado por el sistema sensorial, donde el añadir color al alimento se convierte potencialmente en un estímulo más y de mayor influencia para los pollos [15]

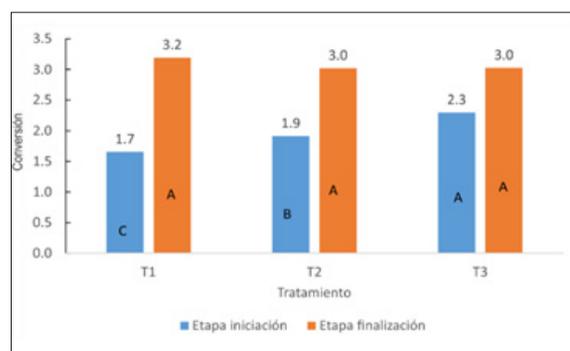
Figura 1. Consumo de alimento y ganancia de peso etapa inicial



Para las variables ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa inicial se observó que a medida que incrementa el porcentaje de inclusión de HZ disminuye significativamente la ganancia de peso presentándose una diferencia de 183,3 g entre el T1 (sin HZ) con T3 (inclusión 15% HZ) (Figura 1), Igualmente se ve afectada la conversión alimenticia siendo 1,6; 1,95 y 2,27 para el T1, T2 y T3 respectivamente.

De acuerdo a los análisis de laboratorio (Cuadro 1) se evidencia que la inclusión de HZ afectó negativamente, la digestibilidad del alimento en la etapa inicial y por ende, interfirió en la ganancia de peso (Figura 1) y la conversión alimenticia (Figura 2) donde se indica que a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de HZ disminuye la digestibilidad *in vitro* del alimento y del mismo modo aumenta el contenido de fibra y extracto etéreo a lo cual se le puede atribuir lo anteriormente mencionado, Este incremento de FDN en dietas con la inclusión de HZ muestra similares resultados a los obtenidos por Ubaque *et al* [8] quienes evaluaron el remplazo de maíz por harina integral de zapallo.

Figura 2. Conversión alimenticia etapa iniciación y etapa finalización.



Por otro lado, aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas para la conversión alimenticia en la etapa final se aprecia que la inclusión de HZ tiende a mejorar este parámetro (Figura 2).

Teniendo en cuenta que la determinación de la conversión alimenticia es fundamental en la evaluación de dieta para un buen desempeño productivo en una especie animal y se convierte en una medida de eficiencia alimenticia. Es importante analizar el comportamiento de esta variable con respecto al parámetro óptimo para machos [16], la conversión alimenticia para dietas comerciales en animales de 25 días gira en torno a 1,28 y a los 47 días 1,77; parámetro que no es fácil de alcanzar cuando se alimentan los animales con dietas no convencionales y bajo ambientes de pequeños productores. Las condiciones de mezcla de los alimentos de forma artesanal y la dificultad para conseguir materias primas homogéneas en pocos volúmenes, son entre otros, aspectos que influyen en las altas conversiones alcanzadas cuando se trata de alimentar pollos de engorde utilizando materias primas no convencionales [17].

En esta investigación la conversión alimenticia distó del parámetro óptimo, presentándose valores promedio de 1,9 y 3,0 para la etapa iniciación y finalización respectivamente; estos valores de menor conversión alimenticia podrían explicarse por el contenido de fibra en detergente neutro (FDN) de las dietas, como se puede observar en el Cuadro 1; el contenido de FDN tanto en la etapa inicial como en la etapa final son elevadas afectando la digestibilidad de las dietas, Vivas [17] *et al.*, indican que el alto contenido de fibra en aves, incrementa la velocidad de paso y por ende afecta negativamente el aprovechamiento por el animal lo que puede repercutir el parámetro conversión alimenticia, Por otra parte, Ubaque *et al* [8] encontraron mejores conversiones alimenticias de 1,8 utilizando en la dieta 28,06% de harina integral de zapallo, variedad Unapal Abanico 75.

Conversiones alrededor de 3,0 como las presentadas en esta investigación, no necesariamente deben ser catalogadas como no óptimas, regulares o malas, este concepto es discutible cuando se trata de producción campesina y en especial en procesos de producción de alimentos en finca como estrategia de disminución de costos [17]. Se requiere un análisis menos rígido frente a la cifra numérica en términos absolutos; es importante analizar con una visión holística el proceso, cuando el objetivo es la producción con materias

primas disponibles en la finca a un mínimo costo, Teniendo en cuenta lo anterior, se puede resaltar que la inclusión de harina de zapallo hasta un 15% puede contribuir a mejorar las conversiones alimenticias en la etapa final.

Respecto a la pigmentación, con la inclusión del 7,5% y 15% de harina de zapallo se presentó mayor intensidad de color amarillo de acuerdo al abanico colorimétrico DMS, calificándose como 103 y 104 respectivamente, mientras que los animales alimentados con el tratamiento testigo presentaron un color amarillo pálido con un valor de 102.

El zapallo deshidratado variedad Unapal Abanico 75 contiene 139,83 $\mu\text{g/g}$ de carotenos totales [8] contenido que se considera alto al compararlo con el contenido de carotenos en el maíz, por lo tanto, se presume que esta cantidad, incluidas en dietas al 7,5 y 15% generó un efecto pigmentante natural en pollos machos Cobb 500; por la calificación obtenida a través del abanico colorimétrico DMS.

Se resalta que en la etapa final los parámetros productivos GP, Cons y CA no fueron afectados por la inclusión de HZ como fuente pigmentante, similar a lo encontrado Karadas *et al* [3] quienes evaluaron diferentes tipos de antioxidantes (Se, Vitamina E y carotenoides) en pollos de engorde línea Ross y se logró mejor pigmentación en la piel del pollo comparada con la dieta control (comercial: maíz y soya) sin afectar el crecimiento de los animales. Resultados análogos son presentados por Cortés *et al* [2] en donde la inclusión de aceite destilado de granos secos hasta el 12% en la dieta como fuente pigmentante no afectaron los parámetros productivos, pero si incrementaron la pigmentación de la piel de los animales, Otras investigaciones que trabajan con la inclusión de hasta 1,8% de fuentes no convencionales de pigmentación como harina fermentada de cepa de *Hericiumcaput-medusae* [18] revelaron similares resultados debido que ésta no afectó los parámetros productivos pero si mejoró la calidad de la carne de pollo reflejada en la pigmentación.

Los resultados de pigmentación pueden sugerir al zapallo como una fuente natural y no convencional de pigmentante que el pequeño agricultor lo encuentra disponible en la finca, estudios semejantes respaldan estos tipos de pigmentantes naturales como el desarrollado por Souza *et al* [19] quienes utilizaron en dietas convencionales la adición de semillas de achiote en pollos de línea Carijó Pesadão favoreciendo no solo

la pigmentación sino también mejorando la viabilidad económica del sistema productivo.

Ubaque *et al* [5] destacan que el contenido de energía, proteína, macrominerales y carotenos presentes en el zapallo consolida su valor biológico, como componente en Alimentos balanceados para animales.

CONCLUSIÓN

La inclusión de harina de zapallo en dietas para alimentación de pollos de engorde mayor al 7,5% y menor a 15%, se considera como una materia prima no convencional que contribuye a la pigmentación de la piel, sin afectar parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) en la etapa final. Además, la inclusión de harina de zapallo en dietas para pollos de engorde puede convertirse en una alternativa para los agroecosistemas de economía campesina generando un valor agregado en términos de pigmentación de la piel de los pollos.

AGRADECIMIENTOS

Grupo de investigación GINPAS del programa de Administración de empresas Agropecuarias de la Fundación Universitaria de Popayán y a la Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad del Cauca.

REFERENCIAS

- [1] BARACHO, M.S., CAMARGO, G.A., LIMA, A.M.C., MENTEM, J., MOURA, D.J., MOREIRA, J. and NAAS, I.A. Variables impacting poultry meat quality from production to pre-slaughter: a review. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 8(4), 2006, p. 201-212.
- [2] CORTES-CUEVAS, A., RAMÍREZ-ESTRADA, S, ARCE-MENOCAL, J., AVILA-GONZÁLEZ, E. and LÓPEZ-COELLO, C. Effect of feeding low-oil ddds to laying hens and broiler chickens on performance and egg. *Brazilian Journal Poultry Science*, 17(2), 2015, p. 247-254.
- [3] KARADAS, F., ERDOGAN, S., KOR, D., OTO, G. and ULUMAN, M. The effects of different types of antioxidants (Se, vitamin E and carotenoids) in broiler diets on the growth performance, skin pigmentation and liver and plasma antioxidant concentrations. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, 18(1), 2016, p. 101-105.
- [4] GRASHORN, M. Feed additives for influencing chicken meat and egg yolk color. En: *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. Duxford (U.K): Elsevier, Cambridge U.S.A, Book aid international, 2016, p. 283-302.
- [5] CASTAÑEDA, MP., HIRSCHLER, E.M. and SAMS, A.R. Skin Pigmentation Evaluation in Broilers Fed Natural and Synthetic Pigments. *Poultry Science*, 84(1), 2005, p. 143-147.
- [6] BENÍTEZ-GARCÍA, I., VANEGAS-ESPINOZA, P.E., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J., HEREDIA, F.J., PAREDES-LÓPEZ, O. and DEL VILLAR-MARTÍNEZ, A.A. Callus culture development of two varieties of *Tagetes erecta* and carotenoid production. *Electronic Journal Biotechnology*, 17(3), 2014, p. 107-113.
- [7] SAFARI, O. and MEHRABAN SANG ATASH, M. The effects of dietary supplement of annatto (*Bixa orellana*) seed meal on blood carotenoid content and fillet color stability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 437, 2015, p. 275-281.
- [8] UBAQUE, C., OROZCO, L., ORTIZ, S., VALDÉS, M. y VALLEJO F. Sustitución del maíz por harina integral de zapallo en la nutrición de pollos de engorde. *Revista U.D.C.A Actividad & Divulgación Científica*, 18(2), 2015, p. 137-146.
- [9] CLAVIJO-RESTREPO, L. Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en cachama blanca *Piaractus brachypomus* [Tesis maestría ciencias agrarias]. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de posgrado, 2011, 76 p.
- [10] VALDÉS, M.P., ORTIZ-GRISALES, S., VALLEJO-CABRERA, F.A. y BAENA-GARCIA, D. Estabilidad fenotípica de caracteres asociados con la calidad del fruto del zapallo (*Curcubita moschata* Duch). *Agronomía Colombiana*, 31(2), 2013, p, 147-152.
- [11] UNITES STATES OF AMERICA. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). International 19th edition. Rockville (USA): AOAC Official Methods of Analysis, 2012
- [12] LETERME, P. y ESTRADA, F. Análisis de los alimentos y forrajes destinados a los animales (Notas de laboratorio) Palmira (Colombia): Report No 362, Universidad Nacional de Colombia, 2006.
- [13] SALDAÑA, B., GEWEHR, C.E., GUZMÁN, P., GARCÍA, J. and MATEOS, G.G. Influence of feed form

- and energy concentration of the rearing phase diets on productivity, digestive tract development and body measurements of brown-egg laying hens fed diets varying in energy concentration from 17 to 46 week of age. *Animal Feed Science and Technology*, 221 A, 2016, p. 87-100.
- [14] VIVAS, N., CERON, L. y GUACA, T. Efecto del color del alimento sobre el consumo en pollos. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y agroindustrial*, 6(1), 2008, p 16-21.
- [15] COBB-VANTRESS. Broiler Performance & Nutrition Supplement Cobb500 [online]. 2013. Disponible: [http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/cobb500-broiler-performance-nutrition-supplement-\(english\).pdf](http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/cobb500-broiler-performance-nutrition-supplement-(english).pdf) [citado 21 de agosto de 2015]
- [16] VIVAS, N. Caupi (*Vigna unguiculata*) y canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materias primas no convencionales en alimentación de pollos de engorde [Tesis PhD Ciencias agrarias]. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de posgrado, 2014, 74 p.
- [17] SHANG, H.M., SONG, H., JIANG, Y.Y., DING, G.D., XING, Y.L., NIU, S.L., WU, B. and WANG L.N. Influence of fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull.:Fr.) Pers. on performance, antioxidant status, and meat quality in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 198, 2014, p. 166-175.
- [18] SOUZA, D.H., FREITAS, E.R., DOS SANTOS, E.O., CIPRIANO, R.M., FIGUEIREDO, C.W.S e DANTAS, F.D.T. Inclusão do resíduo da semente do urucum em rações contendo sorgo para frangos de corte de crescimento lento. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(3), 2015, 248-259.

APORTE DE *Tithonia diversifolia* EN ABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA

CONTRIBUTION OF *Tithonia diversifolia* TO ORGANIC FERTILIZERS: EFFECT ON PRODUCTION AND SOIL IN CAUCA, COLOMBIA

Tithonia diversifolia CONTRIBUIÇÃO PARA FERTILIZANTE ORGÂNICO: EFEITO NA PRODUÇÃO E DO SOLO NO CAUCA, COLÔMBIA

MAAYANN LISSETH MORIONES - RUIZ¹, CONSUELO MONTES - ROJAS²

RESUMEN

Se evaluó El aporte de Tithonia diversifolia al compostaje de residuos de finca cafetera y el efecto en la producción de acelga y el suelo, se evaluó con el fin de mejorar calidad del abono orgánico y el aprovechamiento de los recursos de la finca. Se elaboraron 4 compostajes a partir de pulpa de café, troncho plátano, gallinaza agregando tres cantidades diferentes de T. diversifolia; se determinó composición química, análisis microbiológico y aporte de nutrientes. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 4 tratamientos variando la cantidad de botón de oro T1:50% de pulpa de café, 25% de gallinaza, 25% de troncho de plátano; T2: con 20% de Botón de oro; T3: con 33% de Botón de oro, y T4: con 50% de Botón de oro. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas y peso por planta en dos ciclos de siembra. Se determinó que el mayor aumento en rendimiento de la acelga se obtuvo en los T3 y T4 que contenían mayor cantidad de Tithonia diversifolia. Además, la aplicación de los compostajes mejoró las propiedades químicas del suelo, aumentando la CIC, pH, N, K, y Si.

Recibido para evaluación: 6 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 17 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Ingeniera Agropecuaria. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural (Tull). M Sc. Profesora de planta. Popayán, Colombia.

Correspondencia: cmontesr@unicauca.edu.co

ABSTRACT

The contribution of Tithonia diversifolia to the composting of coffee residues and the effect on the production of chard and soil was evaluated, in order to improve the quality of the organic fertilizer and the use of the resources of the farm. 4 compostes were made from coffee pulp, banana tree trunk, gallinaza, adding 3 different amounts of T. diversifolia; Chemical composition, microbiological analysis and nutrient supply were determined. A randomized complete block design was used with three replicates and four treatments varying the amount of gold button T1: 50% coffee pulp, 25% chicken manure, 25% banana stump; T2: with 20% of Gold Button; T3: with 33% of Gold Button, and T4: with 50% of Gold Button. The evaluated variables were plant height, number of leaves and weight per plant in two cycles of planting. It was determined that the highest increase in chard yield was obtained in T3 and T4 containing more Tithonia diversifolia. In addition, the application of composting improves the soil chemical properties by increasing CIC, pH, N, K y Si.

RESUMO

Foi avaliada a contribuição de Tithonia diversifolia de café compostagem de resíduos eo efeito sobre a produção de espinafre e do solo, a fim de melhorar adubo orgânico de qualidade e do uso de recursos agrícolas. 4 compostos foram preparados a partir de polpa de café, perseguir banana, adicionando esterco de galinha três valores diferentes de T. diversifolia; foi determinada composição química, análises microbiológicas e fornecimento de nutrientes. Desenho randomizado blocos completos com 3 repetições e 4 tratamentos variando a quantidade de botão de ouro T1 foi usada: 50% de polpa de café, 25% das aves, 25% do caule da banana; T2: 20% do botão de ouro; T3: 33% de ranúnculo, e T4: 50% de Buttercup. As variáveis avaliadas foram altura da planta, número de folhas e peso por planta em dois ciclos de sementeira. Foi determinado que o maior aumento em Chard desempenho foi obtido em T3 e T4 contendo uma maior quantidade de Tithonia diversifolia. Além disso, a aplicação de compostos químicos melhores propriedades do solo, aumentando CIC, pH, N, K y Si.

INTRODUCCIÓN

Antes de que apareciera el fertilizante químico en sus diferentes formas, la forma de proporcionar nutrientes a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos [1]. Por esta razón, el cambio de abonos orgánicos por insumos agrícolas de síntesis química en la fertilización de cultivos, ha ayudado al agotamiento del suelo por la pérdida acelerada de materia orgánica y un desbalance nutricional, lo cual con el paso del tiempo causa pérdida de fertilidad y de capacidad productiva. Además, el uso inadecuado de insumos agrícolas de síntesis química, conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales [2] y el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE:

Botón de oro, Residuos vegetales, Enmienda orgánica, Propiedades químicas del suelo, Composición nutricional.

KEYWORDS:

Golden button, Plant residues, Organic amendment, Soil chemical properties, Nutritional composition.

PALAVRAS-CHAVE:

Buttercup, Resíduos vegetais, Adubo orgânico, Propriedades químicas do solo, Composição nutricional.

A los abonos orgánicos se atribuyen una serie de cualidades, entre las que destacan su capacidad para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, sustituir las pérdidas de materia orgánica y estimular la actividad biológica [3]. Entre los abonos orgánicos están el compost, el humus de lombriz, la ceniza, los abonos verdes, etc.

Teniendo en cuenta que los abonos orgánicos pueden ayudar a mejorar el suelo y que son susceptibles al mejoramiento de sus propiedades químicas, al abono obtenido por [4], este trabajo se propone incorporar botón de oro (*Tithonia diversifolia*) para determinar el cambio en sus propiedades químicas y mejorar su calidad nutricional por su alto contenido de fósforo, calcio y potasio; minerales necesarios para el crecimiento de las plantas [5].

MÉTODO

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad del Cauca en Popayán (Colombia). La investigación tuvo dos ciclos de siembra de acelga con el fin de evitar efecto de clima en los resultados.

Recolección de residuos vegetales

La recolección de pulpa de café y troncho de plátano se realizó en la Unidad Académica y Experimental La Sultana de la Universidad del Cauca y la gallinaza de un vivero de Popayán.

Se recolectaron 436 Kg de botón de oro en cercas vivas y en diferentes unidades productivas de Popayán, tomando la planta completa (tallos, hojas y flores).

Preparación del compost

Para el compost testigo (T1) se preparó compost utilizando 223 kg de pulpa de café, 113 kg de troncho de plátano y 113 kg de gallinaza.

Se prepararon 449 kg de compost para lo cual fue necesario elaborar una pila de 1m³ con los siguientes materiales: 250 g de cal agrícola en la base, luego una capa de 3 cm de pasto seco para separar, encima una capa de 10 cm de pulpa de café, otra de 10 cm de gallinaza, seguidamente se mojó el material con una mezcla de 1 kg de miel de purga con 1 L de microorganismos de montaña que se obtuvieron en

los bosques de la Facultad de Ciencias Agrarias, se adicionó una capa de 10 cm de troncho de plátano picado y se cerró la primera secuencia con una capa de pasto de 10 cm, este procedimiento se repitió hasta completar el metro de altura.

Después de 15 días se iniciaron los volteos dos veces/semana, durante el primer volteo se adicionó una mezcla de agua con microorganismos de montaña. Estas actividades se repitieron durante cuatro meses, hasta lograr su maduración.

Para preparar el compost con botón de oro, se separaron las flores de los tallos, se pesaron obteniendo 50 kg de flores y 386 de hojas y tallos, luego se pasó por la picadora el botón de oro y el troncho de plátano, posteriormente se elaboraron las 3 pilas de compostaje separadamente (T2, T3 y T4) siguiendo la metodología antes descrita con las proporciones descritas en el cuadro 1.

Para determinar si los 4 compostajes habían llegado a su etapa de madurez, se tuvo en cuenta que hubiera presencia de insectos como cucarachas, grillos, arañas entre otros; que tuviera olor a tierra húmeda; que su color fuera café oscuro o negro y que la temperatura fuera la del ambiente 18°C.

Se tomaron muestras y luego de homogenizar y procesar se enviaron al laboratorio 300 g de cada compost para evaluar la calidad de acuerdo a lo establecido por la Norma técnica colombiana (NTC 5167 de 2011 segunda actualización), adicionalmente se tomó una muestra de 300 g para análisis microbiológico con el fin de determinar la presencia de microorganismos patógenos.

Cuadro 1. Proporción de componentes del compost en los tratamientos.

Trat.	Proporciones en %			
	Pulpa de café	Troncho de plátano	Gallinaza	Botón de oro
T1	50	25	25	0
T2	40	20	20	20
T3	33	16,5	16,5	33
T4	25	12,5	12,5	50

T1 = Compost de finca cafetera

T2 = compost de finca cafetera más botón de oro al 20%

T3 = compost de finca cafetera más botón de oro al 33%

T4 = compost de finca cafetera más botón de oro al 50%

Diseño experimental

Para evaluar el efecto de los tratamientos, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones. La aplicación de los abonos orgánicos se realizó en 2 momentos: el primero en el trasplante y el segundo a los 30 días después de siembra del cultivo en dosis de 315 g/sitio, como alternativa a los insumos agrícolas de síntesis química. El experimento se realizó durante dos ciclos de siembra.

La parcela experimental estuvo constituida por 5 surcos de 5 m de largo x 2 m de ancho, con calles de 0,5 m entre tratamiento y 0,4 m entre plantas, para un área total de 180 m².

Antes y después de la investigación se tomaron 10 submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm, a través de un doble w imaginaria, luego se homogenizaron las submuestras y se envió 1 kg al laboratorio para análisis.

Preparación de semilleros y trasplante de acelga

Para la siembra en semillero se preparó una mezcla 1:10:10 de turba de coco: lombrinaza sólida y suelo. A la mezcla del sustrato para los semilleros se le realizó solarización, se sembraron 2 semillas de acelga por alveolo.

15 días antes del trasplante de las plántulas de acelga, se incorporaron 315 g de compost en cada sitio de siembra, para lo cual se hicieron hoyos de 15 cm de profundidad y se mezcló con el suelo para facilitar la absorción de agua.

Cuando las plantas cumplieron 45 días de siembra se procedió a realizar el trasplante a campo.

Prácticas culturales

Se realizaron aporques, deshieras, riegos, y aplicación de purines fermentados (preparación en un recipiente de cerámica o madera de plantas frescas con agua que se tapan de tal manera que entre aire. Se remueve diariamente hasta que se oscurezca y cese de espumar señal de que esta listo para ser usado). Con el fin de llenar los requerimientos nutricionales de la acelga se hizo aplicación foliar de elementos menores en dosis de 3 cm³/L de agua, semanalmente. Se prepararon purines con el fin de controlar *Diabrotica balteata*, a continuación, se relacionan los purines preparados y aplicados:

Purín para control de masticadores de hojas. 250 g de polvo de ajo, 250 g de polvo de ají, 20 g de Jabón de coco en 10 L de agua de forma foliar.

Purín para control de pulgones y áfidos. 4 ajíes picantes, 1 cebolla cabeza roja, 6 dientes de ajo, 20 g de jabón de coco en 10 L de agua de forma foliar.

Purín para control de gusano cogollero. 3 dientes de ajo, 3 cebollas cabezonas rojas, 1 cucharadita de pimienta, 20 g de jabón de coco en 4 L de agua de manera foliar.

Purín de Ají. 3 cucharaditas de ají picante, 25 dientes de ajo, 8 cucharaditas de aceite, 1/4 de barra de jabón, 6 cucharadas de alcohol en 10 L de agua de manera foliar.

Fue necesario hacer una aplicación de oxiclورو de cobre en dosis de 3g/L para controlar *Cercospora beticola*.

Variables Evaluadas

Altura de plantas de acelga. Se tomaron 4 hojas por planta/20 plantas, se midió la distancia del suelo a la parte más alta de cada hoja formada, se obtuvo promedio de altura.

Peso de plantas de acelga. Se pesaron 20 plantas con raíz al azar en el momento óptimo de cosecha.

Número de hojas de acelga. Se tuvo en cuenta que las hojas tuvieran una altura similar para realizar el conteo al momento de la cosecha.

Variables agronómicas. La evaluación para plagas se realizó por parcela durante el ciclo productivo tomando una escala de 1 a 5 (cuadro 2)[6].

Cuadro 2. Escala para evaluación de plagas.

Calificación	Tipos de daño	Proporción del daño en %
1	Daño bajo	0,1 – 5,5
2	Daño moderado	5,6 – 10,5
3	Daño medio	10,6 – 15,5
4	Daño severo	15,6 – 25,5
5	Daño muy severo	mayor de 25,6

Para evaluar el daño causado por plagas en el cultivo, se registró el número de plantas afectadas y la cantidad de hojas afectadas por planta para cada parcela, el % de infestación/parcela y la intensidad de la infestación/planta se obtuvo mediante las ecuaciones 1 y 2 [6]:

$$\% \text{ Infestación} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% \text{ Intensidad de inf.} = \frac{\# \text{ de hojas afectadas}}{\text{Número total de hojas}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Producción. La cosecha se realizó manualmente una vez las plantas alcanzaron su punto óptimo de cosecha (99 y 93 días), con altura entre 30 y 40 cm.

Análisis de datos

Se utilizó el software estadístico SPSS 22. Se realizó análisis de varianza para determinar diferencia entre tratamientos y repeticiones y prueba de promedios de Duncan para establecer diferencias significativas entre tratamientos.

RESULTADOS

Los análisis del compost (Cuadro 3) muestran que a medida que aumenta el contenido de botón de oro en la mezcla, aumenta la humedad, lo cual se atribuye a la humedad inicial del botón de oro que es alta y puede alcanzar hasta el 85,9% [7], igualmente los contenidos de M.O en los tratamientos T3 y T4 también tuvieron los mayores valores, coincidiendo con las proporciones del 33 y 50% de botón de oro.

La relación C/N obtenida en los cuatro tratamientos (cuadro 3), concuerda con los resultados obtenidos [8] en otros trabajos cuando elaboraron abonos orgánicos a partir de residuos agrícolas y hallaron que en el día 75, la relación C/N presentó valores entre 7 y 12, adicionalmente reporta que para otros investigadores una relación C/N por debajo de 20 es un indicador de madurez del compost aceptable.[8], establece que números demasiado bajos (<10:1) en el compostaje indican inestabilidad final del producto, mientras que [9] propone que un rango de C/N entre 10 y 20 es aceptable, indicando que los abonos con datos menores de 10 tienen una liberación más rápida de nutrientes en especial del N que aquellos con cifras mayores de 20. Estos datos concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

En cuanto a N, P y K todos los tratamientos superaron el 1% de la Norma Técnica Colombiana y los que contienen botón de oro resultaron ser fuentes de hierro, manganeso y sílice al ser comparado con el compost de finca cafetera CFC, que tiene mayor contenido de fósforo, calcio, magnesio y zinc.

En concordancia con lo encontrado por [7], el compost con botón de oro, presentó buenos porcentajes de N, P y K lo cual indica que *Tithonia diversifolia* permitió mejorar la calidad nutricional de los abonos orgánicos provenientes de residuos de finca cafetera, además [8] reporta que el botón de oro es fuente de alta calidad orgánica en términos de liberación de nutrientes y capacidad de suministro.

