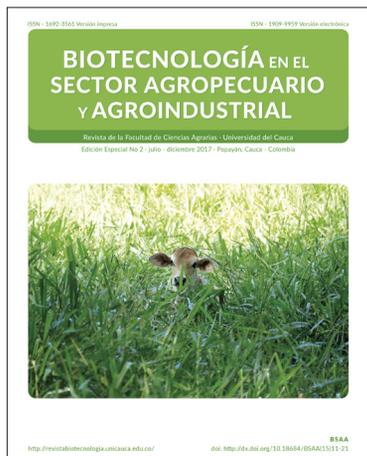




Universidad  
del Cauca





**FOTO DE PORTADA**  
**Nelson Vivas Quila - Ph. D.**  
 Universidad del Cauca



**Dirección Revista**  
 Facultad de Ciencias Agrarias  
 Universidad del Cauca  
 Calle 5 No.4-70 Popayán, Colombia  
 Teléfono: 311 768 15 72  
 e\_mail:  
 biotecnofaca@unicauca.edu.co  
 biotecnofaca2009@gmail.com  
 página web:  
 http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/

Revista Biotecnología en el Sector  
 Agropecuario 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 página  
 http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/

- VRI - Vicerrectoría de Investigaciones  
 Universidad del Cauca

## Biotecnología en el Sector Agropecuario 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

Edición Especial No 2 · Julio - Diciembre 2017.

**Héctor Samuel Villada - Ph.D.**  
 Editor de la Revista

### COMITÉ EDITORIAL

<p><b>Héctor Samuel Villada - Ph. D.</b>          Universidad del Cauca          Departamento de Agroindustria</p> <p><b>Silvio Andres Mosquera M. Sc.</b>          Universidad del Cauca          Departamento de Agroindustria</p> <p><b>Sandra Morales Velasco M.Sc.</b>          Universidad del Cauca          Departamento de Ciencias Agropecuarias</p> <p><b>Consuelo Montes M. Sc.</b>          Universidad del Cauca          Departamento de Ciencias Agropecuarias</p> <p><b>Diana Paola Navia, M. Sc.</b>          Universidad