Cuadro 3. Resultados análisis de compostajes.

Parámetro	Unidad	Parámetro a caracterizar			
		Resultado obtenido			
		T1	T2	T3	T4
Humedad	%	11,9	14	18,7	20,1
Cenizas	%	53,9	53,3	50,2	51,6
Pérdidas por Volatilización	%	34,1	32,8	31,1	28,4
Carbono Orgánico Oxidable Total	%	9,78	9,49	12,3	11,5
Materia Orgánica (Formula C*2,0)		19,56	18,98	24,6	23
pH (pasta de saturación)		8,58	8,53	8,2	8,16

Parámetro	Unidad	Parámetro a caracterizar			
		Resultado obtenido			
		T1	T2	T3	T4
Densidad (Base Seca - 20°C)	g/cm ³	0,81	0,72	0,75	0,7
Conductividad Eléctrica	ds/m	10,8	11	14,2	11,8
Retención de Humedad	%	89,7	84,5	87,5	75,1
CIC	(me/100 g)	38,4	51,3	45	44,9
C/N		8	7	9	9
Nitrógeno Orgánico	%	1,18	1,34	1,32	1,3
Fósforo Total (P2O5)	%	3,94	3,67	2,66	2,24
Potasio Total (K2O)	%	2,44	2,66	2,72	2,3
Calcio Total (CaO)	%	23	13,9	9,65	8,69
Magnesio Total (MgO)	%	1,15	0,96	0,89	0,84
Azufre Total (S-SO4)	%	0,38	0,37	0,34	0,26
Hierro Total	%	0,68	1,08	0,98	1,04
Manganeso Total	p.p.m	778	858	788	820
Cobre Total	ppm	37	34	38	33
Zinc Total	ppm	423	305	289	404
Boro Total	ppm	36	27	27,7	33
Sodio Total	%	0,2	0,2	0,169	0,12
Sílice Total SiO2 (Sólido soluble en HF)	%	10,7	16,2	12,5	16,9
Residuo Insoluble en ácido	%	21,8	28,3	28,6	31,7

T1= Compost de finca cafetera

T2= compost de finca cafetera más botón de oro al 20%

T3= compost de finca cafetera más botón de oro al 33%

T4= compost de finca cafetera más botón de oro al 50%

[9] reportan a *Tithonia diversifolia* como fuente de alto contenido de N y P soluble y moderado contenido de lignina con alta biodegradabilidad, lo cual la hace apta y fuente ideal para producción de abonos orgánicos [10], manifiestan que abonos orgánicos a los cuales se ha adicionado *Tithonia diversifolia* tienen la capacidad de liberar nutrientes rápidamente, por lo que se recomiendan para cultivos de ciclo corto o anuales [7] y al comparar abonos orgánicos producidos a partir de *Tithonia diversifolia*, *Panicum maximum* y *Chromolaena odorata*, encontraron que el abono obtenido a partir de botón de oro fue significativamente más alto

en contenido de N, P y K en 28, 18 y 73% respectivamente que *Chromolaena odorata*; igualmente fue significativamente superior al obtenido a partir de *Panicum maximum* en N, K y Ca con un porcentaje de 36, 62 y 73% más alto respectivamente.

Los compostajes con Botón de oro, presentaron valores por debajo en cuanto a Mg, debido a que el contenido de este elemento es 0,046 y 0,069% calificado como bajo [11] lo que concuerda con [7] quienes encontraron que abonos con *Tithonia diversifolia* son bajos en Mg comparado con *Panicum máximo* por lo que se

debe incorporar en el abono con una fuente de Mg para equilibrar la relación de bases con K y Ca. En cuanto al calcio sus valores varían de acuerdo a los contenidos de gallinaza por ser fuente rica con 8,8% [12].

Los tratamientos que contienen botón de oro igualmente presentaron mayor contenido de sílice, mineral que favorece a los vegetales contra el ataque de insectos y microorganismos patógenos, lo cual concuerda con lo afirmado por [13] quien dice que la sílice crea la resistencia a patógenos, insectos, moluscos y permite dar a los cultivos una resistencia a hongos. Además, tiene propiedades antibióticas que favorecen la lignificación de los tejidos, la disminución de la calidad nutricional, la palatabilidad y la digestibilidad, todo lo que genera un decremento en la preferencia de los insectos por las plantas.

Análisis microbiológico del compostaje

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis microbiológico de acuerdo a la NTC 5167, cumpliendo con todos los parámetros establecidos, demostrando que está libre de patógenos y que se puede utilizar para abono orgánico sin peligro de contaminación.

Cuadro 4. Análisis microbiológico del compostaje.

Análisis	Método	Parámetro a caracterizar				Parámetro
		Resultado obtenido				
		T1	T2	T3	T4	
Rec. Total de Aerobios Mesófilos UFC/g	NTC 4519	180	846	325	128	NTC 5167
Recuento de mohos UFC/g	INVIMA	176	776	256	108	NTC 5167
Recuento de levaduras UFC/g	INVIMA	<10	<10	<10	<10	NTC 5167
NMP de Coliformes Totales/g	NTC 4516	<3	9	23	240	< 1000 NMP o UFC/g o mL
NMP de Coliformes Fecales/g	INVIMA	<3	<3	<3	<3	<3
Salmonella en 25 g	NTC 4574	A	A	A	A	A
Estafilococo coagulasa positiva UFC/g	NTC 4779	<100	<100	<100	<100	—
Escherichia coli	NTC 4458	A	A	A	A	—
Shigella	NTC 4458	A	A	A	A	A

T1 = CFC; T2 = CFC + 20%BO; T3 = CFC + 33%BO y

T4 = CFC + 50%BO

A = ausencia

NMP = número más probable

UFC = unidades formadoras de colonias

Cuadro 5. Promedios de tratamientos con 4 compostajes aplicados a (*Beta vulgaris* var. cicla).

Tratamiento	Altura de planta	Número de hojas	Peso /planta (g)	Rend. Kg/Ha
1	36,35	14,6	563,05	28154,1
2	38,15	14,4	591,9	29593,7
3	40,4	15,83	679,45	33972,9
4	40,35	15,3	636,8	31841,6

1 = CFC; 2 = CFC + BO20%; T3 = CFC + BO33% y T4 = CFC + BO50%

Producción de acelga (*Beta vulgaris*)

En el cuadro 5 se registran los promedios para las variables evaluadas durante los dos ciclos de siembra, donde se puede observar que los mejores resultados son para el tratamiento T3 y T4.

Cuadro 6. Análisis de varianza comparación de tratamientos.

Fuentes de variación		Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Sig.
Altura de planta	Entre repeticiones	43,3	14,4	13,9	*
	Entre tratamientos	8,3	1,0		
	Total	51,7			
# de hojas	Entre repeticiones	3,6	1,2	2,4	*
	Entre tratamientos	4,0	,5		
	Total	7,6			
Peso/planta	Entre repeticiones	11598,4	3866,1	,7	,6
	Entre tratamientos	46272,7	5784,1		
	Total	57871,0			
Rend.	Entre repeticiones	92811119,2	30937039,7	44	*
	Entre tratamientos	56334843,6	7041855,5		
	Total	1,491E8			

Cuadro 7. Prueba de promedios de Duncan

Altura de planta		
tratamiento	Sugrupos para alfa = 0,05	
	1	2
1	36,35	
2	38,15	
4		40,35
3		44,40
Número de hojas		
2	14,4	
1	14,6	
4		15,30
3		15,83
Rendimiento		
1	28154,1	
2	29593,7	
4		31841,6
3		33972,9

1=CFC; 2= CFC+BO20%; T3= CFC+BO33% y T4= CFC+BO50%

El análisis de varianza ($p < 0,05$) (cuadro 6) detectó diferencias significativas entre tratamientos para altura de planta, número de hojas y rendimiento.

La prueba de promedios de Duncan ($p < 0,05$) (cuadro 7) formó dos grupos para todas las variables, los mejores resultados fueron obtenidos con los tratamientos cuyo compostaje contenía botón de oro, lo cual confirma que el botón de oro mejora la calidad del compostaje y aporta indirectamente a la nutrición

de la planta, mejorando altura en la planta, mayor número de hojas y rendimiento expresado en peso.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la inclusión de Botón de oro al abono orgánico, tuvo efecto positivo sobre las variables evaluadas en plantas de acelga (*Beta vulgaris*), porque durante los dos ciclos de evaluación el aumento en altura osciló entre 4 y 13%; en número de hojas entre 4 y 6,7%, en peso de planta y rendimiento entre 2 y 22%. En general se observó que las plantas de acelga respondieron mejor a la aplicación con los abonos que contenían mayor cantidad de botón de oro que con aquel que no contenía (testigo).

Los requerimientos de las plantas de acelga durante el ciclo de cultivo son elevados en nitrógeno y potasio según [14], debido a que la acelga tiene alto contenido nutricional en hierro, calcio, potasio, zinc, magnesio, sodio y fósforo. Los tratamientos 3 y 4 que contienen 33 y 50% de B. de oro tienen altos contenidos de estos nutrientes, lo cual ayudó al mejor desarrollo de las plantas las cuales fueron capaces de aprovechar los abonos orgánicos en función de su rendimiento.

Estado sanitario del cultivo

El cultivo de acelga fue afectado por *Diabrotica baltata* y *Cescospora beticola*, el daño se presentó en la lámina foliar causando perforaciones redondeadas sobre el follaje. Estos problemas fitosanitarios no tuvieron repercusión mayor en la producción de las plantas, es decir, no se consideraron de alto riesgo, porque no superó el 5% de severidad.

Figura 1. Comportamiento promedios de evaluación para plagas.

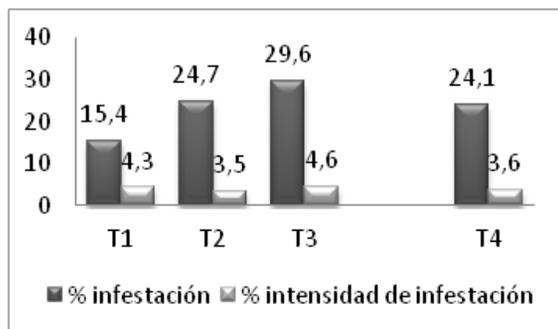
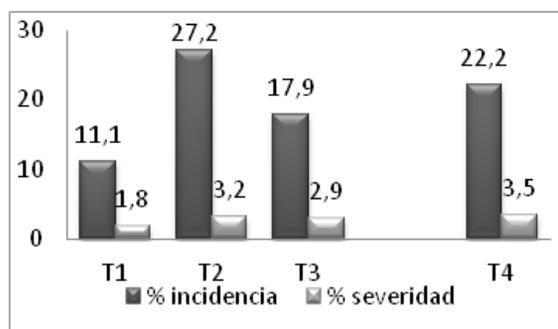


Figura 2. Comportamiento de evaluación de enfermedades.



T1=CFC; 2= CFC+B020%; T3= CFC+B033% y T4= CFC+B050%

La evaluación de los porcentajes de infestación e incidencia se observan en las figuras 1 y 2.

Teniendo en cuenta que los porcentajes de infestación y los de severidad fueron bajos en la mayoría de los tratamientos, se ejercieron medidas de control con purines preparados con aji, ajo y cebolla, especialmente para el control de insectos, para hongos se hizo 1 aplicación de sulfocálcico.

Efecto de la aplicación de compostaje al suelo

Los compostajes aplicados mejoraron las propiedades químicas del suelo, en el cuadro 8, se observa que hubo cambio en el pH, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico los cuales ayudan a mejorar la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo.

El resultado de la comparación de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 8), muestran que aumento el pH, efecto positivo que se asocia a la incorporación de cal dolomita que se realizó durante la preparación del terreno (50 kg/180 m²), la cual contiene carbonatos dobles de cal-

Cuadro 8. Resultados análisis de suelos antes y después de tratamiento.

parámetro	Análisis antes de trat.	Análisis después de tratamientos			
		T1	T2	T3	T4
pH (Un)	5,62	7	6,93	6,97	6,8
MO (g/Kg)	76,52	87,7	84,91	93,39	94,8
P-Brayll (mg/Kg)	15,84	357	256,4	168,57	208,2
Ca (cmol/Kg)	9,31	15,9	15,96	15,81	17,77
Mg (cmol/Kg)	1,26	3,37	2,74	2,93	3
K (cmol/Kg)	0,72	6,07	5,63	6,22	5,06
Na (cmol/Kg)	0,06	0,47	0,49	0,37	0,42
CIC (cmol/Kg)	22,95	31,7	31,3	31,9	29,5
S (mg/Kg)	37,36	82,6	81,64	69,36	68,19
B (mg/Kg)	1,36	2,42	1,99	2,38	1,79
Cu (ppm)	0,56	0,17	0,15	0,12	0,2
Zn (mg/Kg)	1,84	9,08	8,62	7,03	7,02
Mn (mg/Kg)	53,03	35,6	33,68	29,15	29,13
Fe (mg/Kg)	10,21	1,26	0,73	0,73	1,24

T1=CFC; 2= CFC+B020%; T3= CFC+B033% y T4= CFC+B050%

cio y magnesio que reaccionan elevando los valores de pH [15] y a la aplicación de los compostajes realizados como enmienda orgánica, mejorando la disponibilidad y asimilación de nutrientes por la planta. Según [15] a pH con rangos entre 6 y 8 hay mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. A la aplicación de cal dolomita también se le asocia el incremento de calcio y magnesio en el suelo y a algunos residuos vegetales usados para la elaboración del compostaje.

En cuanto a la materia orgánica en el suelo, el mayor contenido se consiguió con la incorporación del T4, el cual fue mayor que el testigo y semejante al T3, lo cual se atribuye a que el T4 contiene mayor cantidad de botón de oro en su mezcla, y esa cantidad se vio reflejada en el aporte al suelo, a su vez la materia orgánica ayuda a aumentar los nutrientes en el suelo y tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), ayudando a retener cationes en el suelo. Así mismo, se evidenció un aumento en la CIC en el suelo con la incorporación del T3, por encima del testigo. Teniendo en cuenta que la CIC es

una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.), se mejoraron las propiedades químicas del suelo, porque estos cationes aumentaron. Según [16], la CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con baja CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica.

Es importante anotar, que el compostaje de los residuos orgánicos es una apuesta decidida por la minimización y la valorización de los residuos urbano, agrícolas, forestales y constituye un procedimiento de valorización por obtención, como resultado del proceso de compostaje, de un material útil como abono a partir de una materia prima calificada como residuo, cuya utilización puede ser urbana (parques), agrícola (cultivos más ecológicos) o forestal (recuperación de espacios quemados).

El proceso de compostaje reduce el peso y el volumen de los residuos en un 50% mínimo, además, es un tratamiento alternativo de residuos que los estabiliza, minimizando el impacto ambiental, evitando los riesgos de contaminación que pueden provocar otras alternativas como la incineración y los vertederos. Es una estrategia de conservación de los suelos en la lucha contra su degradación y pérdida de fertilidad.

La utilización del compost, mejora la estructura del suelo, evita así la asfixia radicular, ayuda a desarrollar la actividad microbiana en el mismo y favorece la retención de agua en el terreno. Es un abono natural que concentra gran cantidad de nutrientes. La progresiva integración de los residuos orgánicos fermentables en los ciclos productivos agrícolas, supone un freno a la erosión del suelo, permite la recuperación de espacios degradados o quemados y el desarrollo de una agricultura más ecológica y sostenible que pueda ir prescindiendo de los enormes costos ambientales y económicos de los fertilizantes inorgánicos de síntesis[16].

CONCLUSIONES

La adición de *Tithonia diversifolia* a los abonos orgánicos provenientes de finca cafetera mejora la calidad nutricional al aumentar los contenidos de N y K, adi-

cionalmente es una fuente de alta calidad orgánica en términos de liberación de nutrientes.

Los compostajes que contienen Botón de oro influyeron positivamente en el desarrollo de plantas de acelga porque aumentaron la altura de las plantas, número de hojas, el peso y rendimiento/ha comparado con el testigo.

Para aumentar el rendimiento comercial de acelga en 153% se debe aplicar 315 g de compostaje conteniendo 33% de botón de oro en siembra y a los 30 días después de siembra.

El compostaje que contiene botón de oro al adicionarlo al suelo mejora características químicas, como contenido de materia orgánica, pH y elementos mayores.

Los compostajes obtenidos cumplen con los parámetros fisicoquímicos requeridos por la NTC 5167 de 2011, lo cual indica que el proceso de compostaje es correcto, en términos de calidad.

El compostaje obtenido cumple con los rangos establecidos por la NTC 5167 en cuanto a calidad microbiológica se refiere, por lo tanto, es inocuo y libre de patógenos.

El proceso de compostaje enriquecido con B. de oro, es una alternativa viable para manejar los recursos propios de la unidad productiva, los residuos de cosecha, residuos fecales de animales productivos, evita contaminación y recupera nutrientes para nuevas cosechas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por el apoyo en la realización de la investigación y al señor Andrés Ordoñez por su colaboración.

REFERENCIAS

- [1] KHOMAMI, M.A. and ZADEH, M. Influence of earthworm processed Cow manure on the growth of *Ficus benjamnia*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6(7), 2013, p. 361-363.
- [2] MOHARANA, P.C. and BISWAS, D.R. Assessment of maturity indices of rock phosphate enriched composts using variable crop residues. Biore-source technology, 222, 2016, p. 1-13.
- [3] WASSENAAR, T., DOELSCH, E., FEDER, F., GUERRIN, F., PAILLAT, J.M., THURIÉS, L. and SAINT-

- MACARY, H. Returning Organic Residues to Agricultural Land (RORAL) – Fuelling the Follow-the-Technology approach. *Agricultural Systems*, 124, 2014, p. 60–69.
- [4] MUÑOZ, J.M. y MUÑOZ, J.A. Evaluación de abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha y plazas de mercado de la ciudad de Popayán utilizando como indicadores plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) y repollo (*Brassica oleracea*) [Tesis Ingeniería Agropecuaria]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2012, 58 p.
- [5] OLWAFEMI, A.B. Comparative evaluation of NPK fertilizer and *Thitonia diversifolia* biomass in sweet pepper (*Capsicum annum*) production in Ado ekiti Nigeria. *Journal of life Sciences*, 7(3), 2013, p. 289-292.
- [6] CANELLAS, L.P., OLIVARES, F.L., AGUIAR, N.O., JONES, D.L., PIERLUIGI- MAZZEI, A.N. and PICCOLOC, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 2015, p. 15–27.
- [7] OLABODE, O.S., SOLA, O., AKANBI, W.B., ADESINA, G.O. and BABAJIDE, P.A. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl): A gray for soil improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), 2007, p. 503-507.
- [8] LI, R., TAO, R., LING, N. and CHU G. Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: Implications for soil biological quality. *Soil & Tillage Research*, 167, 2017, p. 30–38.
- [9] ZHANG, M., LI, B. and XIONG, Z.Q Effects of organic fertilizer on net global warming potential under an intensively managed vegetable field in southeastern China: A three year field study. *Atmospheric Environment*, 145, 2016, p. 92-103.
- [10] KANG, Y., HAO, Y., SHEN, M., ZHAO, Q., LI, Q. and HU, J. Impacts of supplementing chemical fertilizers with organic fertilizers manufactured using pig manure as a substrate on the spread of tetracycline resistance genes in soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 130, 2016, p. 279–288.
- [11] PÉREZ, A., MONTEJO, I., IGLESIAS, J.M., LÓPEZ, O., MARTÍN, G.J., GARCÍA, D.E., IDOLKIS, M. and HERNÁNDEZ, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 2009, p. 1-15.
- [12] MIA, W., WUA, L., BROOKESC, P.C., LIUA, Y., ZHANGA, X. and YANGA, X. Changes in soil organic carbon fractions under integrated management systems in a low-productivity paddy soil given different organic amendments and chemical fertilizers. *Soil & Tillage Research*, 163, 2016, p. 64–70.
- [13] TAOA, R., LIANGB, Y., WAKELINC, S.A. and CHU, G. Supplementing chemical fertilizer with an organic component increases soil biological function and quality. *Applied Soil Ecology*, 96, 2015, p. 42–51.
- [14] WEIA, W., YANA, Y., CAO, J., CHRISTIEA, P., ZHANGA, F. and FANA, M. Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: An integrated analysis of long-term experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 225, 2016, p. 86–92.
- [15] WUA, Y., ZHAO, C., JUNDE, J. and JUNDE, F. Effects of bio-organic fertilizer on pepper growth and Fusarium wilt biocontrol. *Scientia Horticulturae*, 193, 2015, p. 114–120.
- [16] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *Propiedades Químicas: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)* [En línea]. 2016. Disponible en web. <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS

BIO-SILAGE OF HAKE WORK-PROCESSING WASTE AND WHEAT MEAL FERMENTED WITH SELECTED LACTIC ACID BACTERIA

BIOSILAGEM DE DESPERDÍCIO DE MERLUZA E FARINHA DE CEBADA FERMENTADOS COM BACTÉRIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS

EMILIO MARGUET¹, MARISOL VALLEJO², GUSTAVO SCHULMAN³, CECILIA IBAÑEZ⁴,
PABLO LEDESMA⁵, ROMINA PARADA⁶

RESUMEN

*Se estudió la capacidad como inoculantes de biosilo de *Lactococcus lactis* Tw34 y *Lactobacillus plantarum* Lb7. Los experimentos se llevaron a cabo con una mezcla de subproductos de merluza (*Merluccius hubbsi*) y harina de cebada, fermentada durante 7 días. Como control se utilizó una muestra acidificada con ácido láctico. En las mezclas biológicas, el pH disminuyó por debajo de 5,0 después de 2 días de fermentación y permaneció estable hasta el final de la experiencia. La pobla-*

Recibido para evaluación: 24 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 29 de Marzo de 2017.

- 1 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Doctor en Bioquímica. Trelew, Argentina.
- 2 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Doctora en Biología. Trelew, Argentina.
- 3 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Licenciado en Biotecnología. Trelew, Argentina.
- 4 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Licenciada en Biotecnología y Biología Molecular. Trelew, Argentina.
- 5 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Licenciado en Biología. Trelew, Argentina.
- 6 Universidad Nacional de la Patagonia, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Grupo de investigación de Biotecnología Bacteriana. Licenciada en Biología. Trelew, Argentina.

Correspondencia: emarguet@yahoo.com.ar

ción máxima ($> 10^9$ UFC/g) se alcanzó después de 5 días de incubación a 18°C . La concentración de péptidos solubles en agua aumentó durante los 7 días de incubación y no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el control y ambos biosilos. Las concentraciones de péptidos solubles en ácido tricloroacético de los biosilos fueron superiores al control ($p > 0,05$). Después de 7 días, las concentraciones de fósforo alcanzadas fueron 2,26 y 2,42 g /100 g en los biosilos fermentados con *Lc. lactis* Tw34 y *Lb. plantarum* Lb7 respectivamente, mientras que en el control los valores permanecieron casi estables (1,61 g/100 g). Al final de la experiencia, la actividad inhibitoria de tripsina fue suprimida en ambos biosilos mientras que, en el control los factores antinutricionales seguían siendo activos. Los resultados indican la factibilidad del uso de la mezcla seleccionada como sustrato para la producción de biosilo y la eficacia de *Lc. lactis* Tw34 y *Lb. plantarum* Lb7 como inoculantes.

ABSTRACT

*Suitability of Lactococcus lactis Tw34 and Lactobacillus plantarum Lb7 as bio-silage inoculants was studied. Experiments were carried out with a mixture of hake (Merluccius hubbsi) by-products and barley meal fermented during 7 days. A sample acidified with lactic acid was used as control. In biological mixtures, the pH dropped below 5,0 after 2 days of fermentation and remained stable until the end of the experience. Maximum populations ($> 10^9$ CFU/g) were reached after 5 days of incubation at 18°C . Water soluble peptides concentration increased during the 7 days of incubation and no significant differences ($p < 0,05$) were found between the control and both bio-silage. Trichloroacetic acid soluble peptides concentrations of bio-silages were higher than the control ($p > 0,05$). After 7 days, phosphorous concentrations reached 2.26 and 2,42 g/100 g in bio-silages fermented with *Lc. lactis* Tw34 and *Lb. plantarum* Lb7, respectively, while control values remains almost stable (1,61 g/100 g). At the end of the experience, inhibitory activity of trypsin was abolished in both bio-silage while in control sample antinutritional factors remained active. The results indicated the feasibility of the use of the selected mixture as substrate for bio-silage production and the effectiveness *Lc. lactis* Tw34 and *Lb. plantarum* Lb7 as inoculants.*

RESUMO

Foi estudada a capacidade de inoculantes em biosilagem de Lactococcus lactis Tw34 y Lactobacillus plantarum Lb7. Os experimentos foram realizados com uma mistura de produtos de merluza (Merluccius hubbsi) e farinha de cevada, fermentada durante 7 dias. Como controle se utilizou uma amostra acidificada com ácido láctico. Nas misturas biológicas, o pH ficou abaixo 5,0 depois de 2 dias de fermentação e permaneceu estável até o final do experimento. A contagem máxima de viáveis ($> 10^9$ UFC/g) foi alcançada depois de 5 dias de incubação a 18°C . A concentração de peptídeos solúveis em água aumentou durante os 7 dias de incubação e não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o controle e a silagem. As concentrações de peptídeos solúveis em ácido tricloroacético da silagem foram superiores ao controle ($p > 0,05$). Depois

PALABRAS CLAVE:

Biosilo, Merluza, Cebada, Fermentación.

KEY WORDS:

Bio-silage, Hake, Barley, Fermentation.

PALAVRAS-CHAVE:

Biosilagem, Merluza, Cevada, Fermentação.

de 7 dias, as concentrações de fósforo alcançadas foram de 2,26 e 2,42 g/100 g nas silagens fermentadas com *Lc. lactis* Tw34 e *Lb. plantarum* Lb7 respectivamente, em quanto que no controle os valores permaneceram quase estáveis (1,61 g/100 g). No final do experimento, a atividade inibitória de tripsina foi suprimida em ambas silagens enquanto que no controle os fatores antinutricionais continuavam ativos. Os resultados indicam a possibilidade do uso de uma mistura selecionada como substrato para a produção de silagem e a capacidade de *Lc. lactis* Tw34 e *Lb. plantarum* Lb7 como inoculantes.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es, a escala mundial, el sector de producción de alimentos que más ha crecido, registrando un aumento de casi el 10% entre los años 1984 y 2004. Estos registros son significativamente superiores si se los compara, en el mismo período, con la producción ganadera (3%) y la pesca extractiva (1,6%). Desde el año 1984 hasta 2014 el aumento interanual exhibió una media del 3%, sensiblemente menor que las 2 décadas pasadas pero aún superiores a la pesca extractiva que se mantuvo en un promedio de 1,3 de aumento interanual [1].

El costo de los alimentos es uno de los factores que más influye en esta actividad económica por lo que existe una constante evolución en la producción de nuevos y mejores productos. Se ha prestado especial atención a la búsqueda de fuentes alternativas con el objeto de reducir la dependencia de la harina de pescado como principal fuente de proteínas [2]. Los altos costos de este producto influyen en forma directa en la sustentabilidad de la acuicultura [1, 2].

Las harinas de origen vegetal han sido la mejor opción para reemplazar las proteínas animales debido a su bajo costo y accesibilidad [3, 4]. Sin embargo, estos productos presentan algunos inconvenientes como la presencia de factores antinutricionales, digestibilidad reducida, baja palatabilidad y alto contenido en ácido fítico [4, 5, 6, 7]. Esta situación induce a tomar ciertas previsiones, siendo recomendables tratamientos físicos, químicos o biológicos antes de la inclusión de aditivos vegetales en alimentos destinados a la alimentación de peces [6, 8, 9].

En forma paralela durante los últimos años la idea de alimentos funcionales, inicialmente desarrollada para

consumo humano, ha sido trasladada al uso veterinario. El objetivo de estos alimentos está dirigido, no sólo a satisfacer los requerimientos nutricionales y metabólicos, sino a brindar beneficios a la salud de quien los consume. La inclusión de probióticos o microorganismos potencialmente benéficos en las dietas para peces ha demostrado eficacia para mejorar la salud del huésped y el medio ambiente [10, 11].

La definición más aceptada de probióticos es la sugerida por Fuller quien los describe como “organismos vivos usados como suplemento alimenticio que ejercen un efecto benéfico en el huésped animal, al mejorar el balance intestinal” [12]. Sin embargo los medios acuáticos necesitan una readecuación de esta definición por lo que Verschuere sugiere definir a los probióticos como “microorganismos vivos que tienen un efecto benéfico sobre el hospedador modificando la comunidad microbiana relacionada o con el ambiente en el que éste se desarrolla, a través de una mejora del uso del alimento o de su valor nutricional, y/o de la respuesta del hospedador a las enfermedades, y/o la calidad del ambiente” [11]. Ha sido ampliamente demostrado que la adición de probióticos a la dieta de los peces promueve la colonización y adhesión intestinal, aumenta la respuesta inmunológica y capacidad de resistir a enfermedades infecciosas [10]. Sin embargo, también hay que tener en consideración que la adición de probióticos, no sólo puede traer los beneficios enumerados, sino que se puede recurrir a la fermentación previa con estos microorganismos para mejorar la calidad del alimento, aumentar la aceptación y disminuir los efectos negativos de los nutrientes no digeridos [8, 13, 14].

En este trabajo se evaluaron parámetros vinculados con el aumento de la calidad en alimentos experimentales elaborados con desechos de merluza y harina de cebada sometidos a una fermentación previa utilizando 2 cepas de bacterias ácido lácticas (BAL). Las cepas forman parte de la colección de cultivos del Laboratorio de Biotecnología Bacteriana (Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Universidad Nacional de la Patagonia “San Juan Bosco”) y fueron seleccionadas de acuerdo a sus características probióticas. La cepa *Lactococcus lactis* subsp *lactis* Tw34 es productora de nisina Z y presenta actividad inhibitoria contra patógenos frecuentes en acuicultura [15], mientras que la cepa *Lactobacillus plantarum* Lb7 tiene alta resistencia a pH bajos y sales biliares, y exhibe altos índices de autoagregación [16].

MÉTODO

Microorganismos

Las cepas *Lc. lactis* subsp *lactis* Tw34 y *Lb. plantarum* Lb7 se obtuvieron de la colección perteneciente al Laboratorio de Biotecnología Bacteriana (Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia). Las cepas se reactivaron con sucesivos cultivos en caldo y agar de Man, Rogosa y Sharp (MRS, Biokar, Francia) y se conservaron en leche descremada suplementada con glicerol al 10% a 30°C.

Elaboración del alimento experimental

Se realizó a partir de residuos de merluza (*Merluccius hubbsi*) tratados con molinillo a 12.000 revoluciones por minuto hasta obtener una masa uniforme. Se utilizaron granos de cebada deshidratados tratados del mismo modo que el procedimiento descrito para los residuos de merluza, hasta obtener una harina de aspecto uniforme. La composición final del alimento experimental contenía: homogenato de merluza 68%, harina de cereal 25%, aceite de girasol 5%, mezcla de vitaminas 1% (Vitamin Premix, EEUU) y sorbato de sodio 1% (Saporiti, Argentina).

Proceso de fermentación

El alimento experimental se sometió a un proceso de fermentación durante 7 días a una temperatura constante de 18°C. La inoculación se realizó con 1 ml de un cultivo en caldo MRS de las cepas mencionadas cada 100 g de alimento. Como control se realizó una incubación del alimento experimental, previamente tratado con ácido láctico (Sigma, EEUU) hasta alcanzar un pH de 4,5 y bajo las condiciones descritas. La toma de muestras se realizó cada 24 h hasta completar la experiencia de 7 días. Todos los ensayos se realizaron por triplicado y las muestras se conservaron a -30°C hasta el momento de su procesamiento.

Para los ensayos posteriores se obtuvieron sobrenadantes por centrifugación a 13000 g (Heraeus Biofuge Pico, Reino Unido) de la mezcla resultante de 1 g de muestra en 1 ml de agua destilada, previamente tratada con vortex durante 1 min.

Determinación del pH

El pH de las muestras se determinó con un pHmetro Orion modelo 410A con electrodo Orion para sólidos 8135BN

Determinación de fosfato libre

El fosfato liberado se determinó en el sobrenadante de las muestras según la técnica descrita por Fiske y Subarow [17]. La reacción se llevó a cabo utilizando 100 μ L de muestra y 900 μ L de una solución que contenía 0,6 M de H_2SO_4 , 2% de ácido ascórbico y 0,5% de molibdato de amonio (Cicarelli, Argentina). Luego de una incubación a 50°C durante 30 min se realizó la lectura de la densidad óptica a 820 nm. Para la curva de calibración se utilizó una solución patrón de K_2HPO_4 (Cicarelli, Argentina).

Determinación de fracciones proteicas

La fracción soluble en agua (FSA) se determinó en los sobrenadantes de las muestras, previa dilución en agua destilada hasta alcanzar una concentración de 0,1 g/mL. Las muestras se conservaron durante 24 h a 4°C y se llevó a cabo una nueva homogenización en la forma indicada anteriormente. Las suspensiones se centrifugaron a 13000 g durante 2 min y la concentración del sobrenadante se determinó mediante la técnica del o-ftaldialdehído [18].

La fracción soluble en ácido tricloroacético al 12% (FSTCA) se determinó tratando un volumen de los sobrenadantes obtenidos según el procedimiento descrito para la FSA, con igual volumen de una solución de TCA al 24% (Cicarelli, Argentina), sometiendo la mezcla a agitación vigorosa durante 1 min [19]. Luego de un período de reposo de 10 min la suspensión se centrifugó durante 2 min a 13000 g y la concentración del sobrenadante se determinó mediante la técnica del o-ftaldialdehído.

La reacción se llevó a cabo con 2 mL de reactivo de o-ftaldialdehído (Sigma, EEUU) y 50 μ L de FSA o 100 μ L de FSTCA. La lectura se realizó en espectrofotómetro (Jenway, Reino Unido) a 590 nm y los cálculos se realizaron utilizando una curva patrón de leucina. Los resultados de FSA y FSTCA se expresaron en mg de leucina/100 g de alimento experimental.

Determinación de la actividad inhibitoria de tripsina

Se utilizó como sustrato 1 mL de una solución de azocaseína (Sigma, EEUU) (10 mg/mL en buffer Tris, 0,1 M y pH 8,5) tratada con tripsina (Sigma, EEUU) a una concentración final de 0,1 mg/mL. Se agregaron 100 μ L de cada muestra y como control se utilizó agua destilada. Luego de una incubación a 37°C durante 30

min se detuvo la reacción con 100 μL de TCA al 25% y se centrifugó a 13000 g durante 2 min. El sobrenadante se trató con 600 μL de NaOH 0,5 M y se realizó la lectura de la densidad óptica en espectrofotómetro a 450 nm [20]. Los resultados se expresaron en unidades de inhibición de tripsina por mg utilizando la fórmula sugerida por Liu y Markanis [21].

Recuento bacteriano

Los recuentos bacterianos de las respectivas muestras se realizaron por diluciones seriadas en medio líquido y posterior siembra en agar MRS para las cepas en estudio. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia por gramo de alimento experimental (UFC/g).

Análisis estadístico

Todos los ensayos se realizaron por triplicado; los promedios, desvíos estándar y análisis de la varianza (ANOVA) se calcularon mediante el uso del programa estadístico HyperStat. El ANOVA se aplicó para establecer diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

La harina de cebada constituye una fuente rica en almidón que, degradado por las amilasas propias del cereal, eleva la concentración de azúcares que comienzan a ser fermentados por las BAL. Este fenómeno permite el rápido descenso del pH y el aumento de la población de BAL, como se puede observar en las figuras 1 y 2.

Figura 1. Evolución del pH (\blacklozenge) y población de *Lactococcus lactis* Tw34 (\blacksquare) en el ensilado experimental.

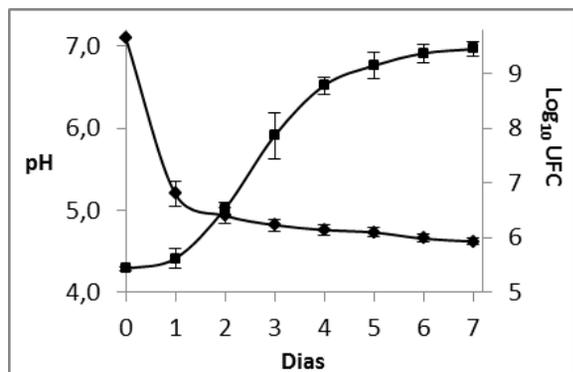
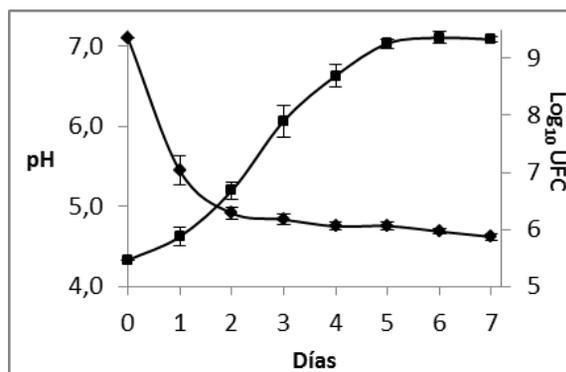


Figura 2. Evolución del pH (\blacklozenge) y población de *Lactobacillus plantarum* Lb7 (\blacksquare) en el ensilado experimental.



En el caso de *Lc. lactis* Tw34 el pH descendió a 5,45 durante las primeras 24 h y a 4,94 a las 48 h. Luego y hasta el séptimo día los valores descendieron levemente hasta alcanzar un valor de 4,58. La población aumentó levemente durante las primeras 24 h, luego y hasta el cuarto día se desarrolló la fase logarítmica que alcanzó una población de $4,2 \cdot 10^8$ UFC. La población a los 7 días de experiencia llegó a $2,1 \cdot 10^9$ UFC.

El comportamiento en la evolución del pH y el aumento de la población de la cepa *Lb. plantarum* Lb7 fue comparable al observado en el caso anterior. El pH al final de la experiencia fue 4,58 y se alcanzó una población de $1,8 \cdot 10^9$ UFC.

Como se ha demostrado en trabajos anteriores, los cereales resultan fuentes suficientes de hidratos de carbono para mantener un sostenido descenso del pH [22]. Los valores de pH alcanzados en ambos casos al final de la experiencia crean un ambiente donde las BAL componen casi con exclusividad la microbiota del ensilado, inhibiendo las bacterias que potencialmente puedan actuar como patógenos o deteriorantes.

Las poblaciones alcanzadas en ambos casos resultan lo suficientemente elevadas como para adherirse y colonizar el intestino de los peces y lograr competir con otros grupos bacterianos potencialmente indeseables. La nisina Z, producida por la cepa *Lc. lactis* Tw 34 es efectiva contra la mayoría de las bacterias patógenas Gram+ habituales en acuicultura [15] y, como se ha demostrado, la producción de esta bacteriocina es factible utilizando como sustratos proteínas originadas en el descarte de la industria pesquera [13].

La cepa *Lb. plantarum* Lb 7 exhibe una gran resistencia a bajos pH y contenido de sales biliares que en forma conjunta con sus propiedades de autoagregación, coagregación e hidrofobicidad hace posible desarrollar mecanismos de protección contra patógenos a través de la competición de sitios de adhesión y nutrientes [16].

Como se puede observar en la figura 3 la evolución de la concentración de la fracción de péptidos solubles en agua (FSA) fue comparable en los tres casos ($p \geq 0,05$). La concentración final en el control fue de un equivalente a 1081 mg de leucina por 100 g mientras que en los ensilados de *Lb. plantarum* Lb7 y *Lc. Lactis* Tw34 se obtuvieron valores de 1189 y 1244 mg de leucina por 100 g, respectivamente.

Esto se debe en forma casi excluyente a la actividad de las proteasas musculares, especialmente la catepsina D, que exhibe su máxima actividad a pH ácido [23], condición lograda en el ensilado control por el agregado de ácido láctico y por la síntesis del mismo en los casos de los alimentos experimentales fermentados con bacterias. Esta actividad hidrolítica produce péptidos de mediano a gran tamaño que exhiben dificultad para ser transportados dentro de la célula bacteriana y en consecuencia no influyen en la duplicación celular.

En la figura 4, podemos observar que el aumento de las concentraciones de péptidos solubles en ácido tricloroacético (PSTCA) varía muy poco en el control a través de los 7 días de experiencia mientras que, en los alimentos fermentados por los microorganismos seleccionados hay un aumento constante. Los valores finales del ensilado control y los fermentados por *Lb. plantarum* Lb7 y *Lc. lactis* Tw34 fueron 368; 771 y 840 mg de leucina por 100 g, respectivamente. En este pa-

Figura 3. Evolución de los péptidos solubles en agua. (♦ Control, ▲ *Lactococcus lactis* Tw34, ■ *Lactobacillus plantarum* Lb7).

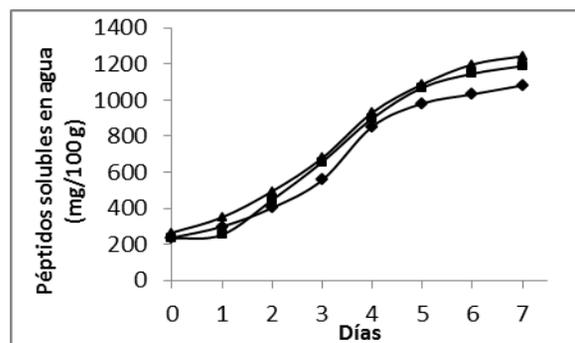
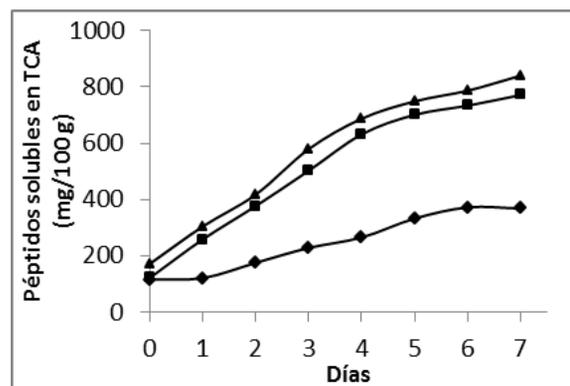


Figura 4. Evolución de los péptidos solubles en ácido tricloroacético. (♦ Control, ▲ *Lactococcus lactis* Tw34, ■ *Lactobacillus plantarum* Lb7).



rámetro encontramos diferencias significativas entre los valores determinados en los ensilados biológicos y el control ($p \leq 0,05$).

En estos casos las proteasas de las BAL utilizan como sustratos los péptidos originados por las enzimas musculares, dando como resultado una elevada concentración de PSTCA, constituido por péptidos de 2 a 20 aminoácidos que pueden ser transportados al interior de la célula [24]. El mecanismo de transporte es llevado a cabo por un sistema muy especializado denominado Opp que logra llevar al citosol péptidos que contienen los aminoácidos necesarios para mantener un constante crecimiento de la población celular [25].

El descenso del pH, el aumento de la densidad poblacional y el aumento de la fracción de PSTCA son eventos relacionados y que dependen de la calidad de los sustratos utilizables como fuentes de aminoácidos y azúcares fermentables. Ya ha sido demostrado en trabajos anteriores la buena calidad de las proteínas de pescado, inclusive aquellas que componen el descarte, que permiten satisfacer las demandas metabólicas de las BAL, aún en aquellas especies de desarrollo fastidioso [26].

Otro aspecto que se debe considerar es que la hidrólisis de las proteínas durante la fermentación produce cambios en la palatabilidad con el consecuente aumento del apetito, mejora la digestibilidad y el grado de conversión del alimento. En los últimos años también se ha demostrado que los péptidos de bajo peso molecular tienen propiedades adicionales, además de las descritas, vinculadas con la capacidad antioxidante [27, 28].

Uno de los problemas de suplementar dietas destinadas a peces con derivados de cereales es la inclusión de factores antinutricionales. El ácido fítico y sus derivados contienen más del 80% del fósforo presente en las células vegetales y resulta, en esa forma química, inaccesible, tanto para peces monogástricos como agástricos. En consecuencia se ve impedida su biodisponibilidad, liberándose e impactando en forma negativa en el medio ambiente. Esta molécula tiene además la propiedad de formar quelatos con cationes divalentes y complejos con proteínas, disminuyendo en forma sensible su accesibilidad en la dieta [6, 9].

Las metodologías para disminuir la concentración de fitatos se basan en el pretratamiento con fitasas comerciales o la fermentación con microorganismos que posean actividad enzimática específica [6,7, 9,22]. En nuestro caso el proceso de fermentación permitió un aumento constante de la concentración de fósforo libre alcanzando valores de 2,42 y 2,26 g por 100 g de ensilado en los casos de *Lb. plantarum* Lb7 y *Lc. lactis* Tw34 (figura 5).

En cambio la concentración se mantuvo relativamente constante en el ensilado control, logrando al final de la experiencia una concentración de 1,61 g por 100 g, valor que muestra diferencia significativa con respecto a los ensilados biológicos ($p \leq 0,05$).

El fenómeno del aumento de la concentración de fósforo libre se debe a la acción enzimática de las BAL sobre los fitatos de la cebada de modo tal que, un compuesto orgánico inaccesible y con impacto negativo en el medio ambiente se transforma en una forma química aceptable para el metabolismo de los peces.

Figura 5. Evolución del fósforo libre. (♦ Control, ▲ *Lactococcus lactis* Tw34, ■ *Lactobacillus plantarum* Lb7).

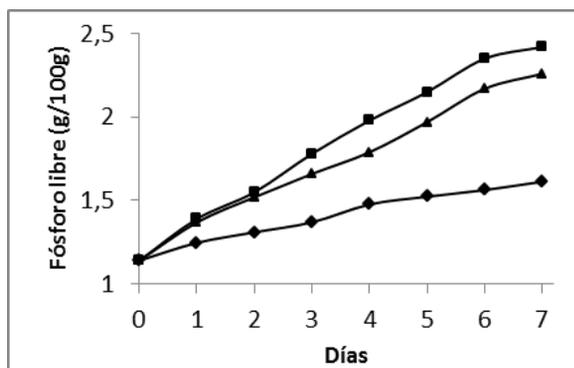
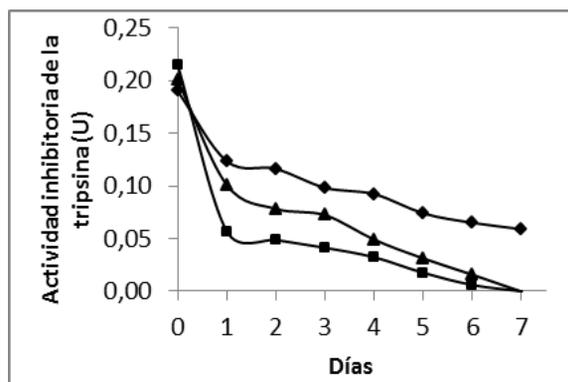


Figura 6. Evolución de la actividad inhibitoria de la tripsina. (♦ Control, ▲ *Lactococcus lactis* Tw34, ■ *Lactobacillus plantarum* Lb7).



La técnica del tratamiento con bacterias lácticas de alimentos que contienen componentes derivados de cereales ha comenzado a utilizarse con mayor frecuencia fundamentado en las ventajas de eliminar el ácido fítico que interfiere en la biodisponibilidad de minerales y en la degradación de proteínas [9, 22].

El ácido fítico y sus derivados no son los únicos factores antinutricionales presentes en los alimentos para peces que utilizan ingredientes alternativos derivados de plantas. Los taninos, oligosacáridos, polisacáridos, lectinas y otras especies químicas disminuyen la digestibilidad de nutrientes y la absorción de minerales y vitaminas [4, 5, 7]. El ensayo de la actividad antitripsina es una técnica que nos permite determinar la capacidad de un derivado vegetal para interferir la hidrólisis enzimática de proteínas. La cebada no contiene elevadas concentraciones de factores antinutricionales sin embargo, como se puede observar en la figura 6, luego de 7 días, el proceso fermentativo logra eliminar por completo la actividad antitripsina, mientras que en el control se mantiene una actividad de 0,6 U.

Sin embargo, en este caso no podemos concluir si la desaparición de la actividad antitripsina se debe a la hidrólisis del ácido fítico o a la metabolización de otros factores.

CONCLUSIONES

Los azúcares contenidos en la cebada contribuyen a la duplicación bacteriana que permite la disminución del pH a valores tales que, impiden el desarrollo de flora indeseable. El metabolismo de las cepas elegidas también aumenta la concentración de oligopéptidos que

favorecen la digestibilidad y la palatabilidad, y además contribuye a la disminución de los niveles de factores antinutricionales en general, o como el ácido fólico, en particular. En consecuencia, los resultados de este trabajo sugieren la conveniencia de realizar fermentaciones previas con BAL en alimentos destinados a peces que contienen derivados vegetales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero provisto por la Secretaría de Políticas Universitarias (Ministerio de Educación, Argentina), Proyectos de Vinculación Tecnológica: “Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo” y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

REFERENCIAS

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Roma (Italia): 2014.
- [2] CARUSO, G. Use of plant products as candidate fish meal substitutes: an emerging issue in aquaculture productions. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 6, 2015, p. 1-3.
- [3] MOHAMED, S., HASSAAN, M.S., SOLTANB, M.A. and ABDEL MOEZE, A.M. Nutritive value of soybean meal after solid state fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Animal Feed Science and Technology*, 201, 2015, p. 89–98.
- [4] COUTO, A., PERES, H., OLIVA-TELES, A. and ENES, P. Screening of nutrient digestibility, glycaemic response and gut morphology alterations in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed whole cereal meals. *Aquaculture* 450, 2016, p. 31–37.
- [5] RIBEIRO, L., MOURA, J., SANTOS, M., COLEN, R., RODRIGUES, V., BANDARRA, N., SOARES, F., RAMALHO, P., BARATA, M., MOURA, P., PEDRO POUSÃO-FERREIRA, P. and DIAS, J. Effect of vegetable based diets on growth, intestinal morphology, activity of intestinal enzymes and haematological stress indicators in meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, 447, 2015, p. 116-128.
- [6] TORRECILLAS, S., MOMPÉL, M.J., CABALLERO, M.J., MONTERO, D., MERRIFIELD, A., RODILES, A., ROBAINA, L., ZAMORANO, M.J., KARALAZOS, V., KAUSHIK, S. and IZQUIERDO, M. Effect of fishmeal and fish oil replacement by vegetable meals and oils on gut health of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 468, 2017, p. 386-398.
- [7] DANWITZ, A., VAN BUSSEL, G.J., SIMON, F., KLATT, S.F. and SCHULZ, C. Dietary phytase supplementation in rapeseed protein based diets influences growth performance, digestibility and nutrient utilisation in turbot (*Psetta maxima* L.). *Aquaculture*, 450, 2016, p. 405–411.
- [8] HAIDAR, M., PETIE, M., HEINSBROEK, L., VERRETH, J. and SCHRAM J. The effect of type of carbohydrate (starch vs. nonstarch polysaccharides) on nutrients digestibility, energy retention and maintenance requirements in Nile tilapia. *Aquaculture*, 463, 2016, P. 241-247.
- [9] MAREN, M., FISCHER, M., EGLI, I., AEBERLI, I., HURRELL, R. and MEILE, L. Phytic acid degrading lactic acid bacteria in tef-injera fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 190, 2014, p. 54–60.
- [10] AKHTER, N., WU, B., MEMON, A.M. and MOHSIN, M. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 45, 2015, p. 733-741.
- [11] VERSHUERE, L., ROMBAUT, G., SORGELOOS, P. and VERSTRAETE, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64, 2000, p. 655– 671.
- [12] DAWOOD, M. and KOSHIO, S. Recent advances in the role of probiotics and prebiotics in carp aquaculture. *Aquaculture*, 454, 2016, p. 243-251.
- [13] VÁZQUEZ, J.A., GONZÁLEZ, M.P. and MURADO, M.A. Preliminary tests on nisin and pediocin production using waste protein sources factorial and kinetic studies. *Bioresource Technology*, 97, 2006, p. 605–613.
- [14] VÁZQUEZ, J.A., DOCASAL, S.F., PRIETO, M.A., GONZÁLEZ, M.P. and MURADO, M.A. Growth and metabolic features of lactic acid bacteria in media with hydrolysed fish viscera. An approach to bio-silage of fishing by-products. *Bioresource Technology*, 99, 2008, p.6246-6257.
- [15] SEQUEIROS, C., GARCÉS, M., VALLEJO, M., MARGUET, E. and OLIVERA, N. Potential aquaculture probiont *Lactococcus lactis* TW34 produces nisin Z and inhibits the fish pathogen *Lactococcus garvieae*. *Archives of Microbiology*, 197, 2015, p. 449-458.

- [16] VALLEJO, M., MARGUET, E. y ETCHECHOURY, V.E. Potencial probiótico de cepas de *Lactobacillus* aisladas de quesos ovinos patagónicos. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 9, 2008, p. 1-10.
- [17] FISKE, C.H. and SUBARROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry*, 66, 1925, p. 375-400.
- [18] URSHEV, Z., NINOVA-NIKOLOVA, N., ISHLIMOVA, D., PASHOVA-BALTOVA, K., MICHAYLOVA, M. and SAVOVA T. Selection and characterization of naturally occurring high acidification rate *Streptococcus thermophilus* strains. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28, 2014, p. 899-903.
- [19] NGO, A., EZOULIN, M., YOUM, I. and YOUAN, B. Optimal concentration of 2,2,2-trichloroacetic acid for protein precipitation based on response surface methodology. *Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5, 2014, p. 1-11.
- [20] SPELBRINK, R.E., GERRITS, P.J., MOOIJ, C. and GIUSEPPIN, M.L. Quantitative determination of trypsin inhibitory activity in complex matrices. *The Open Food Science Journal*, 5, 2011, p. 42-46.
- [21] LIU, K. and MARKAKIS, P. An improved colorimetric method for determining antitryptic activity in soybean products. *Cereal Chemistry*, 66, 1989, p. 415-422.
- [22] MAGALA, M., KOHAJDOVA, Z. and KAROVICOVA, J. Degradation of phytic acid during fermentation of cereal substrates. *Journal of Cereal Science*, 61, 2015, p. 94-96.
- [23] SRIKET, C. Proteases in fish and shellfish: Role on muscle softening and prevention. *International Food Research Journal*, 21, 2014, p. 433-445.
- [24] ATANASOVA, J., MONCHEVA, P. and IVANOVA I. Proteolytic and antimicrobial activity of lactic acid bacteria grown in goat milk. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28, 2014, p. 1073-1078.
- [25] NOENS, E. and LOLKEMA, J. Physiology and substrate specificity of two closely related amino acid transporters, SerP1 and SerP2, of *Lactococcus lactis*. *Journal of Bacteriology*, 197, 2015, p. 951-958.
- [26] HORNA, S.J., ASPMO, S.I. and EIJSINK, V.G. Evaluation of different cod viscera fractions and their seasonal variation used in a growth medium for lactic acid bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 2007, p. 1328-1334.
- [27] HALIM, N.R., YUSOF, H.M. and SARBON, N.M. Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 2016, p. 24-33.
- [28] SILA, A. and BOUGATEF, A. Antioxidant peptides from marine by-products: Isolation, identification and application in food systems. A review. *Journal of Functional Foods*, 21, 2016, p.10-26.

RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS

CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN DE LAS UNIVERSIDADES: ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y MODELADO DE LAS DINÁMICAS DE LOS SISTEMAS DE INVESTIGACIÓN

CAPACIDADES DE PESQUISA DE UNIVERSIDADES: ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS E MODELAGEM DA DINÂMICA DE SISTEMAS DE PESQUISA

CAROLINA DELGADO HURTADO¹, OSCAR RUBIANO OVALLE², CARLOS FELIPE RENGIFO RODAS³,
EDUARDO ROJAS PINEDA⁴.

ABSTRACT

Recibido para evaluación: 10 de Febrero de 2016. **Aprobado para publicación:** 14 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Grupo de Investigación en Logística y Producción Universidad del Valle. Magíster en Ingeniería Industrial. Popayán, Cauca.
- 2 Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación en Logística y Producción Universidad del Valle. Ph.D. Ingeniería Industrial. Cali, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Grupo de Investigación en Automática Industrial Unicauca, Ph.D Doctor en Robótica. Popayán, Colombia.
- 4 Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Grupo de Investigación en Ingeniería Telemática (GIT). Master en Sistemas y Redes de Comunicaciones. Popayán, Colombia.

Correspondencia: carolinadelgado@gmail.com

Research capacities are developed scientific skills that enable universities to accomplish the dissemination of high-quality scientific knowledge. Nowadays, the modeling of their dynamics is one of the most important concerns for the stakeholders related to the scientific activity, including university managers, private sector and government. In this context, the present article aims to approach the issue of modeling the capacities of the Universities' research systems, presenting Systems Dynamics as an effective methodological tool for the treatment of data contained in intellectual capital indicators, allowing to estimate parameters, conditions and scenarios. The main contribution lays on the modeling and simulations accomplished for several scenarios, which display the critical variables and the more sensitive ones when building or strengthening research capacities. The establishment of parameters through regression techniques allowed to more accurately model the dynamics of the variables. This is an interesting contribution in terms of the accuracy of the simulations that later might be used to propose and carry out changes related to the management of the universities research. Future research with alternative modeling for social systems will allow to broaden the scope of the study.

RESUMEN

Las capacidades de investigación son habilidades que empoderan a las universidades para de diseminar conocimiento científico de alta calidad. Actualmente, el modelado de sus dinámicas es una de las principales preocupaciones de los grupos de interés relacionados a la actividad científica, incluida la administración de las universidades, el sector privado y el gobierno. En este contexto, el presente artículo busca abordar el problema de modelar capacidades de sistemas de investigación, presentando la Dinámica de Sistemas como una herramienta metodológica efectiva para el tratamiento de datos contenidos en indicadores de capital intelectual y permitiendo la estimación de parámetros, condiciones y escenarios. La principal contribución se centra en el modelado y las simulaciones logradas para varios escenarios, las cuales despliegan las variables críticas y más sensibles para la construcción y/ o fortalecimiento de capacidades de investigación. El establecimiento de parámetros con técnicas de regresión, permiten modelar de manera más precisa la dinámica de las variables. Este es un aporte interesante en términos de la confiabilidad de simulaciones que más adelante pueden emplearse para realizar cambios administrativos para la gestión de la investigación universitaria. Trabajos futuros con técnicas alternativas de modelado para sistemas sociales permitirán ampliar el alcance de este tipo de estudios.

RESUMO

Capacidades de investigação são habilidades que capacitam as universidades para disseminar o conhecimento científico de alta qualidade. Atualmente, sua dinâmica de modelagem é uma das principais preocupações dos grupos de interesse relacionados com a actividade científica, incluindo a administração das universidades, o setor privado e o governo. Neste contexto, este artigo pretende abordar o problema da modelagem de

KEY WORDS:

Systems dynamics, Estimation of parameters, Simulation, Research systems, Intellectual Capital.

PALABRAS CLAVE:

Dinámica de Sistemas, Simulación, Estimación de parámetros, Sistemas de Investigación Universitarios, Capital Intelectual.

PALAVRAS-CHAVE:

Sistemas dinâmicos, Simulação, Estimação de parâmetros, Sistemas de pesquisa universitária, Capital intelectual.

recursos de sistemas de pesquisa, apresentando a Dinâmica de Sistemas como ferramenta metodológica eficaz para o tratamento de dados através de indicadores de capital intelectual e permitindo a estimativa dos parâmetros, condições e cenários. A principal contribuição incide sobre a modelagem e simulações realizadas para vários cenários, que implantou as variáveis críticas e mais sensíveis para a construção e/ou reforço das capacidades de investigação. O estabelecimento de parâmetros com técnicas de regressão, permitem modelar com mais precisão a dinâmica das variáveis. Esta é uma interessante contribuição em termos de fiabilidade das simulações que posteriormente pode ser usado para fazer alterações administrativas para a gestão da pesquisa universitária. Trabalho futuro com técnicas alternativas de modelagem para sistemas sociais permitirão alargar o âmbito de tais estudos.

INTRODUCTION

Research capacities, belong to a large field of study, called Scientometrics, which is the science that analyses and measures the scientific activity (Bellis, 2009). For its purposes, it uses bibliometric methods for the measurement and evaluation of variables associated with research and development such as “The Impact Factor –JIF”: (Garfield, 2005), the SCI mago Journal Rank –SJR: (SCImago Journal and Country Rank), the H Index (Hirsch, 2005), the Source Normalized Impact per Paper SNIP (CWTS, 2016), the Altmetrics (Altmetric) and the G Index (Egghe, 2006) among others.

In Scientometrics, the Research capacities are understood as the organizational and technical skills necessary to address and undertake and disseminate high-quality scientific research effectively and efficiently [8,9]. The concept belongs to the theory of resources and capabilities (Leiblein, 2012). The resource can be exchanged and it is not specific to the organization, while the capacity is owned, developed, and specific, and acts as a catalyst for resources. Under the premise that capacities impact productivity (Osa Igbaekemen, 2014), it is necessary to address them from a systemic perspective (Capacity Development in Higher Education Institutions in developing countries, 2013).

These effects have been widely studied [13,14,15]. However, there is not a clear consensus about the exact

relation between capacities and productivity and most of the research assessment techniques use expenditures and citation indicators (Moed & Gali , 2014).

Despite the wide range of methods (Crespi, Maffioli, Pierre, & Vázquez, 2011) to perform social systems analysis, such as the agent simulation, system dynamics, neural networks, time series and forecasting, data envelopment analysis and bayesian networks [18,19] among others, in Colombia, the majority of the cited studies, have addressed the issue of capacities from the intellectual capital perspective, due to its strength and relevance compared to similar mechanisms used to treat issues related to science and scientific production. This strength has been demonstrated in the writings of several authors citing the cases and models of Skandia Celemi, Intellect and Nonaka and Takeuchi (Ramírez, 2007). This methodological approaches used in Colombia so far, are mainly about System Dynamics (Herrera, Molano, & Sandoval, 2014).

Accordingly, this paper is developed in this methodological framework, relying on the assumptions already mentioned by authors like Leiblein [10] and in particular by the World Federation of engineering organizations [18], which express that in order to achieve relevance, and meet the demands of society as well as maintain a sustainable competitive advantage, organizations as universities require resources, capital and skills. The presented model shows the dynamics of the production of papers involving some of the capacities variables designed within the context of the intellectual capital.

This paper aims to answer the research question of: ¿How to model the dynamics between the investment of public resources and the building and strengthening of research capacities displayed in scientific production? The main contribution and relevance of this kind of research also relays on the fact that policymakers and stakeholders are demanding the construction of metrics that address research units as social and interacting systems (Göran & et al, 2015).

The methodology begins with a systematic mapping of the literature. Subsequently, it references two experiences of measurement of research capacities in Colombia. The University of Cauca was used as a statistical unit to conduct the modeling process. According to the System Dynamics methodology, the authors built a simulation model with statistical data

and computational techniques for the determination of parameters (Izquierdo, Galán, Santos, & Del Olmo, 2008). Later, the paper displays the results of the simulations; considering validation, it discusses about the dynamics of a system of research and the most relevant variables for the creation and strengthening of research capacities.

METHODS

The research is quantitative and descriptive. The design included: Finding the gaps in the available literature, defining a problem, establishing causal links to build a dynamic model, and proposing some possible scenarios and simulations.

The subject is a public university's research system. The data were historic values related to the scientific production and investments, collected in the reports made by the Presidency of the pilot university. The data analysis was made through statistical procedures, not requiring transformation.

Review of Experiences Related to Research Capabilities Indicators

There have been significant contributions to approach this kind of study. It is worth mentioning the main Guide for the measurement of quality, trends and research capacities (Council of Canadian Academies, 2012), The guide of evaluation of Social impact projects of R&D of the Valladolid University (Mendizabal, Gómez, & Moñux, 2003), and EUROSTAT: Statistics of R&D (EUROSTAT, 2016).

The Systematic Mapping (Petersen, Vakkalanka, & Kuzniazz, 2015) of the literature also provided a reference of the two main experiences approached in Colombia. The main reason to review them is that these universities used research capacity indicators and data that are very useful to the modeling and simulation process: It began in year 2009, at the Research unit of the National University of Colombia, the main reference used was the Intellectual Capital Model [28,29]. Subsequently, in year 2009 this University replicated the model in the University of Cauca. This was accomplished in three (3) projects of collaboration between the two public universities (Plazas Tenorio, 2010).

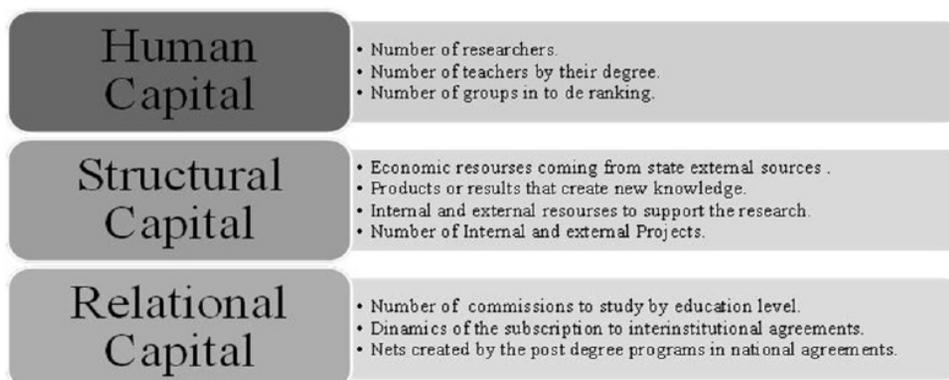
In addition to these models, there are significant contributions to the modeling and simulation of scientific capacities in Colombia, like the one provided by Ruiz, et al (Ruiz, Bonilla, Chavarro, Orozco, Zarama, & Polanco, 2010), which proposes a framework that recognizes the underlying relationships between scientific production variables and the efficiency by discipline, through the use of Bayesian Network (BN) analysis.

It is also of remarkable importance the contributions of Cortés (Cortés Sánchez, 2016) and the ones provided by Ahrweiler, Pyka and Gilbert (Ahrweiler, Pyka, & Nigel, 2004) about the Efficiency in the use of digital data bases for the scientific production in universities in Colombia and Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN), respectively.

Description of a University Research System

As it has been said, the assessment method proposed by the National University of Colombia, replicated to

Figure 1. Indicators for each intellectual capital.



other universities of the country, identifies research capacities using variables created within the framework of Intellectual Capital; one hand the human capital, relating to knowledge, skills, values and attitudes of people, the structural capital, related to formal and informal organizational structure, methods and procedures of work, specialized software, products of the R&D, management, and culture systems and relational capital variables, or those that have to do with the set of relations that the institution has with its environment (see Figure 1)

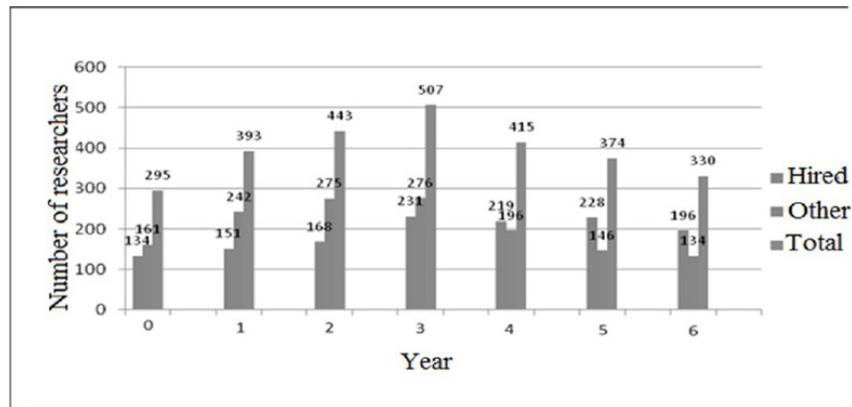
To establish an institutional capacity profile, the figures 2 to 5 show the performance in the time range of some relevant variables:

Description of the problem issued

Many countries have not been aware of the complexity required and the large amount of resources needed to manage a university research system. Nevertheless, understanding its dynamics has become a priority for stakeholders (WORLD, 2013).

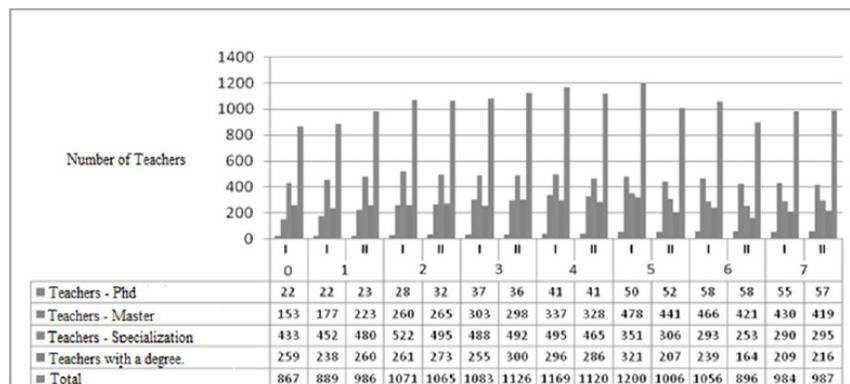
Regarding the scientific outputs, according to the Scimago ranking indicators (Scimago, 2015), Colombia, in certain time series, manages to keep in a good position among the Latin American countries, with the largest number of scientific publications after Brazil, Mexico, Chile and Argentina. Despite the consensus

Figure 2. Variable: Researchers.



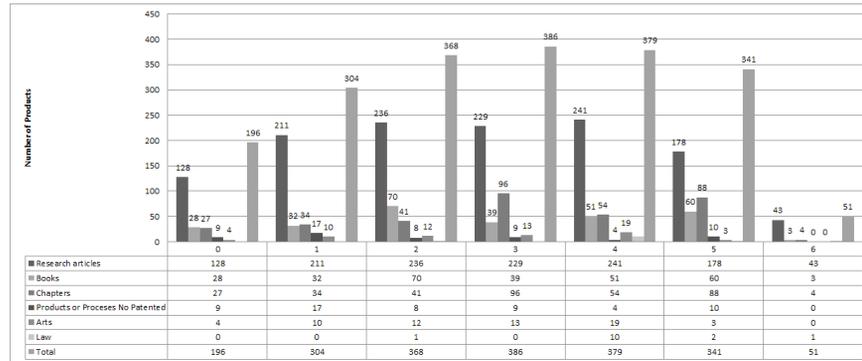
Source. Modified from (Plazas Tenorio, 2010)

Figure 3. Ranked Groups.



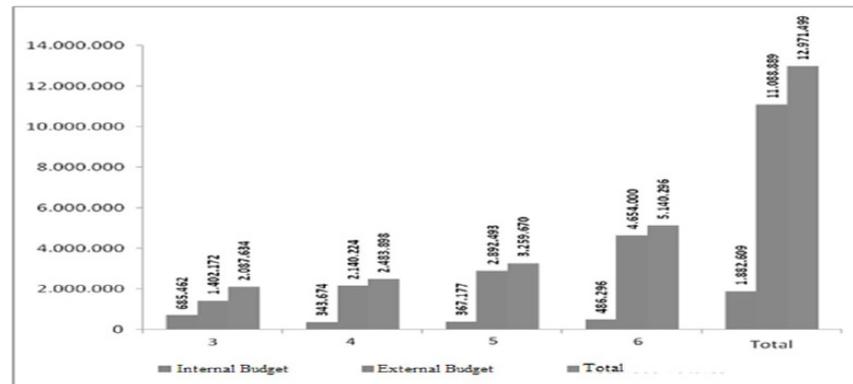
Source. Modified from (Plazas Tenorio, 2010)

Figure 4. Variable Products that generate new knowledge.



Source. Modified from (Plazas Tenorio, 2010)

Figure 5. Variable Distribution of investment in R&D.



Source. Modified from (Plazas Tenorio, 2010)

that in order to provide sustainable scientific outputs that keep or improve these rankings it is required to strengthen the role of universities (OCED, 2014), there are no national studies about the need of consolidation of research groups (UDEA, 2012).

Since this impacts the research capacities, it is reviewed that Colombia is investing only 0,16 percent of its budget in research. This is consistent with the decreasing budget of COLCIENCIAS, which spent 420.000 million pesos in 2012 and ended with 337.000 million pesos for 2015 and probably will spend 270.000 million pesos for year 2016 (Universidad Nacional de Colombia). This picture gives an account of how difficult it is to maintain the scientific production to competitive levels.

Problem Mapping

The problem map, based on the intellectual capital variables considered in Table 1 is illustrated in Figure 6.

Causal diagram of the model: Modeling of the generation of capacities

Figure 7 identifies the causal relationships among the intellectual capital variables considered; it is possible to observe a reinforcement loop for the investment in projects, with a limit in the number of research groups due to administrative decisions.

The research capacity composed by the number of projects per year and the annual investment also con-

Figure 6. Problem Mapping.

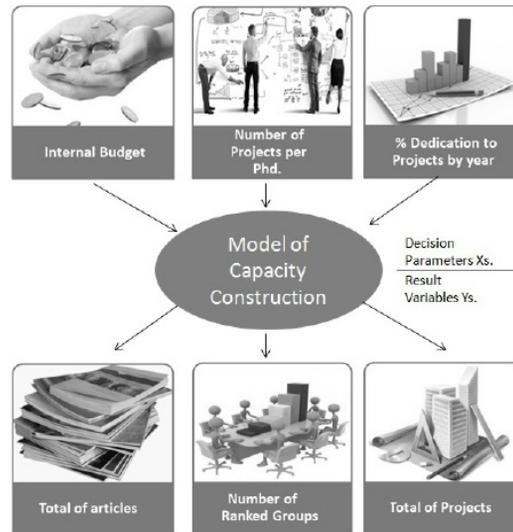
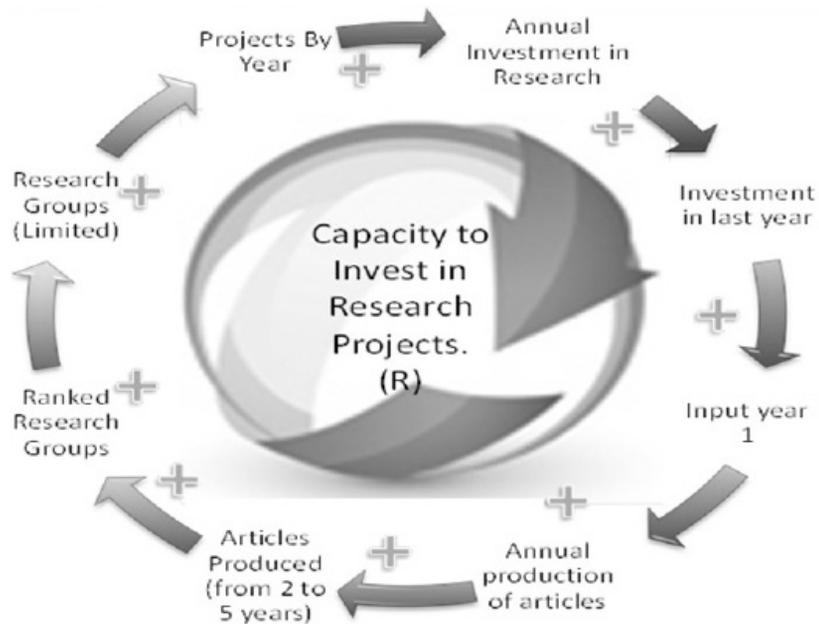


Figure 7. Reinforcement loop in a research capacity.



tains a reinforcement loop corresponding to the amount of the investment. It is to be expected to find cycles of compensation. However, given the relative maturity of the unit of analysis and the limited period of time, it was not possible to observe this phenomenon yet. Future research can show the occurrence of them.

Forrester Diagram

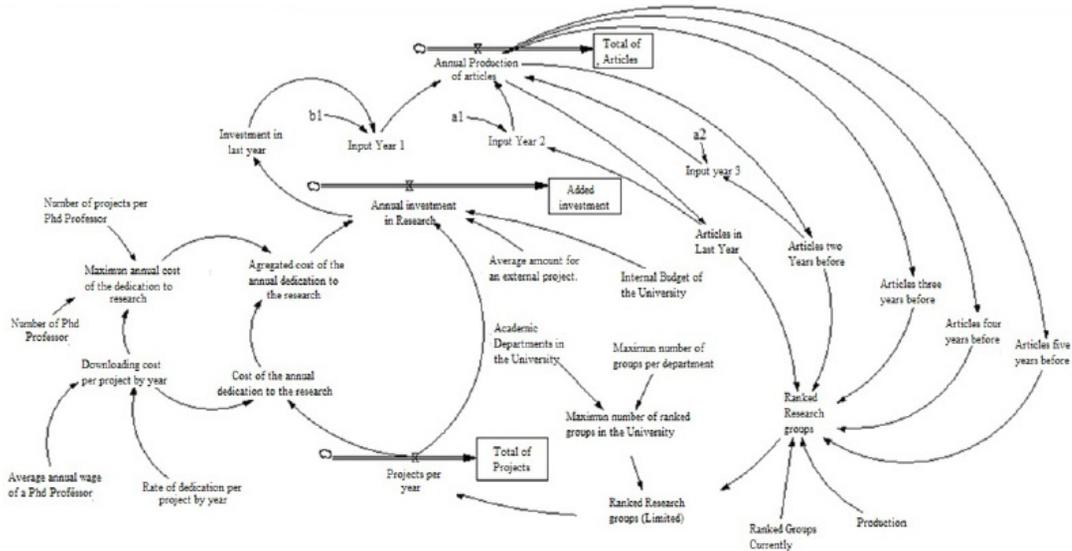
The Forrester diagram made is shown in figure 8.

Formal Definition of the Model

Stock Variables. They include the Total or cumulative number of research articles, the Accumulated investment or the aggregated value of annual investment in research projects and the stock of Total of projects.

Flow Variables. Expression 1 (E.1) shows the Annual production of articles. It adds the amount of articles published in the three preceding years.

Figure 8. Forrester Diagram



$$\begin{aligned}
 & \text{Input Year 1} + \text{Input year 2} \\
 & \quad + \text{Input Year 3} \quad (E.1)
 \end{aligned}$$

Expression 2 (E.2) shows the annual investment in research projects.

$$\begin{aligned}
 & \text{Average amount of an external project} \\
 & * \text{Projects per year} + \text{Internal budget} \\
 & + \text{Real cost } f \text{ annual dedication to research} \quad (E.2)
 \end{aligned}$$

Expression 3 (E.3) shows the projects per year:

$$1,2 * \text{Ranked research groups} \quad (E.3)$$

Auxiliary Variables

Average annual wage of a Phd Professor. Expression 4 (E.4) shows the Downloading cost per project by year:

$$\begin{aligned}
 & \text{Average annual salary of a Phd Professor} \\
 & * \text{Dedication Rate per year} \quad (E. 4)
 \end{aligned}$$

Maximum of research projects per Phd professor, corresponding to the value resulting of the internal policy of allocation of work to a teacher with a Phd degree, where there is a maximum number of research projects in which the teacher can participate

Number of Phd Professors working in research projects in one year

Maximum cost of annual dedication to the research, shown in Expression 5 (E.5), according to the number

of Phd professors, their rate of dedication to research and their average salary.

$$\begin{aligned}
 & \text{Downloading cost per project by year} \\
 & * \text{Maximun of research projects per Phd professors} \\
 & * \text{number of Phd Professors.} \quad (E.5)
 \end{aligned}$$

Expression 6 (E.6) Shows the cost of the annual dedication to research, which corresponds to an assumed value, based on the number of projects per year and the downloading cost.

$$\begin{aligned}
 & \text{Downloading cost per project by year} \\
 & * \text{Projects per year} \quad (E.6)
 \end{aligned}$$

Expression 7 (E.7) shows the Actual Cost of the annual dedication to the research: corresponds to the limit assumed by the funding system, taking in to a count the maximum cost and the cost of the annual dedication to the research.

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN (Cost of the annual dedication to the r} \\
 & \text{Dedication to the research} \quad (E.7)
 \end{aligned}$$

Average amount of an external project, which corresponds to the budget allocation to an external project.

Articles produced last year, two, three, four and five years before: These variables scientific articles during the last 5 years, taking into account that this is the time frame considered for the classification of the research groups conducted by Colciencias.

Ranked research groups: estimated value of the number of groups ranked by Colciencias.

Internal Budget: Represents the value of the internal investment by project.

Research groups ranked currently: Number of groups classified in the present year.

Production: Production of articles during the past five years.

Departments: Current number of academic units that manage a certain discipline.

Number of groups by Department.

Estimation of parameters

The parameters are: the rate of dedication of a teacher to a project per year and the denoted a_1 , a_2 and b_1 . Respectively corresponding to the Relationship between the number of products in a year and the immediately preceding year, the Relationship between the number of products in a given year and two years before and the Relationship between the products in a given year and the investment in the previous year.

Parameters a_1 , a_2 and b_1 were estimated based on two series of time. The first, denoted $x(k)$, represents a total investment in year k . The second, denoted $y(k)$, represents the total number of scientific articles generated by the research system in year k . For the study it was considered an auto regressive model with external input presented in equation 1 (Eq.1).

$$\hat{y}(k) = a_1y(k - 1) + a_2y(k - 2) + b_1x(k - 1) \quad (\text{Eq.1})$$

In this paper the variable $\hat{y}(k)$ will represent the number of predicted research products. In order to determine the parameters of the model, the **minimum square** adjustment method was used. This is a method designed to find the parameters that minimize the squares of the differences between the number products of the time series $y(k)$ and the number of predicted products by the model. This principle can be mathematically expressed by the following equation (Ec.2):

$$J = \sum_{k=1}^N [y(k) - \hat{y}(k)]^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

When deriving index J with respect to the parameters (a_1 , a_2 y b_1) and equal to zero, there is obtained a linear system with 3 equations and 3 unknown variables from which the parameters can be determined. The values for the parameters a_1 , a_2 and b_1 are 0.9335, -0.1712 and 0.009101.

RESULTS

The most relevant results by running the model are shown in table 1. The behavior of the variables is very similar to reality, which allows validating the proposed model.

Scenarios for the building or strengthening of research capabilities

In order to observe sensitivity on the main variables, four scenarios were proposed:

Scenario 1: "Base Line" Current status. Internal resources: \$300,000,000. Rate of dedication to research per project: 0,25%. Research Projects per Phd professor: 1.

Scenario 2: "Commitment to dedication of Phd professors to research" Rate of dedication of a Phd professor to research increases to 50%. Internal resources and research projects held by a Phd professor remain constant.

Scenario 3: "Commitment to projects". Projects per Phd professor increased to 2. Internal resources and the rate of dedications per project by year remain constant.

Scenario 4: "Increase in investments for research". Internal investment increased in 50%. The dedication rate per project by year and research per Phd professor remain constant.

Scenarios Evaluation. In order to evaluate the proposed changes, and observe the sensitivity of variables when attempting to improve a capacity, in table 2 the simulations of the four scenarios are presented.

Figure 9 illustrates the behavior of the variable annual production of articles and Figure 10 corresponds to the ranked research groups simulations. For the annual production of articles, this research capacity indicator

Table 1. Results of the proposed model.

Year	Number of articles	Number of groups	Number of projects
0	85	67	114
1	115	45	77
2	114	61	103
3	126	60	103
4	132	67	114
5	141	70	119

Table 2. Results obtained for the scenarios

Scenario	Annual Production of Articles	Project by year	Ranked Research Groups
1	141	119	70
2	186	153	90
3	181	148	87
4	145	123	72

shows an improvement over the base line for the 3 remaining scenarios.

The option of greater effectiveness for the strengthening of this capacity is to increase dedication of the Phd professors to research.

Figure 10 shows that the number of ranked groups improves at the second year, being also more effective to increase the dedication of Phd professors to research.

Figure 11 shows the behavior of the variable projects per year in four stages. It is evident a growth of this variable mainly after the second year. The best scenario for strengthening the capacity is scenario two.

Figure 9. Simulations of the variable annual production of articles

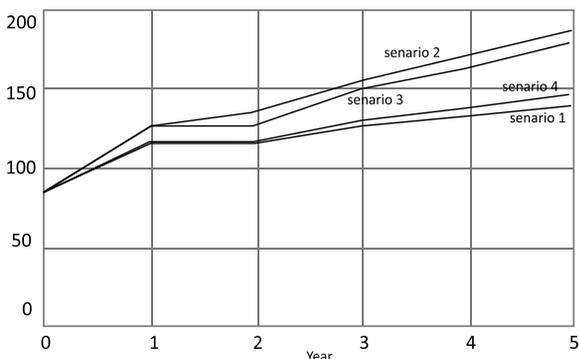


Figure 10. Simulations. Variable: ranked groups.

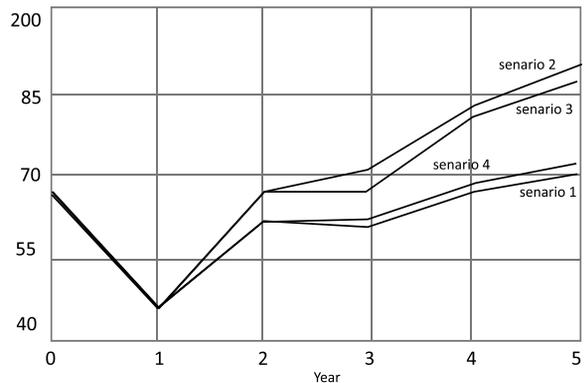
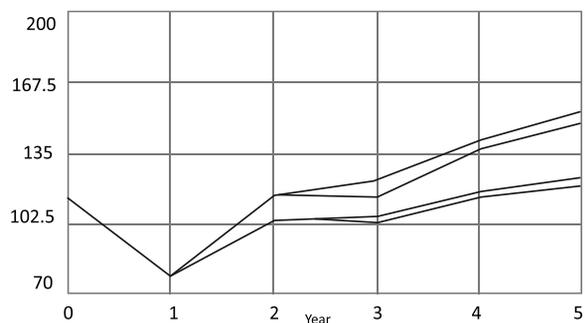


Figure 11. Simulation. Variable projects per year



The most representative performance variable is the annual production of articles; with a sustained growth since the fifth year, from which it begins to stabilize.

After analyzing the simulations and evaluate policies considered in each scenario, it is relevant to support the alternative of stage two, i.e., that situation where the University decides to increase the rate of dedication of In addition to these models, there are significant contributions to the modeling and simulation of scientific capacities in Colombia, like the one provided by Ruiz, et al (Ruiz, Bonilla, Chavarro, Orozco, Zarama, & Polanco, 2010), which proposes a framework that recognizes the underlying relationships between scientific production variables and the efficiency by discipline, through the use of Bayesian Network (BN) analysis.

It is also of remarkable importance the contributions of Cortés (Cortés Sánchez, 2016) and the ones provided by Ahrweiler, Pyka and Gilbert (Ahrweiler, Pyka, & Nigel, 2004) about the Efficiency in the use of digital data bases for the scientific production in universities in Colombia and Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN), respectively. The Phd professors to research by 25%. In this scenario, the

behavior of the production of scientific articles is encouraging, and the dynamics of growth of the ranked groups and projects is representative.

DISCUSSION

With the use of system dynamics it was achieved a conceptual integration which led to mathematical language expressions. In the simulations, the relations quantitatively explained certain dynamics that determine the behavior and the operation of a research system, showing some of the mechanisms that stimulate or inhibit capacity building.

Accordingly, in order to set a limit of scope, the modeling aimed to look for a first approximation, simple and manageable. In these terms, the main achievement has been the facilitation of the understanding of some mechanisms of operation and the presentation of predictions for variables of interest. However, this should be considered only as a first step in this task, being completely conscious that in order to fit the model to reality, it should deepen in the study of the variables in subsystems, which might lead to the development of better fitted equations.

It is important to clarify that the modeling achieved so far takes into a count the number of ranked groups, but not the ranking of the groups. If it was desired to model the dynamics taking into a count the groups ranking, it would represent additional challenges that rest on the mechanism used in Colombia for the measurement and evaluation of the research results (COLCIENCIAS, 2015); the rankings obtained by the groups depend on performance variables according to the national quartile to which the score corresponds. This fact would make it particularly difficult to associate the behavior of indicators with the dynamics of the system, and in fact, it is not possible to directly correlate the results of these variables to changes associated with institutional dynamics. Consequently, the dynamics of the ranking of the groups must be considered as an exogenous variable.

It is then discussed by the authors, whether future research will require alternate mechanisms such as those developed by the Agent Simulation Models, which has been used as a better alternative for adaptive systems (Ling Loo, Y.C. Tang, & Ahmad, 2015). For now, it is clear that the present research is the

first approach to the pilot University research system modeling, and that future efforts are required to determine the effects of changes in the policies considered, including scenarios about the dynamics of other research products.

CONCLUSIONS

The present research modeled a system of research at a public University, simulating it for 5 years, to observe the creation or strengthening of research capacities in relation to investments in internal resources, the number of projects held by Phd professors and the rate of dedication to the projects per year; with the scientific production represented in articles, as well as the ranked groups and the number of Projects.

The simulations for four (4) scenarios showed that there are critical variables that affect notoriously the development or inhibition of research capacities. For example, in the scientific production, there is a direct effect caused by the investment on internal and external resources, as well as the change of the policy for time allocation of Phd professors. Some variables act as catalysts or inhibitors of the development of capacities. For example, the simulation showed that in the production of research articles, the best decision in terms of strengthening is increasing the dedication of Phd professors to research (See figure 9: Simulations of the variable annual production of articles). The simulations showed that when increasing the rate of dedication of a Phd professor to research in to a 50%, maintaining the Internal resources and research projects held by a Phd professor constant, the results of the production of papers improve considerably.

Similarly, in the case of the development of capacities in ranked research groups and projects, capacity can be strengthened by changing policies to increase (50%) the dedication of Phd professors to research.

The establishment of parameters through regression techniques allowed modeling the dynamics of the variables, based on historical data. This is an interesting contribution in terms of the accuracy of the simulations that later have to be used to propose and public policy changes.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors⁵ wish to express their gratitude to: University of Cauca, University of Valle, and the INNOVACIÓN Project.

REFERENCES

- [1] BELLIS, N.D. *Bibliometrics and Citation Analysis From the Science Citation Index to Cybermetrics*. 1 ed. Lanham, Maryland (Canada): The Scarecrow Press, Inc, 2009, p. 451.
- [2] GARFIELD, E. *The Agony and the Ecstasy—The History and Meaning of the Journal Impact Factor*. Philadelphia (USA): Thompson Reuters, 2005, p. 1-22.
- [3] SCIMAGO JOURNAL AND COUNTRY RANK. *SCImago Journal and Country Rank, SCImago* [online]. 2016. Available: <http://www.scimagojr.com/>. [Último acceso: 13 Abril 2016].
- [4] HIRSCH, J. An index to quantify an individual's scientific research output. *H Index*. *PNAS*, 102(46), 2005, p. 1-14.
- [5] CERTIFIED WIRELESS TECHNOLOGY SPECIALISTS (CWTS). *Journal Indicators*, 25 01 2016 [online]. 2016. Available: <http://www.journalindicators.com/>. [Último acceso: 25 01 2016].
- [6] ALTMETRIC. *Altametric* [online]. 2014. Available: <https://www.altmetric.com/>. [Último acceso: 13 Abril 2016].
- [7] EGGHE, L. Theory and practice of the G index. *Scientometrics*, 69(1), 2006.
- [8] DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (DFID). *Working Paper Series: Capacity Building in Research* [online]. 2010. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08b8ee5274a31e000c0a/ResearchStrategyWorkingPaperfinal_capacity_P1.pdf. [cited at the 01 of February of 2016].
- [9] ESSENCE. *Seven Principles for Strengthening Research Capacity In Low- And Middle-Income Countries*. 1st ed. London (UK): ESSENCE, 2014, 36 p.
- [10] LEIBLEIN, M. What do Resource and Capability Based Theories Propose. *Journal of Management*, 37(4), 2012, p. 909-932.
- [11] OSA, G.I. Capacity Building. A Tool for Increase Productivity In Nigeria Public Sector Organizations. *Global Journal of Human Resource Management*, 2(3), 2014, p. 45-58.
- [12] VAN, D.R. Capacity Development in Higher Education Institutions in developing countries [online]. 2010. Available at: <https://www.msm.nl/resources/uploads/2014/02/MSM-WP2013-30.pdf>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [13] PROTOGEROU, A., CALOGHIROU, Y. and SPYROS, L. Dynamic Capabilities and Their Indirect Impact on Firm Performance [online]. 2012. Available at: <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/serien/lm/DRUIDwp/08-11.pdf>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [14] DAVIS, M., BEVC, C. and SCHENCK, A. Effects of Performance Improvement Programs on Preparedness Capacities. *Public Health Reports*, 129(1), 2014, p. 19-27.
- [15] TIPPER, A. and WARMKE, N. Adjusting productivity statistics for variable capacity utilization: Working harder or hardly working?: *Statistics*, New Zealand Working Papers [online]. 2010. Available at: [file:///C:/Users/STJKV4PW1/Downloads/Adjust-productivity-statistics-working%20paper%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/STJKV4PW1/Downloads/Adjust-productivity-statistics-working%20paper%20(5).pdf). [cited at the 01 of February of 2016].
- [16] MOED, H. and GALLI, H. Research assessment: Review of methodologies and approaches. *Research Trends*, 36(1), 2014, p. 3-6.
- [17] CRESPI, G., MAFFIOLLI, A., PIERRE, M. and VASQUEZ, G. *Evaluating the Impact of Science, Technology and Innovation Programs: a Methodological Toolkit*. 1st ed. New York (USA): Interamerican Developing Bank, 2011, 92 p.
- [18] RUIZ, C., BONILLA, D., CHAVARRO, L., OROZCO, A., ZARAMA, R. and POLANCO, X. Efficiency measurement of research groups using Data Envelopment Analysis and Bayesian networks. *Scientometrics*, 83(1), 2010, p. 711-721.
- [19] ADHIKARI, R. and AGRAWAL, R. *An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting* [online]. 2017. Available at: https://gejza.nipax.cz/_media/stochasticke_procesy:1302.6613.pdf. [cited at the 01 of February of 2016].
- [20] RAMÍREZ, D. Capital intelectual. Algunas Reflexiones sobre su importancia en las Organizaciones. *Pensamiento y Gestión*, 23(1), 2007, p. 130-152.
- [21] HERRERA, M., MOLANO, J. y SANDOVAL, H. *Diseño de Estrategias y Políticas de Investigación en la Educación bajo dinámica de Sistemas*. *Inventium*, 17(1), 2014, p. 23-41.

5 Disclaimer of authorship. The layout of the methodology, results, discussion and conclusions of this document are of total responsibility of the authors and do not compromise the criteria of universities, groups and participants.

- [22] GORAN, M. *et al.* Towards a future proof system for higher education and research in Finland, Ministry of Education and Culture. 1st ed. Helsinki (Finland): Department for Higher Education and Science Policy, 2015, 190 p.
- [23] IZQUIERDO, L. *et al.* Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 16(1), 2008, p. 85-112.
- [24] COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES. Informing Research Choices: Indicators and Judgment. The Expert Panel on Science Performance and Research Funding. 1st ed. Ottawa (USA): Council of Canadian Academies, 2012, 162 p.
- [25] MENDIZABAL, G., GÓMEZ, F. y MOÑUX, D. Desarrollo de una guía de evaluación de Impacto Social para Proyectos de I+D+I. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 5(1), 2003, p. 64-72.
- [26] EUROSTAT. Your Key to European Statistics [online]. 2016. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [27] PETERSEN, K., VAKKALANKA, S. and KUZNIAZZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64(1), 2015, p. 1-18.
- [28] GONZALES, J. y RODRIGUEZ, M. Modelos de Capital Intelectual y sus indicadores en la universidad pública. *Cuadernos de Administración Universidad del Valle*, 26(43), 2010, p.100-113.
- [29] COLOMBIA. VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008 : Una aproximación desde el capital intelectual. 1st ed. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2009, 368 p.
- [30] PLAZAS, A. Capacidades de investigación de la Universidad del Cauca desde la perspectiva de la gestión del conocimiento. 1st ed. Popayá (Colombia): Boletín VRI Universidad del Cauca, Vicerrectoría de Investigaciones, 2012, 28 p.
- [31] CORTES, J. Eficiencia en el Uso de Bases de Datos Digitales para la Producción Científica en Universidades de Colombia. *Revista Española de Documentación Científica*, 39(2), 2016, p. 1-15.
- [32] AHRWEILER, P., PYKA, A. and NIGEL, G. Simulating knowledge dynamics in Innovation Networks (SKIN): *Institut Fur Volkswirtschaftslehre*, 267(1), 2004, p. 1-10.
- [33] U. WORLD. The role of research universities in developing countries [online]. Available at: <http://www.universityworldnews.com/article.php?story=20130811091502202>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [34] Scimago. SIR Iber Colombia 2015 [online]. 2015. Available at: http://www.scimagoir.com/pdf/iber_new/SIR%20Iber%20COL%202015%20HE.pdf. [cited at the 01 of February of 2016].
- [35] OCED. OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014. 1st ed. Paris (France): OCED Publications, 2014, 244 p.
- [36] COLOMBIA. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Investigación científica en retazos [online]. 2012. Available at: <http://noticias.universia.net.co/ciencia-nn-tt/noticia/2012/11/08/980707/problemas-atravesa-investigacion-cientifica-colombia.html>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [37] COLOMBIA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Recorte en Presupuesto de Colciencias Afecta la Generación de Conocimiento [online]. 2016. Available at: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/recorte-en-presupuesto-de-colciencias-afecta-la-generacion-de-conocimiento.html>. [cited at the 01 of February of 2016].
- [38] COLOMBIA. COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y de Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Año 2015. 1st ed. Santafé de Bogotá (Colombia): COLCIENCIAS, 2015, 200 p.
- [39] LING, Y., TANG, A. and AHMAD, A. The Gap of Current Agent Based Simulation Modeling Practices and Feasibility of a Generic Agent Based Simulation Model. *International Journal of Advanced Computer Research*, 5(19), 2015, p. 115-123.

Artículos de Revisión

ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS

CURRENT STATUS OF THE USE OF EDIBLE COATINGS IN FRUIT AND VEGETABLES

STATUS ATUAL DO USO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM FRUTAS E LEGUMES

NATALIA MARCELA FERNÁNDEZ¹, DIANA CAROLINA ECHEVERRÍA²,
SILVIO ANDRÉS MOSQUERA³, SANDRA PATRICIA PAZ⁴

RESUMEN

El incremento sustancial en las pérdidas de productos vegetales a causa las inadecuadas prácticas en el momento de la cosecha, y las derivadas del acondicionamiento y tratamientos posteriores que inciden de manera significativa sobre las características de calidad, afectando además la rentabilidad de un sector que es llamado a fortalecer la alimentación de la humanidad, han suscitado gran inquietud entre los miembros de la cadena de abastecimiento para definir estrategias orientadas a minimizar los impactos y fortalecer la competitividad en los mercados cada vez más exigentes. Los investigadores se han preocupado por el desarrollo de técnicas amigables con el medio ambiente que permitan el uso de materiales naturales como polisacáridos, proteínas, lípidos y la mezcla de éstos compuestos, y ser aplicados como recubrimientos comestibles sobre frutas y hortalizas que permitan controlar el crecimiento de organismos patógenos y la acción deteriorativa de los agentes externos que ocasionan defectos en la ma-

Recibido para evaluación: 17 de julio de 2016. **Aprobado para publicación:** 25 de Marzo de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo CYTBIA. Ingeniera Agroindustrial. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo CYTBIA. Ingeniera Agroindustrial. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo CYTBIA. Ingeniero Industrial de alimentos, Especialista en Gerencia de Producción, Magister en Ingeniería. Popayán, Colombia.
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo CYTBIA. Ingeniera Agroindustrial. Popayán, Colombia.

Correspondencia: smosquera@unicauca.edu.co

duración, para prolongar la vida útil al reducir la transferencia de gases y vapor de agua y ofertar productos de apariencia fresca, elevada calidad nutricional y libres de patógenos.

ABSTRACT

The substantial increase in vegetable product losses are due to improper practices at the time of harvest and those derived from the conditioning and subsequent treatments that impact significantly on its quality characteristics. These also affect the profitability of a sector that is called to strengthen the feeding of humanity, arousing great concern among supply chains, to define strategies to minimize impacts and strengthen competitiveness in increasingly demanding markets. Researchers have been concerned about the development of friendly environmental techniques that allow the use of natural materials such as polysaccharides, proteins, lipids and the mixture of these compounds. These are applied as edible coatings on fruits and vegetables. This process controls the growth of pathogenic organisms and deteriorative action of external agents. These agents cause defects in ripening. The goal is to prolong their lifespan by reducing the transfer of gases and water vapor and offer fresh looking products, with high nutritional quality, free of pathogens.

RESUMO

O aumento substancial nas perdas de produtos vegetais porque as práticas impróprias no momento da colheita, e aqueles derivados do condicionado e tratamentos subsequentes impacto significativo sobre as características de qualidade, afetando também a rentabilidade de um setor que é chamado para fortalecer o poder da humanidade, eles levantaram sérias preocupações entre os membros da cadeia de abastecimento para definir estratégias para minimizar os impactos e fortalecer a competitividade em mercados cada vez mais exigentes. Os investigadores estão preocupados com o desenvolvimento de técnicas amigáveis com o ambiente que permitam o uso de materiais naturais, tais como polissacáridos, proteínas, lípidos e misturas destes compostos, e aplicada como revestimentos comestíveis em frutas e vegetais que irão controlar o crescimento os organismos patogênicos e ação deteriorativa de agentes externos que causam defeitos na maturação, para prolongar a vida, reduzindo a transferência de gases e vapor de água e oferecer produtos que procuram alta qualidade, fresca, nutricional e livre de patógenos.

INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos comestibles son definidos como una fina capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos [1] al reducir procesos metabólicos, facilitar la distribución y la comercialización de los productos alimenticios [2], retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora para reducir respiración, retardando el proceso de senescencia y preservando la calidad [3], con el objeto de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno,

PALABRAS CLAVE:

Poscosecha, Maduración, Recubrimiento comestible.

KEYWORDS:

Postharvest, Ripening, Edible coating.

PALAVRAS-CHAVE:

Pós-colheita, Maturação, Revestimento comestível.

dióxido de carbono y aromas, entre otros, pues promueven barreras semipermeables, además de transportar ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento [1].

La composición de los recubrimientos comestibles es muy variada: los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de recubrimientos ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales, pero presentan una pobre capacidad de barrera frente a la humedad [4], lo que implica una disminución de tasa de respiración en frutas y hortalizas [3], situación que no ocurre con los lípidos debido a sus propiedades hidrofóbicas, especialmente en los que poseen puntos de fusión altos, sin embargo, presentan deficientes propiedades mecánicas que deben contrarrestarse con el uso de aditivos [4]. Entre las ventajas que ofrecen los recubrimientos comestibles esta las propiedades antimicrobianas, permeabilidad selectiva a gases (CO_2 y O_2), mejor apariencia, buenas propiedades mecánicas, biodegradabilidad [5], no son tóxicos, son amigables con el ambiente y de bajo costo [6], se pueden elaborar en combinación de tal forma que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales del recubrimiento [7].

La finalidad de esta revisión es conocer sobre las bondades de los recubrimientos comestibles, su proceso de aplicación, los mecanismos de acción en los productos hortofrutícolas y las tendencias en el campo de la ingeniería.

FUENTES DE OBTENCIÓN

Un recubrimiento comestible se define como el revestimiento de un producto vegetal con una o varias capas finas de material natural y comestible elaborados con biopolímeros naturales de alto peso molecular [8], mientras que la película comestible es también una capa (o varias) fina de material polimérico comestible pero que es primero preformada y después colocada sobre el alimento o entre componentes del mismo [9], por lo que los recubrimientos comestibles son aplicados en forma líquida por inmersión o pulverización formándose la película sobre el alimento [10]. Hoy en día los recubrimientos comestibles son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente ya que reduce la utilización del envasado tradicional como

films plásticos, además son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, que pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las industrias agroindustriales [11], además de ser envases activos cuando se incorporan en su matriz polimérica aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes [12].

El uso de recubrimientos comestibles se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a sus ventajas ambientales favorables frente a los recubrimientos sintéticos [13]. Las proteínas y los polisacáridos son los más utilizados para su elaboración, siendo los más usados la gelatina que es obtenida por proceso físico, químico o bioquímico de desnaturalización e hidrólisis de colágeno, ampliamente usada debido a su baja gelificación y punto de fusión [14]. La gelatina de pescado ha sido estudiada recientemente, pero tiene algunas limitaciones por la baja resistencia y alta solubilidad en el agua. Otras fuentes son la proteína de soya, las proteínas de suero lácteo que representan el 20% del total de las proteínas en la leche y son comercialmente conocidas como concentrados de proteína de suero lácteo (CPS) por su contenido en proteínas entre 25 y 80% [15]. Dentro de la composición del suero, se pueden encontrar compuestos como agua, lactosa, proteínas con alto valor nutricional, vitaminas hidrosolubles y minerales como sodio, potasio, magnesio, cloruro y fosfato [16].

También se encuentra la zeína de maíz y gluten de trigo [17], colágeno, caseína, proteína de suero, proteína miofibrilar, proteína de la quinua y la queratina [18]. Los recubrimientos comestibles elaborados a partir de polisacáridos son hidrofílicos y permiten la formación de enlaces con hidrógeno [19], que se pueden utilizar para la unión con aditivos. Debido a sus propiedades químicas, estos recubrimientos constituyen una barrera muy eficiente contra el oxígeno, pero deficiente contra la humedad [20], entre ellos, el almidón de yuca que ha tenido gran acogida debido a que presenta buen aspecto, no es adherente, es un recurso de alta disponibilidad en diversas partes del mundo, es brillante y transparente, mejora el aspecto visual de la fruta y puede ser removido con agua, lo que representa una alternativa potencial para ser utilizado en la conservación de frutas y hortalizas, además de ser la base para la obtención de empaques naturales debido a su capacidad de gelificar, moldear y formar recubrimientos [4]. Otros polisacáridos encontrados son la pectina y los derivados de celulosa, los cuales pueden actuar como plastificante natural [21] como por

ejemplo la pectina y el quitosano que es un polímero natural derivado de la desacetilación de la quitina con propiedades tales como biocompatibilidad, biodegradabilidad y formación de filmes, de gran aplicación en el campo de la industria alimentaria [22], por su actividad antifúngica [23], alginato, carragenina, el pululano y la goma de gellan [18].

En cuanto a las sustancias hidrofóbicas, las fuentes lipídicas más usadas se encuentran las ceras animales y vegetales, los aceites esenciales que son considerados una alternativa a los fungicidas químicos para controlar cierto tipo de hongos [24], también están los ácidos grasos, especialmente aquellos que poseen puntos de fusión altos tales como la cera de abejas y cera de carnauba [18], sin embargo, no tienen buenas propiedades mecánicas, las cuales deben contrarrestarse con uso de aditivos en formulaciones en las que se incluye un material hidrocoloide y aditivos como plastificantes, emulsificantes y tensoactivos, dando lugar a recubrimientos compuestos [4]. En los recubrimientos mixtos o compuestos también son utilizados los plastificantes (es decir, glicerol, sorbitol, los monoglicéridos, glicol de polietileno, glucosa) que se utilizan a menudo para aumentar la flexibilidad y elasticidad del recubrimiento [18], presentando ventajas al permitir complementar las deficiencias que se pueden presentar utilizando un sólo recubrimiento, de tal manera que puede reducir la pérdida de peso y conserva las propiedades fisicoquímicas [25].

Se ha comprobado el efecto de los recubrimientos comestibles en guayabas recubiertas con sábila [26] con pérdida de 15,34% frente a 18,65% de la muestra testigo después de 14 días de evaluación, en aguacate recubiertos con 2% de almidón de yuca almacenadas a temperatura ambiental ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) durante 6 días de almacenamiento, donde se observó que al sexto día hubo una pérdida de peso de alrededor de 10,1%, menor que el control (13,36%) [27]. Por su parte, Perdomo e Insuasti [28] encontraron que en fresas recubiertas con propóleo y proteína de soya coadyuvó a una menor tasa de respiración y mantener la coloración roja en los frutos recubiertos durante el periodo de evaluación y conservar el color de una forma eficaz. Se comprobó el efecto del aloe vera, extracto etanólico de propóleo y aceite esencial de naranja sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*) donde se encontró mayor eficacia en la tasa de respiración durante los días de evaluación respecto al tratamiento testigo, pero el recubrimiento más eficiente resultó ser el aceite esencial de naranja, ya que presentó mejores resultados

en pérdida de peso, firmeza, acidez titulable y tasa de respiración. También, se ha probado el efecto del recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre la conservación del pimentón (*Capsicum annum*) donde se observó que la aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca modificado y aceite esencial de tomillo, presentó cambios significativos en las propiedades de barrera de las muestras, las cuales mostraron menores pérdidas de peso, además de un retraso en la pérdida de firmeza y disminución del deterioro en comparación a los frutos sin recubrir [29].

FORMA DE PREPARACIÓN

Recubrimientos elaborados a partir de almidón de yuca han sido aplicados en frutos como el pimiento [29], Tomate de árbol [4], Mango [30], Piña [25], y Plátano hartón [31] y elaborados así: se hace la dilución del almidón de yuca en agua, mezcla que se lleva a 70°C bajo agitación constante (1200 rpm) hasta alcanzar la gelificación o coagulación térmica (mecanismo de elaboración de la matriz hidrocoloide del recubrimiento), luego se adicionan los aceites y se continua la agitación por 15 minutos más, tiempo en el cual se consigue una mezcla homogénea y estable, resultado de la interacción generada entre los componentes no polares que conforman los diferentes tratamientos, la acción emulsificante del tween 80 que actúa reduciendo la tensión superficial entre compuestos insolubles y la fuerza mecánica de la agitación que juega un vital en la emulsificación de las soluciones formadores de recubrimientos [4]. Esta metodología puede variar si se utilizan otros almidones, por ejemplo el almidón de avena y plátano que se prepara a 95°C por 10 minutos y 250 rpm, luego se disminuye la temperatura a 60°C para agregar aditivos como betalaínas y se continua la agitación por 15 minutos más a 250 rpm [32].

El Quitosano ha sido aplicado en zanahorias [33], Mango [34], Chirimoya [35], Níspero [36] y kiwi rojo [37] y se obtiene disolviendo 10,0 g kg^{-1} de quitosano en solución de ácido acético (pH 2,0 a 2,3) en virtud de una agitación continua en una placa magnética 2 días a 40°C . Después de la mezcla, la solución formadora de recubrimiento se desgasifica al vacío y se filtra para eliminar las partículas no disueltas. Otra metodología indica que la solución se prepara disolviendo Quitosano (1,5:1,5 g) en agua destilada (80 mL), con un contenido de ácido láctico (0,7 mL), con agitación usando

un agitador magnético, se incubaba toda la noche a 22°C, se ajusta pH a 5,5, se adiciona glicerol (25% p/p de quitosano) y la solución es agitada a temperatura ambiente por 30 minutos [34].

El aloe vera se ha aplicado a frutos como el Kiwi [38], Frambuesa [39] Fresa [40], luego de diluir 200 mL de gel Aloe vera comestible en 4 L de agua destilada. La matriz de Aloe Vera se separa de la corteza exterior, la parte incolora y uniforme se mezcla en una licuadora y se filtra para eliminar las fibras, los frutos se sumergen a 20°C durante 5 minutos en Aloe Vera diluido en agua destilada [40].

Se encuentran recubrimientos con mezclas de varios componentes como es el caso de almidón de maíz con quitosano y aceite esencial de girasol para recubrimientos en cítricos en la cual la preparación de las soluciones formadoras de películas se realiza por etapas donde primero se hace una solución de almidón con glicerol, luego una solución de quitosano con ácido acético, después una solución mezcla a partir de las formulaciones anteriores de almidón gelatinizado con agregado de glicerol y quitosano a 12.500 rpm durante 3 minutos, y por último una solución mezcla con incorporación de una fase lipídica mediante la adición de aceite de girasol y Tween 80, la dispersión se realizó a 12.500 rpm [41].

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

La aplicación de recubrimientos tanto en frutas como hortalizas ha ido evolucionando con el paso del tiempo y en la actualidad se puede encontrar una gran variedad de métodos para su aplicación. Los aspectos que hay que tener en cuenta en el momento de la aplicación de los recubrimientos son, rápido secado, no producir espuma y ser de fácil remoción: posterior a la aplicación, éste no se debe acidificar, coagular, desarrollar sabores desagradables, agrietarse, decolorarse o caerse durante la manipulación, no debe reaccionar de manera adversa con los alimentos ni poner en riesgo la calidad sensorial del producto, pero debe restringir el paso de gases como oxígeno y dióxido de carbono durante el almacenamiento de los productos [20]. Uno de los métodos más utilizados es el de inmersión debido a que da como resultado un recubrimiento uniforme, para lo cual la fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación del recubrimiento, se deja drenar el material sobrante y se procede a secar, este método es muy aplicado en recubrimientos comestibles con cera en

frutas enteras, garantizando un impregnado completo para formar una película membranosas delgada sobre la superficie de la fruta u hortaliza [42]. La aplicación de un recubrimiento comestible en melones se hace sumergiendo las secciones cortadas en la solución obtenida por un periodo de 5 minutos y luego se envasan en recipientes plásticos [43]. Para el tomate de manera manual se deben lavar, secar y seleccionar los productos para luego aplicar sobre la superficie con la ayuda de una brocha, formando una delgada capa desde el hemisferio del tomate donde se encuentra el pedúnculo hasta recubrir la parte apical [44]. En frutas con superficies lisas y uniformes, el método más utilizado es el de aspersion ya que se obtienen capas de recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión, al presurizar la solución mediante la regulación de la presión y conseguir diferentes tamaños de gota que salen por aspersores [43].

TENDENCIAS

En la actualidad, las líneas principales de investigación van dirigidas a la formación de las matrices poliméricas e incorporación de nutrientes o ingredientes bioactivos mediante el empleo de nanotecnologías como la microencapsulación y la formación de nanopelículas mediante el sistema de multicapas. La microencapsulación de compuestos bioactivos (enzimas, probióticos, prebióticos, ácidos grasos omega 3) favorece su protección frente a situaciones extremas (calor, humedad) que comprometen su estabilidad y facilita su liberación controlada [12].

Por otra parte, el transporte de compuestos bioactivos es importante debido a que los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos [45], razón por la que se ha prestado una mayor atención a la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos [46].

De igual forma cabe resaltar el sistema de multicapas el cual consiste en la inmersión del producto en dos o más soluciones formadoras de películas que contienen especies cargadas de signos opuestos [9]. Por ejemplo, una combinación de capas sucesivas de quitosa-

no, poli-L-lisina, alginato, pectina, con la incorporación de ingredientes naturales antimicrobianos y antioxidantes, sería un ejemplo de recubrimientos multicapa “capa a capa” [12]. En conclusión, los recubrimientos comestibles son estructuras capaces de transportar sustancias que traen beneficios no sólo para el alimento, sino que también pueden generar bienestar mediante la encapsulación de compuestos bioactivos [47], lo cual ofrece la posibilidad de desarrollar productos nuevos e innovadores con efecto nutracéutico o funcional [48]. Es indispensable reconocer que los recubrimientos comestibles deben ser evaluados con respecto a su estabilidad microbiológica, adhesión, cohesión, humectabilidad, solubilidad, transparencia, propiedades mecánicas, sensoriales y de permeabilidad tanto al vapor de agua como a los gases [49], ya que de éstas se pueden predecir y optimizar su composición y comportamiento [46]. En la actualidad los estudios siguen encaminados hacia la caracterización de nuevos recubrimientos basados en hidrocoloides de fuentes no convencionales y hacia la determinación de la capacidad que estas poseen para liberar compuestos con funciones preestablecidas [50].

CONCLUSIONES

En esta revisión se explicó que los recubrimientos comestibles aplicados en frutas y hortalizas pueden ser formulados a partir de diferentes fuentes como lo es polisacáridos, lípidos y proteínas, de igual forma se pueden elaborar a base de mezclas de estos y actúan como antioxidantes y antimicrobianos a la vez. Dentro de la investigación se concluye que el objetivo que tienen los recubrimientos comestibles es mejorar la calidad de los productos hortifrutícolas extendiendo su vida útil y proporcionando valor agregado en el producto. Los recubrimientos comestibles se pueden aplicar a la fruta para disminuir la pérdida de agua, color y regular el pH y la acidez durante el almacenamiento. Los recubrimientos comestibles también son biodegradable y ayudará a proteger el medio ambiente, por lo que es importante continuar realizando investigaciones que permitan dar continuidad a los recubrimientos comestibles.

REFERENCIAS

- [1] AGUIRRE, E. Aplicación de revestimientos comestibles en papaya (*Carica papaya*) mínimamente procesada. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 2015, P. 16-21,
- [2] SÁNCHEZ, D. *et al.* Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *Journal of Food*, 13(1), 2015, p. 17-25.
- [3] GUERREIRO, A. *et al.* The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruits storage. *Postharvest Biology and Technology*, 1, 2014, p. 226-233.
- [4] ANDRADE, J. *et al.* Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S). *Revista Ciencias Agrícolas*, 25(6), 2014, p. 57-66.
- [5] DURANGO, A., SOARES, N. and ARTEAGA, N. Edible films and coatings as biodegradable active packaging in the preservation of food products. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 2011, p. 112-118.
- [6] BEZERRA, A., FITZGERALD, A. and SANTANA, L. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelflife of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperatura. *Food Chemistry*, 171, 2014, p. 108-116.
- [7] FERNÁNDEZ, N. Efecto de barrera contra el vapor de agua de recubrimientos comestibles sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*) [Tesis ingeniería agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2015.
- [8] ESCOBAR, A. *et al.* Application of heat treatment, edible coating and chemical dip as postharvest treatments for the conservation of fresh-cut vegetables. *Acta agronómica*, 63(1), 2014, p. 1-10.
- [9] PARSHAD, V. and KALIA, A. Novel trend store volutionize preservation and packaging of fruits/fruit products: microbiological and naotechnological perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 2015, p. 159-182.
- [10] DAHALL, R. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 2013, p. 435-450.
- [11] ELSABEE, M. and ABDU, E. Chitosan based edible films and coatings. *Materials Science and Engineering*, 33, 2013, p. 1819-1841.
- [12] BEGOÑA, D., PEÑA, G. y SÁNCHEZ, C. Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 16(1), 2015, p. 8-17.
- [13] MONCAYO, D., BUITRAGO, G. and ALGECIRA, N. The surface properties of biopolymer-coated fruit: A review. *Ingeniería e Investigación*, 33(3), 2013, p. 11-16.

- [14] WU, J. *et al.* The preparation, characterization, antimicrobial stability and in vitro release evaluation of fish gelatin films incorporated with cinnamones sential oil nanoliposomes. *Food Hydrocolloids*, 43, 2014, p. 427-435.
- [15] GONZALES, R., URBINA, N. y MORÓN L. Caracterización Viscoelástica de Biopelículas Obtenidas a base de Mezclas Binarias. *Información Tecnológica*, 26(3), 2015, p. 71-76.
- [16] GRANDA, D. *et al.* Development and characterization of an active biodegradable film with antioxidants (alpha-tocopherol) from whey proteins. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 21(1), 2014, p. 11-19.
- [17] HOSSEINI, Y. *et al.* Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. *Revista Food Hydrocolloids*, 44, 2015, p. 172-182.
- [18] GALUS, S. and KADZINSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 45, 2015, p. 273-283.
- [19] GUZMÁN, L. *et al.* Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano. *Información Tecnológica*, 26(3), 2015, 17-24.
- [20] VELÁZQUEZ, A. y GUERRERO, J. Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2, 2014, p. 5-12.
- [21] CAVALCANTE, E. *et al.* Produção de revestimento comestível à base de resíduo de frutas e hortaliças: aplicação em cenoura (*Daucus carota* L.) minimamente Processada. *Scientia Agropecuaria*, 6, 2015, p. 59-68.
- [22] BLANQUICET, R. *et al.* Synthesis and film properties of chitosan and whey. *Revista Técnico Científico*, 25(1), 2015, p. 58-69.
- [23] AYALA, A. *et al.* Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la sigatoka negra que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6), 2014, p. 312-338.
- [24] GUÉDEZ, C. *et al.* Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34, 2014, p. 81-85.
- [25] DUSSÁN, S., REYES, P. y HLEAP, J. Efecto de un recubrimiento comestible y diferentes tipos de empaque en los atributos físico-químicos y sensoriales de piña `Manzana´ mínimamente procesada. *Información Tecnológica*, 25(5), 2014, p. 41-46.
- [26] ACHIPIZ, S. *et al.* Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Edición especial, 2, 2013, p. 90-98.
- [27] PINEDA, L. *et al.* Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón hidrolizado de yuca (*Manihot sculenta* Crantz) sobre la maduración del aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Hass. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 2014, p. 30-39.
- [28] PERDOMO, P. e INSUASTI, A. Efecto de recubrimiento a base de propóleo y proteína de soya sobre la calidad de la fresa (*Fragaria x ananass* Duch [Tesis Ingeniería Agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2015.
- [29] ORDOÑEZ, D. *et al.* Effect of coating of starch from cassava modified and thyme oil applied to the pepper (*Capsicum annuum*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 2014, p. 795-805.
- [30] ESTRADA, E., PADILLA, F. y MÁRQUEZ, C. Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.) en poscosecha. *Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 2015, p. 181-188.
- [31] MÁRQUEZ, C., PALACÍN, J. and FUENTES, L. Effect of cassava-starch coatings with ascorbic acidic and N-acetylcysteine on the quality of har-ton plantain (*Musa paradisiaca*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 68(2), 2015, p. 7689-7701.
- [32] ZAMUDIO, P. *et al.* Physicochemical, mechanical, and structural features of oxidized and banana starch films enriched with betalains. *Agrociencia*, 49(5), 2015, p. 483-498.
- [33] LECETA, I. *et al.* Quality attributes of mappack aged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 2015, p. 142-150.
- [34] CISSÉ, M. *et al.* Preservation of mango quality by using functional chitosan lactoperoxidase stems coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 101, 2015, p. 10-14.
- [35] LIU, K. *et al.* Influence of postharvest citric acid and chitosan coating treatment on ripening attributes and expression of cell wall related genes in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 198, 2016, p. 1-11.

- [36] PETRICCIONE, M. *et al.* Influence of a chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of loquat fruit during postharvest life. *Scientia Horticulturae*, 197, 2015, p. 287-296.
- [37] KAYA, M. *et al.* Chitosan coating of red kiwifruit (*Actinidia melanandra*) for extending of the shelf-life. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 2016, p. 355-360.
- [38] BENÍTEZ, S. *et al.* Aloe vera as an alternative to traditional edible coating used in fresh cut fruits: A case of study with kiwi fruits lices. *LWT – Food Science and Technology*, 61, 2015, p. 184-193.
- [39] HASSANPOUR, H. Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in rasp berry fruit. *LWT – Food Science and Technology*, 60(1), 2015, p. 495-501.
- [40] BANIN, O., KOUSHESH, M. and EMAMIFAR, A. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of straw berry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 2016, p. 29-35.
- [41] LOCASO, D. Bioempaque de interés cítrico. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento*, 4(4), 2014, p. 72-81.
- [42] VELÁZQUEZ, A. y GUERRERO, J. Recubrimientos en frutas con biopelículas. *Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2, 2013, p. 23-29.
- [43] ARENAS, C. *et al.* Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en melones (*Cucumis melo L.*, var. cantaloupe) cortados y almacenados en refrigeración. *Revista Saber*, 25(2), 2013, p. 218-226.
- [44] RAMOS, G. *et al.* Extensión de la vida de poscosecha en frutos de tomate por efecto de un látex polimérico comestible. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 83, 2014, p. 139-143.
- [45] MANTILLA, N. *et al.* Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf life of fresh cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT Food Sci Technol*, 51, 2013, p. 37-43.
- [46] QUINTERO, J., FALGUERA, V. y MUÑOZ, A. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 1(5), 2010, p. 93-118.
- [47] ROBLES, R. *et al.* Influence of alginate based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh cut mangoes. *Journal of Food Science and Technology*, 50, 2013, p. 240-246.
- [48] WEISS, S. *et al.* Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in foods. *Food Engineering Reviews*, 5, 2013, p. 200-216.
- [49] PATRIGNANI, F. *et al.* Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 2015, p. 311-319.
- [50] FERNÁNDEZ, D. *et al.* Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvest conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 2015, p. 52-57, 2015.

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES

NATURAL SWEETENERS USED IN THE ELABORATION OF CHOCOLATES

ADOCANTES NATURAIS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DE CHOCOLATES

ESTEBAN PALACIO-VÁSQUEZ¹, JOHN HEVERTH HURTADO-IBARBO¹, JUAN DIEGO ARROYAVE-ROA¹, MAURICIO CARDONA-CAICEDO¹, JADER MARTÍNEZ-GIRÓN^{1,2}

RESUMEN

La demanda de productos de confitería y su consumo masivo, conlleva a que la industria agroalimentaria incluya en sus procesos de transformación insumos que mejoren la calidad nutricional de los productos finales. Teniendo en cuenta que el chocolate tiene un alto porcentaje de azúcar (sacarosa del 30-60%), es necesario emplear alternativas edulcorantes para su elaboración, que promuevan una dieta saludable. El objetivo de la presente revisión, es caracterizar algunos edulcorantes naturales como eritritol, stevia (esteviósido y rebaudiósido-A), taumatina y agentes de carga como inulina y polidextrosa con funciones estructurales y reológicas; resaltando aspectos como su origen, aporte calórico, poder edulcorante, IDA (Ingesta Diaria Admisible) e influencia en parámetros de calidad del chocolate. Aunque pueden afectar sus propiedades sensoriales, estos edulcorantes cuentan con amplias ventajas por su bajo aporte calórico y alta potencia en el dulzor, en comparación con la sacarosa. Esto muestra la necesidad de realizar estudios para determinar el endulzante y agente de carga que mejor sustituya la sacarosa en la elaboración de chocolates. Finalmente, se evidencia que el uso de edulcorantes naturales, genera beneficios en la salud y un impacto en la calidad sensorial y reológica del chocolate.

Recibido para evaluación: 18 de Noviembre de 2016. **Aprobado para publicación:** 8 de Mayo de 2017.

- 1 Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Agroindustrial. Palmira, Colombia.
- 2 Universidad del Valle-Sede Palmira, Facultad de Ingeniería, Docente-Investigador. Químico y Tecnólogo en Alimentos, Magíster en Educación, Magíster en Ingeniería Agroindustrial. Palmira, Colombia.

Correspondencia: epalaciov@unal.edu.co

ABSTRACT

The demand of confectionery products and their massive consumption, leads to the agri-food industry include in its transformation processes inputs that improve the nutritional quality of the final products. Considering that chocolate has a high percentage of sugar (sucrose content of 30-60%), it is necessary to use alternative sweeteners for its elaboration, that promote a healthy diet. The objective of the present review is to characterize some natural sweeteners such as erythritol, stevia (stevioside and rebaudioside-A), thaumatin and bulking agents such as inulin and polydextrose with structural and rheological functions; highlighting aspects such as its origin, caloric intake, sweetening power, ADI (Admissible Daily Intake) and its influence on chocolate quality parameters. Although they may affect their sensory properties, these sweeteners have wide advantages because of their low caloric content and high potency in sweetness compared to sucrose. This shows the need to perform studies to determine the sweetener and the bulking agent that best substitute sucrose in the manufacture of chocolates. Finally, it is evident that the use of natural sweeteners, generates health benefits and impact on the sensorial and rheological quality of chocolate.

RESUMO

A demanda por produtos de confeitaria e consumo de massa destes leva a indústria de alimentos a incluir na sua transformação matérias-primas processadas que melhoram a qualidade nutricional dos produtos finais. Dado que o chocolate tem uma elevada percentagem de açúcar (sacarose 30-60%) é necessário empregar adoçantes alternativos para seu processamento, com o objetivo de promover uma dieta saudável. A finalidade da presente avaliação, é caracterizar alguns adoçantes naturais, tais como eritritol, estévia (esteviosida e rebaudioside-A), taumatina e agentes de volume tais como inulina e polidextrose com funções estruturais e reológicas; destacando aspectos tais como a sua origem, calorias, doçura, DDA (dose diária admissível) e influência sobre os parâmetros de qualidade do chocolate. Embora possam afetar as suas propriedades sensoriais, estes adoçantes têm grandes vantagens para o seu baixo teor calórico e de alto poder de doçura em comparação com a sacarose. Isto evidencia a necessidade de estudos para determinar o adoçante e agente de volume que melhor possa substituir a sacarose na preparação de chocolates. Finalmente, é evidente que o uso de adoçantes naturais, gera benefícios para a saúde e além disso tem um impacto sobre a qualidade sensorial e reológica do chocolate.

INTRODUCCIÓN

El consumo de chocolate a nivel mundial es estable y con cifras que denotan su crecimiento. En el año 2014 se reportó un consumo global de 7.177 toneladas métricas de productos de chocolatería y para el año 2016 se espera un consumo de 7.465 toneladas métricas [1]; su creciente consumo a nivel mundial se explica principalmente debido a su atractivo sen-

PALABRAS CLAVE:

Sacarosa, Aporte calórico, Calidad nutricional.

KEYWORDS:

Sucrose, Caloric intake, Nutritional quality.

PALAVRAS-CHAVE:

Sacarose, Ingestão calórica, Qualidade nutricional.

sorial, una textura y sabor único, que lo convierten en un producto de confitería poco resistible [2,3]. Pero el consumo de chocolate debe ser estimulado no solo por su aspecto sensorial, sino también por su calidad nutricional, ya que uno de sus constituyentes principales: el cacao; es una fuente importante de polifenoles, en forma de flavonoides, que no solo son beneficiosos por su capacidad antioxidante, sino también por su impacto positivo a nivel cardiovascular [4, 5, 6, 7].

Sin embargo, la preocupación por la salud y la prevención de enfermedades, fundamentadas en el consumo de alimentos saludables, bajos en calorías y bajos en grasa; es una tendencia del último decenio que ha generado nuevas dinámicas en la industria de la confitería [8,9,10]. En el caso del chocolate, que es un producto que en sus formulaciones puede incorporar entre el 30-60% de sacarosa (proporcionando 394 kcal/100 g de azúcar refinado) según el tipo de chocolate a preparar [9,10], puede ser considerado como un producto con alto contenido calórico.

Ante ello la industria de la confitería ha empezado a incorporar edulcorantes alternativos en las formulaciones de distintos productos, los cuales tienen un contenido calórico significativamente inferior al proporcionado por la sacarosa; acompañado de un poder edulcorante similar o superior al de la misma. Estos edulcorantes pueden ser artificiales o naturales, en el primero figuran los alcoholes de azúcar como: sorbitol, manitol, xilitol y maltitol; también los que están en la categoría de alternativas de “alto poder edulcorante” como: aspartamo, acesulfamo-K, ciclamato, sacarina, sucralosa y neotame [2,10]. Y en lo referente a los edulcorantes naturales, tienen especial importancia los esteviósidos derivados de la planta *Stevia Rebaudiana* Bertoni, también la taumatina proveniente de *Thaumatococcus Benth* [2,9,10] y algunos otros que tienen aplicaciones incipientes como el jarabe de agave [10], el azúcar a partir de savia de palma [11]; y las proteínas con poder edulcorante dentro de las cuales se encuentran la taumatina, la monelina extraída de la planta *Dioscoreophyllum cumminsii*, y la brazaina extraída de *Pentadiplandra brazzeana* Baillon [12].

Ahora bien, el uso de edulcorantes alternativos, y su vinculación en la formulación del chocolate, no solo tiene repercusiones en el sabor [13], el color, la textura y su sensación en boca [2,10], sino también en su reología, en lo relacionado con la viscosidad plástica y el índice de comportamiento de flujo [14]. Parámetros que influenciarán, por un lado, la aceptación sensorial

del chocolate por parte de los consumidores; y, por otro lado, pueden tener influencia en el manejo del fluido en planta antes de su temperado [14].

Dado lo anterior, este artículo de revisión presenta los edulcorantes naturales alternativos de mayor impacto usados en la actualidad para la elaboración de chocolates, como a su vez los polímeros empleados como agentes de carga.

DESARROLLO DEL TEMA

Importancia del azúcar en el proceso de elaboración del chocolate

El chocolate es una emulsión en la cual el 70% de la composición está determinada por los sólidos que se utilizan en la formulación (azúcar, leche en polvo, cacao en polvo), los cuales constituyen la fase dispersa en el sistema; la fase continua está constituida por la grasa, proveniente principalmente de la manteca de cacao [15]. La calidad sensorial y reológica de este producto está mediada por dos factores: la cantidad de cada uno de los ingredientes utilizados en la formulación y los cambios implicados en cada una de las etapas del proceso de elaboración [15,16].

El proceso de elaboración del chocolate inicia desde el acondicionamiento del grano de cacao después de su cosecha, que implica la fermentación, el secado, el tostado, y la molienda [17]; luego se desarrollan las etapas donde el licor y la manteca de cacao, se mezclan con los demás ingredientes de la formulación, seguido de un “pre-refinado” donde se realiza una reducción parcial del tamaño de partícula, a continuación en la etapa de “refinado” se hace una reducción adicional del tamaño de partícula; la principal diferencia entre la etapa de pre-refinado y refinado se debe a la cantidad de rodillos utilizados en la operación (se utilizan más rodillos en el refinado). Seguido a ello, se encuentra la etapa de conchado, y es una etapa crucial, porque es allí donde el chocolate desarrolla su textura, consistencia y demás propiedades sensoriales. Después se realiza el temperado, donde se pretende cristalizar la manteca de cacao en su forma más estable. Y para finalizar se realizan las operaciones de enfriamiento y empaque. [15,16].

Desde el punto de vista de los ingredientes, y dando especial relevancia al rol que tiene el azúcar en la elaboración del chocolate, cabe destacar que éste debe

tener un cristal de tamaño y formas específicos; y si presenta algún defecto como un estado amorfo originado por una mala cristalización o un exceso de humedad, puede generar "atrapamiento" de grasa, provocando un incremento en la viscosidad del producto final [18].

Un parámetro fundamental de calidad del chocolate es la microestructura del mismo, y en estudios realizados con microscopía electrónica de barrido (SEM) durante cada una de las etapas del procesamiento; se ha encontrado que el azúcar forma redes cristalinas que influyen en la interacción partícula-partícula entre cada uno de los ingredientes, la presencia de espacios vacíos y el comportamiento de las partículas de grasa. Fenómeno que cambia en la medida en que se genera la reducción del diámetro de Feret de las partículas, a su paso por cada una de las etapas del proceso [15].

Edulcorantes naturales

Eritritol. Es un azúcar derivado de un alcohol, clasificado dentro de la categoría de "edulcorantes a granel" que obedecen a aquellos endulzantes que tienen un poder edulcorante (PE) inferior al de la sacarosa; en el caso del eritritol se considera que su PE es aproximadamente del 65-80% del dulzor de la sacarosa [19]. Este edulcorante se obtuvo inicialmente de la fermentación de algunos vegetales y en la actualidad se puede producir industrialmente; autores reportan que es producto de la fermentación de la glucosa y la sacarosa, por acción del hongo *Trichosporonoides megachiliensis*. Su acogida no solo está determinada como sucedáneo de la sacarosa, sino además porque es no-calórico, al no ser metabolizado por el cuerpo; es no-cariogénico, y posee un índice glucémico igual a cero [20,21].

Según la legislación de la unión europea (UE), el eritritol es un edulcorante nutritivo identificado como E 968. Su aporte calórico según información estadounidense y japonesa es de 0,2 kcal/g, y debido a que se ha considerado un aditivo seguro para el consumo en humanos, no se ha establecido una ingesta diaria admisible (IDA) para este poliol [21].

El uso de eritritol en la industria del chocolate, tiene influencia directa sobre el aspecto sensorial, ya que los chocolates con eritritol generan una sensación en boca "refrescante", que es indeseable en este producto. Ante ello las estrategias para evitar tal efecto,

consisten principalmente en generar una sinergia con sustancias como la maltodextrina hidrogenada, fibras solubles, inulina, y oligofruktosa [2].

De conformidad a lo anterior, se puede concebir al eritritol como un edulcorante alternativo a utilizar en la preparación de chocolates debido a su bajo aporte calórico. Y la limitante sensorial que ofrece debida a la sensación refrescante, es mitigable al combinarlo con otras sustancias.

Stevia (Esteviósido). Stevia es un edulcorante natural que no proporciona energía metabolizable durante su consumo, se extrae de las hojas de la planta *Stevia rebaudina*. Debido a su bajo índice glucémico, es considerado como un edulcorante seguro para utilizar en productos destinados a personas con diabetes y enfermedades hipoglucémicas [22].

El diterpeno glucósido esteviósido es el principal componente dulce presente en las hojas de Stevia. Este compuesto, desde el año 2011 tiene aprobación por parte de la Unión Europea para ser utilizado como edulcorante E 960 [23]. Se estima que la dulzura del esteviósido es aproximadamente 300 veces la de la sacarosa (esteviósido al 95% de pureza) y su ingesta diaria admisible (IDA) es de aproximadamente 7,9 mg de esteviósido/ Kg de peso corporal [24].

El contenido de esteviósido presente en las hojas de Stevia varía entre el 4 y 20% en peso seco de las hojas, esta variación está influenciada principalmente por las condiciones de crecimiento de la planta, así como también por su variedad [24].

La extracción de los esteviósidos se realiza de manera convencional mediante extracción acuosa o utilizando alcohol, seguida de procesos de precipitación, coagulación y cristalización [25]. En la actualidad otro tipo de técnicas emergentes como la extracción asistida por enzimas y la extracción con fluidos supercríticos también se han estudiado [25,26].

La planta de Stevia y los extractos de esta, incluyendo al esteviósido, han sido utilizados como edulcorantes bajos en calorías en diferentes países como: Brasil, Corea y Japón [24]. El uso de esteviósido como edulcorante, presenta ventajas debido a su bajo poder calórico y alta estabilidad, además de esto, ayuda a disminuir la ingesta de azúcar, lo que beneficia la salud dental, ya que es un producto no cariogénico [22,24]. A pesar de estas ventajas, también presenta algunos

inconvenientes, como por ejemplo su sabor amargo retrogrado [10].

Algunos estudios sobre la sustitución de sacarosa por esteviósido han proporcionado información respecto al potencial que tiene éste en la industria del chocolate. Investigaciones donde se evaluaron las propiedades de chocolates semidulces sin sacarosa, utilizando mezclas de edulcorantes naturales, evidenciaron que las muestras evaluadas que contenían esteviósidos, presentaban mayor dureza y elasticidad que la muestra patrón endulzada con sacarosa, así como también valores mayores en cuanto a amargor y astringencia [10].

Los resultados descritos con anterioridad, son similares a los de otros autores que han evaluado chocolates bajos en calorías para diabéticos, sustituyendo la sacarosa con edulcorantes de alta intensidad, utilizando una mezcla de polidextrosa-lactitol como agente de carga. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencias con respecto al brillo, en comparación con los chocolates convencionales, sin embargo, los chocolates elaborados con esteviósido presentaron un incremento en la amargura y el regusto amargo, así como también en la dureza y adherencia [27].

Otro estudio ha determinado que la formulación de chocolate con sustitución de sacarosa por stevia, inulina y polidextrosa, no tiene un efecto sustancial sobre la dureza del chocolate, ni tampoco un impacto importante en el comportamiento elástico de las mezclas de chocolate durante las etapas iniciales del revenido. Sin embargo, el producto, presentó una variación en el color, con una disminución en los parámetros colorimétricos a^* , b^* y L^* . Dicha disminución fue atribuida a los cambios en las propiedades de superficie, principalmente cambios en la rugosidad del chocolate, causados por la combinación de inulina, polidextrosa y stevia [22].

En este orden de ideas, el esteviósido aunque muestra un importante potencial como edulcorante, también presenta un impacto en el aspecto sensorial provocado por el regusto amargo que tienen los chocolates elaborados con este. Dicho impacto debe ser minimizado, ya que puede conllevar al rechazo del producto por parte del consumidor final.

Stevia (Rebaudiósido A). Rebaudiósido A (Rbd-A), es el segundo glucósido de esteviol (GE) más abundante que se encuentra en las hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni, nativa de regiones de América del Sur como

Paraguay, Brasil y Argentina [28, 29, 30]. También Rbd-A, es el principal constituyente dulce de la familia de los Rebaudiósidos A (2-4%), B, C (1-2%), D, E y F. Cabe mencionar que el componente predominante en las hojas Stevia es el esteviósido, el cual constituye la mayor parte del edulcorante (60% - 70%). En contraste, el valor de Rbd-A oscila entre 30%-40% del total, es decir, aproximadamente de 180 a 400 veces más dulce que el azúcar; por lo tanto, este último tiene un sabor más dulce y agradable al paladar [29,30].

El fenómeno de dulzor se explica por el número de unidades de hidratos de carbono que se encuentran en las posiciones C-13 y C-19. Rbd-A, presenta una unidad de glucosa extra en la posición C-13 en comparación con el esteviósido; por lo tanto, posee propiedades superiores en términos de dulzor y sabor [28,31].

El uso de GE en el sector alimentario fue permitido por la Comisión Europea en el 2011, y desde entonces las hojas de Stevia han sido de interés para muchos investigadores por las ventajas que tiene el extracto de las hojas en mención, caracterizándose por ser natural, no tóxico, libre de calorías (<40 cal/40 g), potenciadores del sabor, no mutagénico y no adictivo. En Estados Unidos y Europa, el uso de esteviol puro (>95%) se dejó para el consumo humano como un ingrediente no médico hasta 4 mg/ kg de peso corporal en un día [32,10].

Numerosos estudios se han llevado a cabo en relación con la extracción de Rbd-A; por ejemplo, la obtención a través de la fermentación con la cepa de *Yarrowia lipolytica* (levadura), donde los resultados de toxicidad reportados en el estudio en mención apoyan la seguridad del Rbd-A como edulcorante de uso general [33]. Resultados semejantes fueron reportados en la evaluación del efecto de diferentes concentraciones de Rbd-A en células humanas y de ratones, donde el estudio indicó que el Rbd-A representa poco riesgo para las líneas celulares humanas (citotoxicidad, citoquinas inflamatorias, etc.) [34].

En chocolates preparados con fructosa, isomaltosa, stevia, oligofructosa, lúcuma, jarabe de agave, pimienta y menta; se ha reportado una investigación que obtuvo un 20% inferior de poder calorífico en comparación con el chocolate convencional preparado con sacarosa. Los chocolates producidos en este estudio exhibieron 44,60 kcal/40 g y 72,20 kcal/40 g, respectivamente. También revelan que chocolates formulados que contienen Stevia y menta exhiben las mejores

propiedades sensoriales con respecto a sensación en la boca, el dulzor y aroma de hierbas, así como el más alto contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Además, expresan que el tamaño de partícula y la dureza de chocolates de azúcar reducido, aumentó en comparación con el chocolate convencional, mientras que la elasticidad disminuyó [10].

En este contexto, el Rbd-A representa una alternativa prometedora por explorar, dado sus excelentes propiedades de endulzante y conservante de las características reológicas de productos como el chocolate, así como su baja toxicidad y reducido aporte calórico.

Taumatina. Es una proteína de elevado poder edulcorante, presente en el fruto de la planta *Thaumatococcus daniellii* Benth, que tiene una alta solubilidad en agua, y se caracteriza por ser altamente estable a pH ácido, así como también al calor [35]. Existen por lo menos 5 formas de esta proteína en la planta, con dos componentes principales (taumatina I y II) y tres componentes minoritarios (taumatina a, b y c) [36]. Todas cuentan con la aprobación en su uso y consumo por la Unión Europea (aditivo E 957), y por su bajo aporte calórico, se convierte en una propuesta médica para confrontar estilos de vida relacionados con problemas frecuentes en la salud, tales como la hipertensión, hiperlipidemia, diabetes y obesidad [37].

Este edulcorante natural tiene la característica de proporcionar un sabor de alta potencia. Aunque su presencia disminuye el sabor amargo, mantiene una percepción ácida y tiene la limitación de que en grandes cantidades promueve el sabor residual a regaliz [38].

Dentro de las principales ventajas desde el punto de vista dietético, es que la taumatina no provee energía metabolizable. A pesar de que no existe un valor especificado para la IDA de la taumatina, hay restricciones respecto a la cantidad de edulcorantes no nutritivos (NNS) para su consumo seguro; generalmente, la IDA está en un rango de 0,3-3 g NNS/día para un adulto de 75 kg [39]. Así mismo, no se ha reportado que esta cause toxicidad, genotoxicidad o teratogenicidad.

La taumatina cuenta con un dulzor relativo equivalente a 200.000–300.000 (valor expresado en relación a la sacarosa con un dulzor relativo de 100) [36]. De igual manera, se clasifica a la taumatina como un edulcorante natural, intenso y con una contribución energética despreciable; se cataloga este edulcorante con un valor de potencia de 2500 veces respecto a la sacarosa [40].

En este orden de ideas, la taumatina se convierte en una alternativa atractiva para reemplazar el azúcar en la confección de chocolates. Una combinación adecuada de este edulcorante con los agentes de carga que suplan la función estructural y endulzante, que provee la sacarosa, es un tema de mucho interés en la actualidad [41].

Respecto a su aplicación en chocolates, evaluando la viscosidad plástica de Casson, se ha encontrado que emplear la taumatina aumenta este parámetro significativamente [9,41]. Lo cual indica que se requiere de más energía para mantener su flujo en movimiento, debido a la formación de una matriz más agregada [18].

Por su parte, la tensión de fluencia entendida como el esfuerzo requerido para hacer que el chocolate fluya, fue significativamente mayor para el chocolate con sacarosa (5,89 Pa) en comparación al producto con taumatina (5,53 Pa) [9]. Aunque dicho valor está dentro del rango reportado para el chocolate negro (4-32 Pa) [42].

Por lo tanto, la taumatina permite que su uso no sólo implique disminuir el contenido calórico de un chocolate convencional, sino que también, proporcione beneficios en la salud del consumidor. Dicho aspecto es de importancia agroindustrial, teniendo en cuenta que, a nivel reológico se logran características similares a las que ofrece la sacarosa, mientras se utilice el agente de carga requerido.

Uso de agentes de carga en chocolates libres de sacarosa

La sacarosa no solo contribuye al sabor dulce, que se percibe en el chocolate; sino también a la estructura y reología del mismo, motivo por el cual es responsable de características sensoriales como el sabor y la textura. Al realizar sustituciones parciales o completas de la sacarosa en la formulación del chocolate, los edulcorantes alternativos a utilizar deben usarse generalmente en conjunto con sustancias denominadas “agentes de carga” que aportan al desarrollo de los atributos sensoriales proporcionados por la sacarosa. Dentro de estas sustancias se encuentran: las fibras y los polímeros de carbohidratos siendo en la actualidad la inulina y la polidextrosa los principales representantes [9, 43]

Inulina. Es un polímero que está constituido por moléculas de fructosa unidas entre sí y al final de su cadena se encuentra una molécula de glucosa. Es una

mezcla de oligo y polisacáridos que se componen de unidades de fructosa unidas por enlaces beta. Los beneficios nutricionales de la inulina son los siguientes: rica en fibra, agente prebiótico, baja en grasa y en azúcar, disminuye las concentraciones de triacilglicerol en el cuerpo [44]; y al ser una fibra dietética no digerible, estimula el desarrollo de la flora intestinal [41].

Las fuentes naturales de inulina incluyen las raíces de achicoria, alcachofa, tubérculos de dalia, yacón, espárragos, puerros, cebolla, plátano, trigo y ajo [44, 45]. Sintéticamente, los fructanos tipo inulina se preparan a partir de la sacarosa. La inulina solo suministra entre 25-35% (1,50 kcal/g) de energía en comparación con los carbohidratos digeribles, y su dulzor es aproximadamente el 10% de la sacarosa.

Dentro de las técnicas de extracción de la inulina se encuentran: dióxido de carbono supercrítico, ultrasonido, microondas y campo eléctrico pulsante. La inulina de cadena corta mejora el sabor, el dulzor y se utiliza para reemplazar parcialmente la sacarosa. Y los chocolates libres de sacarosa generalmente se preparan con inulina de alto grado de polimerización [44].

Uno de los atributos en los cuales tiene influencia el uso de la inulina es la dureza, la cual puede ser expresada en términos de "resistencia a la rotura", y tiene una relación directa con la resistencia al daño térmico y físico, la sensación en boca y la viscosidad plástica del chocolate [46]. El parámetro de dureza ha disminuido en chocolates que contienen inulina [46], pero se ve influenciado por la cantidad de grasa utilizada o sustituida en la formulación [46, 47] y con la proporción de inulina utilizada; pues mayores cantidades de ésta generan una mayor integración de la matriz y una mayor dureza [46]. Sin embargo, hay estudios que establecen que la inulina aumenta la dureza del chocolate, principalmente porque absorbe la humedad [9, 41, 43].

Otro de los parámetros de relevancia es el color. La inulina acompañada de una formulación con una sustitución parcial de la grasa en un chocolate blanco, generó un producto más claro, evidenciado principalmente por un incremento de la luminosidad [47]. Hay quienes establecen que la adición de polisacáridos como la inulina, dispersan la luz y aceleran la caramelización y la reacción de Maillard, generando consecuentemente chocolates más oscuros [9, 22, 41, 43].

En relación con el punto de fusión del chocolate, una característica que determina la sensación en boca del mismo. Estudios demuestran que la adición de agentes de carga, incrementan la cantidad de partículas sólidas, reduciendo la fusión del chocolate en boca [46]. Sin embargo, cabe resaltar que la manteca de cacao presenta polimorfismo y puede cristalizar en seis formas polimórficas, de las cuales la forma 5 (V) es la más estable (temperatura de fusión entre 32-34°C), y se ha reportado que el uso de inulina en concentraciones del 10% favorece la manifestación de dicho polimorfismo, generando un chocolate con mejor sensación en boca y con mayor estabilidad al almacenamiento prolongado [22, 47]. De igual manera, un incremento del punto de fusión del chocolate se logra con el uso de inulinas de alto grado de polimerización [22].

Desde el punto de vista sensorial, la aceptación general del producto, el sabor y su textura no distan mucho del chocolate convencional [22, 46, 47]. Pero uno de los principales defectos del chocolate elaborado con inulina es la reducción de su suavidad [22].

En términos generales la inulina es un agente de carga que tendrá una marcada influencia en la obtención de un chocolate con mejor sensación en boca y mayor estabilidad en el almacenamiento. Y aunque puede incrementar la dureza, compuestos como la grasa, pueden mitigarlo.

Polidextrosa. Es un polímero sintético que tiene ligado aleatoriamente glucosa en sus cadenas ramificadas, con pequeñas cantidades de sorbitol y un ácido apropiado. Además, es considerado bioquímicamente como un polisacárido resistente, con un grado de polimerización intermedio (12,53) y cuyo peso molecular es de 200 g/mol [48,2]. Por otra parte, la polidextrosa se prepara comercialmente mediante la poli-condensación a vacío de una mezcla fundida de materiales como glucosa, sorbitol y ácido cítrico o fosfórico [49].

En términos nutricionales, se denomina a la polidextrosa como un ingrediente funcional debido a su potencial prebiótico. Cabe mencionar que es un compuesto incoloro, un polvo blanquecino, amorfo, no dulce, soluble en agua, no digerible, de bajo peso molecular y presenta un contenido calórico de 1 kcal/g [44]. Es por esto que se puede utilizar como un ingrediente de doble propósito para reducir las calorías de los hidratos de carbono y grasas en productos alimentarios [49, 50].

Debido a la aceptable tolerancia al consumir la polidextrosa, el comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios (JECFA) y el Comité Científico de la Comisión Europea para la Alimentación (CE/SCF), establecieron que el umbral promedio para su ingesta es de 90 g/día (1,30 g/kg de peso corporal) o 50 g como una dosis única [9].

Dentro de los beneficios proporcionados por ésta tenemos los siguientes: mayor consistencia para los alimentos, rápido movimiento por el tracto gastrointestinal, prevención del estreñimiento, prevención del cáncer de colon y de recto. Actualmente se encuentran en el mercado una amplia gama de alimentos que poseen polidextrosa como productos de panadería, bebidas, productos de confitería y postres congelados; dicho polímero se caracteriza principalmente por brindar textura y sensación apropiada en la boca [9].

Debido a la diversidad de beneficios que proporciona la polidextrosa como agente de carga, la misma ha despertado interés entre los investigadores por evaluar sus efectos sobre los parámetros físicos y reológicos del chocolate. Por ejemplo, se ha utilizado polidextrosa como un ingrediente funcional para la elaboración de chocolate con leche, teniendo en cuenta diferentes condiciones de proceso: niveles de polidextrosa (60, 90 y 120 g/kg), tiempos de conchado (3,50; 4,0 y 4,50 h) y condiciones de refinado (20, 25 y 28 μm). Se evidenció un efecto favorable sobre el brillo, la dureza y la actividad de agua de estos productos elaborados. Por otra parte, la viscosidad y la tensión de fluencia de los tres experimentos, mostraron una diferencia significativamente inferior respecto al testigo [48].

En otras investigaciones se ha evaluado formulaciones de chocolate, con polidextrosa al 100%, inulina al 100% y diferentes combinaciones de inulina y polidextrosa. Observándose que el aumento de las concentraciones de inulina y la disminución simultánea de polidextrosa, causó un incremento gradual en la viscosidad y una disminución en la tensión de fluencia [41]. También se evidenció que formulaciones que contienen 100% de polidextrosa, presentan grandes cristales y espacios mínimos entre las partículas (más densas) en comparación con la inulina (100%), que muestra grandes cristales y mayores espacios entre partículas [9,41]. Por último, se ha encontrado que la concentración óptima de polidextrosa e inulina para la fabricación de chocolate es de 75,36 y 24,64% respectivamente; concentraciones que tienen un efecto favorable sobre las propiedades reológicas del producto final [41].

Respecto a lo antes mencionado, la polidextrosa simboliza un agente de carga de sumo interés para la elaboración de productos como el chocolate y sus derivados, debido a su efecto estabilizante sobre las propiedades reológicas de los mismos. De otro lado, se evidencia que ofrece numerosos beneficios para la salud, como por ejemplo la prevención del cáncer de colon y recto.

CONCLUSIONES

Existen diversos edulcorantes naturales que pueden ser empleados como sustitutos de la sacarosa en chocolates generando un bajo aporte calórico y buen valor nutricional. Como es el caso del rebaudiosido-A, el cual presenta un alto poder edulcorante (180- 400, más dulce que la sacarosa), un bajo contenido calórico (1 cal/g), y excelentes propiedades sensoriales en la producción de chocolate. Edulcorantes como el esteviósido y la taumatina conservan un prominente interés debido a su alto poder edulcorante 300 y 2500 veces más dulce que la sacarosa respectivamente. Sin embargo, estos últimos en altas concentraciones tienen un efecto no favorable sobre las propiedades sensoriales del producto final y siguen siendo objeto de investigación. De igual manera sucede con el eritritol que tiene un poder edulcorante menor al del azúcar de mesa. En relación con los agentes de carga la polidextrosa (75,36%) combinada con inulina (24,64%) tienen un efecto favorable en la fabricación de chocolates libres de azúcar. Sin embargo, la inulina y polidextrosa utilizadas como edulcorantes (sin combinaciones) tienen un efecto no favorable sobre las propiedades reológicas y sensoriales del chocolate.

Utilizar edulcorantes como el eritritol, el esteviósido, el rebaudiosido-A, y la taumatina, en combinación o no con agentes de cargas como la inulina y la polidextrosa, para la elaboración de chocolate, genera ventajas como la obtención de un producto con un bajo aporte calórico formulado con un ingrediente natural que reduce el riesgo de desarrollar enfermedades como la diabetes o la obesidad, y que no presenta una diferencia sensorial significativa en comparación con los chocolates convencionales. De conformidad a lo anterior, los chocolates formulados con este tipo de edulcorantes, pueden tener una amplia aceptación en los mercados emergentes que estén en sincronía con la actual tendencia de consumo de productos con bajo aporte calórico.

REFERENCIAS

- [1] STATISTA. Retail consumption of chocolate confectionery worldwide from 2012/13 to 2018/19 (in 1,000 metric tons) [online]. 2016. Disponible: <http://www.statista.com/statistics/238849/global-chocolate-consumption/> [citado 15 de noviembre de 2016].
- [2] AIDOO, R.P. *et al.* Industrial manufacture of sugar-free chocolates: applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 2013, p. 84-96.
- [3] MEIER, B.P., NOLL, S.W. and MOLOKWU, O.J. The sweet life: the effect of mindful chocolate consumption on mood. *Appetite*, 108(0), 2017, p.21-27.
- [4] SIM, S. *et al.* Plant polyphenols to enhance the nutritional and sensory properties of chocolates. *Food Chemistry*, 200(0), 2016, p. 46-54.
- [5] KWOK, C.S. *et al.* Habitual chocolate consumption and the risk of incident heart failure among healthy men and women. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(8), 2016, p. 722-734.
- [6] KUEBLER, U. *et al.* Dark chocolate attenuates intracellular pro-inflammatory reactivity to acute psychosocial stress in men: A randomized controlled trial. *Brain, Behavior, and Immunity*, 57(0), 2016, p. 200-208.
- [7] ZYZELEWICZ, D. *et al.* The influence of the roasting process conditions on the polyphenol content in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89(0), 2016, p. 918-929.
- [8] REZENDE, N.V. *et al.* Mixture design applied for the partial replacement of fat with fibre in sucrose-free chocolates. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 598-604.
- [9] AIDOO, R.P., AFOAKWA, E.O. and DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 592-597.
- [10] BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A. *et al.* Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food Chemistry*, 167(0), 2015, p. 61-70.
- [11] SAPUTRO, A.D. *et al.* Quality attributes of dark chocolates formulated with palm sap based sugar as nutritious and natural alternative sweetener. *European Food Research and Technology*, 0(0), 2016, p. 1-15.
- [12] DI MONACO, R. *et al.* temporal sweetness profile of MNEI and comparison with commercial sweeteners. *Journal of sensory studies*, 29(6), 2014, p. 385-394
- [13] PALAZZO, A.B. and BOLINI, H.M.A. Multiple time-intensity analysis: sweetness, bitterness, chocolate flavor and melting rate of chocolate with sucralose, rebaudioside and neotame. *Journal of sensory studies*, 29(1), 2014, p. 21-32
- [14] AFOAKWA, E.O., PATERSON, A. and FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(6), 2007, p. 290-298.
- [15] GLICERINA, V. *et al.* Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*, 145(0), 2015, p. 45-50.
- [16] GLICERINA, V. *et al.* Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 2013, p.173-179.
- [17] DI MATTIA, C. *et al.* Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate. *Food Research International*, 63(0), 2014, p. 367-372.
- [18] GLICERINA, V. *et al.* Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169(0), 2016, p. 165-171.
- [19] CAROCHO, M., MORALES, P. and FERREIRA, I. Natural food additives: Quo vadis?. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 2015, p. 284-295.
- [20] VAN-DER-WOUDE, A.D. *et al.* Genetic engineering of *Synechocystis* PCC6803 for the photoautotrophic production of the sweetener erythritol. *Microbial Cell Factories*, 15(60), 2016, p. 1-12.
- [21] GREMBECKA, M. Sugar alcohols- their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 241(1), 2015, p.1-14.
- [22] SHAH, A.B., JONES, G.P. and VASILJEVIC, T. Sucrose-free chocolate sweetened with Stevia rebaudiana extract and containing different bulking agents – effects on physicochemical and sensory properties. *International Journal of Food*

- Science & Technology, 45(7), 2010, p. 1426-1435.
- [23] REUB, F. *et al.* Steviosid aus SuBkraut. *Chemie in unserer zeit*, 50(3), 2016, p. 198-208.
- [24] GEUNS, J. Stevioside. *Phytochemistry*, 64(5), 2003, p. 913-921.
- [25] PURI, M. *et al.* Optimization of novel method for the extraction of steviosides from *Stevia rebaudiana* leaves. *Food Chemistry*, 132(3), 2012, p. 1113-1120.
- [26] ERKUCUK, A., AKGUN, I.H. and YESIL-CELIK TAS, O. Supercritical CO₂ extraction of glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves: Identification and optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, 51(1), 2009, p. 29-35.
- [27] MARTINS MEDEIROS DE MELO, L.L., ANDRÉ BOLINI, H.A. and EFRAIM, P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. *Food Quality and Preference*, 20(2), 2009, p. 138-143.
- [28] RAO ADARI, B. *et al.* Synthesis of rebaudioside-A by enzymatic transglycosylation of stevioside present in the leaves of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Food Chemistry*, 200(0), 2016, p.154-158.
- [29] TAVARINI, S. and ANGELINI, L. *Stevia rebaudiana* Bertoni as a source of bioactive compounds: the effect of harvest time, experimental site and crop age on steviol glycoside content and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2013, p. 2121-2129.
- [30] GASMALLA, M.A.A. *et al.* Influence of sonication process parameters to the state of liquid concentration of extracted rebaudioside A from *Stevia (Stevia rebaudiana* Bertoni) leaves. *Arabian Journal of Chemistry*, 0(0), 2014.
- [31] LI, S. *et al.* Transglycosylation of stevioside to improve the edulcorant quality by lower substitution using cornstarch hydrolyzate and CGTase. *Food Chemistry*, 138(2-3), 2013, p. 2064–2069.
- [32] YÜCESANA, B. *et al.* In vitro and ex vitro propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni with high Rebaudioside-A content- A commercial scale application. *Scientia Horticulturae*, 203(0), 2016, p. 20-28
- [33] RUMELHARD, M. *et al.* Safety evaluation of rebaudioside A produced by fermentation. *Food and Chemical Toxicology*, 89(0), 2016, p. 73-84.
- [34] WU, X. *et al.* The non-cytotoxicity characterization of rebaudioside A as a food additive. *Food and Chemical Toxicology*, 66(0), 2014, p. 334-340.
- [35] FIRSOV, A. *et al.* Purification and characterization of recombinant supersweet protein thaumatin II from tomato fruit. *Protein Expression and Purification*, 123(0), 2016, p. 1-5.
- [36] MASUDA, T. *et al.* Atomic structure of the sweet-tasting protein thaumatin I at pH 8.0 reveals the large disulfide-rich region in domain II to be sensitive to a pH change. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 419(1), 2012, p. 72-76.
- [37] MASUDA, T., MIKAMI, B. and TANI, F. Atomic structure of recombinant thaumatin ii reveals flexible conformations in two residues critical for sweetness and three consecutive glycine residues. *Biochimie*, 106(0), 2014, p. 33-38.
- [38] CALZADA-LEÓN, R. *et al.* Características de los edulcorantes no calóricos y su uso en niños. *Acta Pediátrica de México*, 34(3), 2013, p. 141-153.
- [39] EDWARDS, C.H. *et al.* The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology*, 56(0), 2016, p. 158-166.
- [40] GIL-CAMPOS, M., GONZÁLEZ, M.A. and DÍAZ, J.J. Use of sugars and sweeteners in children´s diets: Recommendations of the Nutrition Committee of the Spanish Association of Paediatrics. *Anales de Pediatría*, 83(5), 2015, p. 353-353.
- [41] AIDOO, R.P., AFOAKWA, E.O. and DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 126(0), 2014, p. 35-42.
- [42] ANVARI-ARDAKANI, H., MITSOULIS, E. and HATZIKIRIAKOS, S.G. Capillary flow of milk chocolate. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 210(0), 2014, p. 56-65.
- [43] KONAR, N. *et al.* Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or symbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49(0), 2016, p. 35-44.
- [44] SHOAI B, M. *et al.* Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147(0), 2016, p. 444-454.
- [45] FACHRI, B.A. *et al.* Experimental and modeling studies on the acid-catalyzed conversion of inulin to 5-hydroxymethylfurfural in water. *Chemical Engineering Research and Design*, 109(0), 2016, p. 65-75.

- [46] REZENDE, N.V. *et al.* Effects of fat replacement and fibre addition on the texture, sensory acceptance and structure of sucrose-free chocolate. *International Journal of Food Science Technology*, 50(6), 2015, p. 1413-1420.
- [47] FURLÁN, L.R. *et al.* Influence of hydrogenated oil as cocoa butter replacers in the development of sugar-free compound chocolates: Use of inulin as stabilizing agent. *Food Chemistry*, 217(0), 2017, p. 637-647.
- [48] KONAR, N. *et al.* Using polydextrose as a prebiotic substance in milk chocolate: effects of process parameters on physical and rheological properties. *CyTA - Journal of Food*, 12(2), 2014, p. 150-159.
- [49] CHAUDHARY, V., SMALL, D.M. and KASAPIS, S. Structural studies on matrices of deacylated gellan with polydextrose. *Food Chemistry*, 137(1-4), 2013, p. 37-44.
- [50] MIESZKOWSKA, A. and MARZEC, A. Effect of polydextrose and inulin on texture and consumer preference of short-dough biscuits with chickpea flour. *LWT-Food Science and Technology*, 73(0), 2016, p. 60-66.

ÍNDICE DE AUTORES

Volumen 15, No 1 (Enero – Junio de 2017)

Volumen 15, No 2 (Julio – Diciembre de 2017)

A

Acevedo Diofanor

EFFECTO ANTIMICROBIANO DEL CLAVO Y LA CANELA
SOBRE PATÓGENOS

// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.56-65.

Alvis Bermudez Armando

PROPIEDADES MECÁNICAS Y VISCOELÁSTICAS DE
QUESO FRESCO ELABORADO CON LECHE DE BUFA-
LA Y VACA // En Biotecnología en el Sector Agrope-
cuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.138-143.

Arroyave Juan Diego

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA
ELABORACIÓN DE CHOCOLATES // En: Biotecnología
en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No
2, p.45-53.

Alvis Gordo José Franco

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA
DE URACO (*Ocotea brevipedunculata* van der Werff), MU-
NICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO En Biotecnología
en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No
1, p.142-152.

Ante Liceth Alejandra

ESTANDARIZACIÓN DE UN PROTOCOLO in vitro PARA
EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Eichhornia crassipes*
CON *Neochetina* (Coleoptera: Curculionidae) // En Bio-
tecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,
Vol. Edición Especial, p.40-48.

Ayala Aponte Alfredo Adolfo

CAMBIOS EN PROPIEDADES MECANICAS DURANTE
LA DESHIDRATACIÓN OSMOTICA DE PITAHAYA AMA-
RILLA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y
Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.22-29.

Arboleda Pino Lizeth Yurany

PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASO-
CIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii*
Bonpl EN LA VEGA, CAUCA// En Biotecnología en el
Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2,
p.22-29.

Arboleda Muñoz Germán Antonio

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE POLICAPROLACTONA
EN PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN
Y ÁCIDO POLILÁCTICO//En Biotecnología en el Sector
Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial,
p.11-19.

Arias Hoyos Arnol

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CEN-
TRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMI-
LLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL
// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agro-
industrial, Edición Especial, p.29-39.

B

Bejarano Toro Edinson Eliécer

ELABORACIÓN DE QUESITO ANTIOQUEÑO REDUCIDO
EN SODIO Y ADICIONADO CON *Bifidobacterium lactis*
//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroin-
dustrial, Vol. 15 No 1, p.27-35.

Baca Gamboa Aida Elena

FLORA MELIFERA Y SU OFERTA DE RECURSOS EN
CINCO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PIENDAMÓ,
CAUCA//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y
Agroindustrial, Edición Especial, p.20-28.

Bonilla Blanca Lilia

FLORA MELIFERA Y SU OFERTA DE RECURSOS EN
CINCO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PIENDAMÓ,
CAUCA//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y
Agroindustrial, Edición Especial, p.20-28.

Benítez Benítez Ricardo

EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOFILTROS: REMOCIÓN DE CR (VI) EN EFLUENTES DE CURTIEMBRES SINTÉTICOS// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

C

Caicedo Arana Álvaro

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-95.

Correa Londoño Guillermo

ELABORACIÓN DE QUESITO ANTIOQUEÑO REDUCIDO EN SODIO Y ADICIONADO CON *Bifidobacterium lactis* // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.27-35.

Cisneros Carlos A.

INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.19-26.

Cabas Laura Daniela

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE URACO (*Ocotea brevipedunculata* van der Werff), MUCIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.66-75.

Castro Roberto Mónica Andrea

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.49-56.

Cardona Caicedo Mauricio

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.142-152.

Carvajal Tapia Juliana

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA ZAPALLO (*Cucurbita moschata*) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.93-100.

Cerón Fernández Lorena

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.110-118.

Campo Gaviria José Miguel

UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.30-38.

Calderón Yonda Yimy

SEGUIMIENTO DE LA MOLIENDA ABRASIVA DEL GRANO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN DE DOS FRACCIONES CON POTENCIAL INDUSTRIAL // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.59-66.

Castro Valencia Andrés Fernando

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.29-39.

Corpas Iguarán Eduardo

ANALYTICAL APPROACH OF THE VOLATILE FRACTION OF *Solanum quitoense* BY HS-SPME/GC-MS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.76-84.

Chaguendo Dorado Antonio José

EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.57-64.

D

Durango Zuleta Mónica

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.

Durango Villadiego Alba Manuela

EFEECTO ANTIMICROBIANO DEL CLAVO Y LA CANELA SOBRE PATÓGENOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.56-65.

Delgado Hurtado Carolina

RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.121-133.

De Hombre Roger

PROPIEDADES MECÁNICAS Y VISCOELÁSTICAS DE QUESO FRESCO ELABORADO CON LECHE DE BUFALA Y VACA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.138-143

E

Echeverri Zuluaga José Julián

DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.131-137.

Enríquez Valencia Ayda Lilia

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-94.

Echeverría Diana Carolina

ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.75-83.

Enríquez Collazos Mario German

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA(Chenopodium quinoa Willd) NORMAL Y GERMINADA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.134-141.

F

Fuentes Vanegas Mayra

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.

Franco Jaime Martín

INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (Coffea arabica) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.19-26.

Fuenmayor Juan Carlos

INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (Coffea arabica) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.19-26.

Fernández Natalia Marcela

ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.134-141.

G

Gutiérrez Buriticá Margarita

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.

Gallego Colonia Jeisson Steevens

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-94.

García Mogollon Carlos

PROPIEDADES MECÁNICAS Y VISCOELÁSTICAS DE QUESO FRESCO ELABORADO CON LECHE DE BUFA LA Y VACA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.138-143.

González Callejas Carlos

SEGUIMIENTO DE LA MOLIENDA ABRASIVA DEL GRANO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN DE DOS FRACCIONES CON POTENCIAL INDUSTRIAL // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.159-66.

I

Ibáñez Cecilia

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

H

Hoyos Concha José Luis

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.105-115.

Hurtado Hernández Alejandro

CONOCIMIENTOS Y PRÁCTICAS SOCIALES ASOCIADAS A CISTICERCOSIS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA COLOMBIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.65-74.

Hurtado Ibarbo John Heverth

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.142-152.

Hernández Medina Luis

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.29-39.

Hernández Zarta Raúl

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.105-115

J

Jurado Gámez Henry

EVALUACIÓN in vivo DE Lactobacillus plantarum CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROS-

COPIA ELECTRÓNICA EN *Cavia porcellus* // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-21.

L

Londoño Zapata Andrés

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.27-35.

López López Lina Marcela

DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.131-137.

López Herrera Albeiro

DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.131-137.

Limaylla Guerrero Katherine Milusca

ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORCIÓN DA ÁGUA DO AMIDO DE QUINOA/ Augusto // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.195-104.

Lopes Filho José Francisco

ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORÇÃO DA ÁGUA DO AMIDO DE QUINOA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.95-104.

López Herrera Albeiro

LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.75-83.

Ledesma Pablo

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

López Molina Fredy Javier

UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.84-92.

M

Macuacé Otero Ronald Alejandro

ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DEL MERCADO DENDROENERGÉTICO

EN LA VEREDA CAJETE DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.116-122.

Morillo Coronado Ana Cruz

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.) EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ, BOYACA-COLOMBIA//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.11-18.

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-18.

Morillo Coronado Yacenia

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.) EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ, BOYACA-COLOMBIA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.11-18

CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium qui-*

noa Willd)//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-18.

Muñoz Florez Jaime Eduardo

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-94.

Montes Hincapié Juan Manuel

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K"// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.105-115

Madrid Garcés Tomás Antonio

LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.75-83.

Montes Rojas Consuelo

APORTE DE *Tithonia diversifolia* ENABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.101-111.

Moriones Ruiz Maayann Lisseth

APORTE DE *Tithonia diversifolia* ENABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.101-111.

Marguet Emilio

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

Martínez Girón Jader

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES // En Biotecnología

en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.142-152.

Mosquera Silvio Andrés

ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.134-141.

Martínez Mamian Carlos

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA ZAPALLO (*Cucurbita moschata*) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.84-91.

Morales Velasco Sandra

EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.57-64.

Mesías Pantoja Laura Nathaly

EVALUACIÓN in vivo DE *Lactobacillus plantarum* CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN *Cavia porcellus* // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-121.

Montilla Buitrago Camilo Elías

EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE POLICAPROLACTONA EN PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN Y ÁCIDO POLILÁCTICO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial, p.11-19.

Muñoz Solarte Diana Milena

ESTANDARIZACIÓN DE UN PROTOCOLO in vitro PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Eichhornia crassipes* CON *Neochetina* (Coleoptera: Curculionidae) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial, p.40-48

Montoya Bonilla Bibiana Patricia

FLORA MELIFERA Y SU OFERTA DE RECURSOS EN CINCO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PIENDAMÓ, CAUCA//En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.20 -28.

Muñoz López Jefferson Fabián

EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOFILTROS: REMOCIÓN DE CR (VI) EN EFLUENTES DE CURTIEMBRES SINTETICOS// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

O

Orduz Sergio

ACTIVIDAD LIPOLITICA DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON GRASAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.36-44.

Ordoñez Hoyos Alex Enrique

ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DEL MERCADO DENDROENERGÉTICO

EN LA VEREDA CAJETE DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.116-122.

Ospina Montealegre Román

ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DEL MERCADO DENDROENERGÉTICO

EN LA VEREDA CAJETE DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.116-122.

Ochoa Agudelo Susana

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.

Ortiz Vicente

COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LA FRACCIÓN PROTEÍCA DEL GRANO DE AMARANTO EXTRAÍDA MEDIANTE MOLIENDA HÚMEDO-ÁCIDA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.123-130.

Orbes Villacorte Adriana Elisabeth

EVALUACIÓN in vivo DE Lactobacillus plantarum CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN Cavia porcellus // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-21.

Ordoñez Erazo Darwin Andrés

EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOFILTROS: REMOCIÓN DE CR (VI) EN EFLUENTES DE CURTIEMBRES SINTETICOS, // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

P

Pedroza Padilla Carmen Julia

ACTIVIDAD LIPOLITICA DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON GRASAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.36-44.

Posso Terranova Andrés Mauricio

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-94.

Pastrana Puche Yenis Ibeth

EFFECTO ANTIMICROBIANO DEL CLAVO Y LA CANELA SOBRE PATÓGENOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.56-65.

Parra Suescún Jaime Eduardo

LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.75-83.

Parada Romina

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

Palacio Vásquez Esteban

EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.142-152.

Paz Sandra Patricia

ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.134-141.

Fabio Alonso Prado Cerón

EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.57-64.

Perafán Gil Edgar Alberto

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.30-38.

Pismag Portilla Yamid

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.30-38.

Potosí Gutiérrez Alejandra

PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASOCIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpl EN LA VEGA, CAUCA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.22-29.

Paz Narváez Lenin Jamit

UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.84-92.

R

Ramos Pumacahua Augusto

ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORCIÓN DA ÁGUA DO AMIDO DE QUINOA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.95-104.

Romero Tabarez Magally

ACTIVIDAD LIPOLITICA DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON GRASAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.36-44.

Realpe Fernández Marcela

INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.19-26.

Ramírez Yuri Leiton

CAMBIOS EN PROPIEDADES MECANICAS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMOTICA DE PITAHAYA AMARILLA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.39-48.

Rubiano Ovalle Oscar

RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS // En Bio-

tecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.121-133.

Rengifo Rodas Carlos Felipe

RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.121-133.

Rojas Pineda Eduardo

RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.121-133.

Roa Acosta Diego

SEGUIMIENTO DE LA MOLIENDA ABRASIVA DEL GRANO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN DE DOS FRACCIONES CON POTENCIAL INDUSTRIAL// // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.95-66.

S

Sepúlveda Valencia José

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.

Schulman Gustavo

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

Serna Cock Liliana

CAMBIOS EN PROPIEDADES MECANICAS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMOTICA DE PITAHAYA AMA-

RILLA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.39-48.

Sanchez Peña Nazly Efredis

EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOFILTROS: REMOCIÓN DE CR (VI) EN EFLUENTES DE CURTIEMBRES SINTETICOS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

T

Taborda Ocampo Gonzalo

ANALYTICAL APPROACH OF THE VOLATILE FRACTION OF Solanum quitoense BY HS-SPME/GC-MS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.76-84.

Tapasco Alzate Omar

ANALYTICAL APPROACH OF THE VOLATILE FRACTION OF Solanum quitoense BY HS-SPME/GC-MS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.76-84.

Tovar león Yeily Paola

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.) EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ, BOYACA-COLOMBIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.11-18.

Tolaba Marcela

COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LA FRACCIÓN PROTEÍCA DEL GRANO DE AMARANTO EXTRAÍDA MEDIANTE MOLIENDA HÚMEDO-ÁCIDA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.123-130.

Telis Romero Javier

ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORCIÓN DE AGUA DO AMIDO DE QUINOA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.95-104.

Toro Jaramillo Iván Darío

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K" // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.105-115.

Tovar Hernández // Cristhian Emilio

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.30-38.

U

Úsuga Monroy Cristina

DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.131-137.

V

Villada Castillo Héctor Samuel

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K" // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.119-125.

Valencia Ramos Diana Paola

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE URACO (*Ocotea brevipedunculata* van der Werff), MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.66-75.

Vallejo Marisol

BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.

Vergara Collazos Diego

CONOCIMIENTOS Y PRÁCTICAS SOCIALES ASOCIADAS A CISTICERCOSIS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA COLOMBIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.65-74.

Villalba Malaver Juan Carlos

PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASOCIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpl EN LA VEGA, CAUCA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.22-29.

Vivas Quila Nelson

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA ZAPALLO (*Cucurbita moschata*) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.93-100.

Y

Yepes Luna Karen

DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.131-137.

Z

Zartha Sossa Jhon Wilder

MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K" // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.105-115.

ÍNDICE TEMÁTICO

Volumen 15, No 1 (Enero – Junio de 2017)

Edición Especial No 1 (Enero a Junio 2017)

Volumen 15, No 2 (Julio – Diciembre de 2017)

MICROBIOLOGÍA

- ACTIVIDAD LIPOLITICA DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON GRASAS/ Carmen Julia Pedroza Padilla, Magally Romero Tabarez, Sergio Orduz // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.36-44.
- CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIANO/ Mayra Fuentes Vanegas, Andrés Londoño Zapata, Mónica Durango Zuleta, Margarita Gutiérrez Buriticá, Susana Ochoa Agudelo , José Sepúlveda Valencia // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.45-55.
- EFECTO ANTIMICROBIANO DEL CLAVO Y LA CANELA SOBRE PATÓGENOS// Yenis Ibeth Pastrana Puche, Alba Manuela Durango-Villadiego , Diofanor Acevedo Correa // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.56-65.
- BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS/ Emilio Marguet , Marisol Vallejo , Gustavo Schulman , Cecilia Ibáñez , Pablo Ledesma , Romina Parada // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.112-120.
- EVALUACIÓN in vivo DE *Lactobacillus plantarum* CON CARACTERÍSTICAS PROBIÓTICAS MEDIANTE QUÍMICA SANGUÍNEA, INMUNOHISTOQUÍMICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN *Cavia porcellus*// Henry Jurado Gámez , Adriana Elisabeth Orbes Villacorte , Laura Nathaly Mesías Pantoja // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.11-21.

CIENCIAS FORESTALES

- ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DEL MERCADO DENDROENERGÉTICO

EN LA VEREDA CAJETE DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN / Alex Enrique Ordoñez Hoyos, Ronald Alejandro Macuacé Otero, Román Ospina Montealegre // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol 15 No 1, p.116-122.

- PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE URACO (*Ocotea brevipedunculata* van der Werff), MUNICIPIO DE SIBUNDOY, PUTUMAYO / José Franco Alvis Gordo, Laura Daniela Cabas Giraldo, Diana Paola Valencia Ramos // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.66-75.
- PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES ASOCIADOS A BOSQUES DE ROBLE *Quercus humboldtii* Bonpl EN LA VEGA, CAUCA// Alejandra Potosí Gutiérrez , Juan Carlos Villalba Malaver y Lizeth Yurany Arboleda Pino // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.22-29

AGROINDUSTRIA

- CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw.) EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ, BOYACA-COLOMBIA/ Ana Cruz Morillo Coronado, Yeily Paola Tovar León, Yacenia Morillo Coronado // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.11-18.
- ANALYTICAL APPROACH OF THE VOLATILE FRACTION OF *Solanum quitoense* BY HS-SPME/GC-MS/ Eduardo Corpas Iguarán, Gonzalo Taborda Ocampo, Omar Tapasco Alzate // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.76-84.
- COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LA FRACCIÓN PROTÉICA DEL GRANO DE AMARANTO EXTRAÍDA MEDIANTE MOLIENDA HÚMEDO-ÁCIDA / Diego Roa, Vicente Ortiz, Marcela Tolaba // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.123-130.
- ELABORACIÓN DE QUESITO ANTIOQUEÑO REDUCIDO EN SODIO Y ADICIONADO CON *Bifidobacterium lactis*// Edinson Eliécer Bejarano Toro; José Uriel Sepúlveda Valencia; Guillermo Correa Londoño.// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.27-35.
- CAMBIOS EN PROPIEDADES MECANICAS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMOTICA DE PITAHAYA AMARILLA//Alfredo Adolfo Ayala Aponte, Yuri Leiton Ramírez, Liliana Serna Cock // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.39-48.
- CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UNA COLECCIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)// Ana Cruz Morillo-Coronado, Mónica Andrea Castro Roberto, Yacenia Morillo Coronado // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.49-56.
- EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES/ Esteban Palacio Vásquez , John Heverth Hurtado Ibarbo, Juan Diego Arroyave Roa, Mauricio Cardona Caicedo, Jader Martínez Girón // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.142-152.
- ESTADO ACTUAL DEL USO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTAS Y HORTALIZAS/ Natalia Marcela Fernández, Diana Carolina Echeverría, Silvio Andrés Mosquera, Sandra Patricia Paz // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.134-141.
- EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN HARINA DE QUINUA(*Chenopodium quinoa* Willd) NORMAL Y GERMINADA// Cristhian Emilio Tovar Hernández , Edgar Alberto Perafán Gil , Mario German Enriquez Collazos , Yamid Pismag Portilla , Lorena Cerón Fernández // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.30-38.

- PROPIEDADES MECÁNICAS Y VISCOELÁSTICAS DE QUESO FRESCO ELABORADO CON LECHE DE BUFALA Y VACA / Roger de Hombre, Armando Alvis Bermúdez, Carlos García Mogollon // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.138-143.
- EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE POLICAPROLACTONA EN PELÍCULAS ELABORADAS A PARTIR DE ALMIDÓN Y ÁCIDO POLILÁCTICO// Germán Antonio Arboleda Muñoz, Camilo Elías Montilla Buitrago, Héctor Samuel Villada Castillo// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial, p.11-119.
- SEGUIMIENTO DE LA MOLIENDA ABRASIVA DEL GRANO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN DE DOS FRACCIONES CON POTENCIAL INDUSTRIAL// Diego Roa Acosta, Carlos González-Callejas, Yimy Calderón Yonda // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.59-66.
- ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORÇÃO DA ÁGUA DO AMIDO DE QUINOA// Augusto Pumacahua Ramos, Katherine Milusca Limaylla Guerrero, Javier Telis Romero, José Francisco Lopes Filho // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.95-104.

BIOTECNOLOGÍA

- DIVERSIDAD GENÉTICA EN PATRONES DE CÍTRICOS MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)/ Jeisson Steevens Gallego Colonia, Ayda Lilia Enríquez Valencia, Álvaro Caicedo Arana, Andrés Mauricio Posso Terranova, Jaime Eduardo Muñoz Florez // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.85-94.

CIENCIAS AGRICOLAS

- APORTE DE *Tithonia diversifolia* ENABONOS ORGÁNICOS: EFECTO EN PRODUCCIÓN Y SUELO EN CAUCA, COLOMBIA // Maayann Lisseth Moriones Ruiz, Consuelo Montes Rojas // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.101-111.
- ESTANDARIZACIÓN DE UN PROTOCOLO in vitro PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Eichhornia crassipes* CON *Neochetina* (Coleoptera: Curculionidae) // Diana Milena Muñoz Solarte, Liceth Alejandra Ante// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial, p.40-48.
- INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*)/ Carlos a. Cisneros r., Jaime Martín Franco, Marcela Realpe Fernández, Juan Carlos Fuenmayor // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.19-26.

CIENCIAS PECUARIAS

- CONOCIMIENTOS Y PRÁCTICAS SOCIALES ASOCIADAS A CISTICERCOSIS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA COLOMBIA// Alejandro Hurtado Hernández , Diego Vergara Collazos // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.65-74.

- EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN EN POLLOS ALIMENTADOS CON HARINA ZAPALLO (*Cucurbita moschata*)// Juliana Carvajal Tapia, Carlos Martínez Mamian, Nelson Vivas Quila // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 2**, p.57-64.
- LA INCLUSIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*) MEJORA PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN POLLOS DE ENGORDE / Tomás Antonio Madrid Garcés, Jaime Eduardo Parra Suescún, Albeiro López Herrera // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 2**, p.75-83.
- DETECCIÓN SEROLÓGICA DEL BLV EN MUESTRAS DE LECHE EN UNA POBLACIÓN DE VACAS HOLSTEIN, ANTIOQUIA //Cristina Úsuga Monroy, Lina Marcela López López, Karen Yepes Luna, José Julián Echeverri Zuluaga, Albeiro López Herrera // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 1**, p.131-137.
- UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS// Jose Miguel Campo Gaviria, Lenin Jamit Paz Narváez, Fredy Javier López Molina // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 2**, p.84-92.
- UTILIZACIÓN DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) ENRIQUECIDA CON *Pleurotus ostreatus* EN POLLOS// Jose Miguel Campo Gaviria, Lenin Jamit Paz Narváez, Fredy Javier López Molina // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 2**, p.84-92.

GESTIÓN TECNOLÓGICA

- RESEARCH CAPACITIES OF UNIVERSITIES: ESTIMATION OF PARAMETERS AND MODELING OF THE DYNAMICS OF THE RESEARCH SYSTEMS // Carolina Delgado Hurtado , Oscar Rubiano Ovalle , Carlos Felipe Rengifo Rodas , Eduardo Rojas Pineda // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 2**, p.121-133.
- MÉTODO DELPHI EN ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: Una aproximación para calcular el número de expertos y aplicación del coeficiente de competencia experta "K"// Jhon Wilder Zartha Sossa, Juan Manuel Montes Hincapié, Iván Darío Toro Jaramillo, Raúl Hernández Zarta, Héctor Samuel Villada Castillo, José Luis Hoyos Concha // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. **15 No 1**, p.105-115.

APICULTURA.

- FLORA MELIFERA Y SU OFERTA DE RECURSOS EN CINCO VEREDAS DEL MUNICIPIO DE PIENDAMÓ, CAUCA// Bibiana Patricia Montoya Bonilla, Aida Elena Baca Gamboa, Blanca Lilia Bonilla// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.20-28.

CIENCIAS AMBIENTALES

- EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOFILTROS: REMOCIÓN DE CR (VI) EN EFLUENTES DE CURTIEMBRES SINTÉTICOS// Tatiana Andrea Dávila Martínez, Nazly Efredis Sanchez Peña, Darwin Andrés Ordoñez Erazo, Jefferson Fabián, Muñoz López, Ricardo Benítez Benítez// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

- **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL // Arnol Arias Hoyos, José Luis Hernández Medina, Andrés Fernando Castro Valencia, Nazly Efredis Sánchez Peña // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.29-39.**
- **EVALUACIÓN DE UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA URBANA CON BOTELLAS PET EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN// Antonio José Chaguendo Dorado, Sandra Morales Velasco, Fabio Alonso Prado Cerón // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.57-64.**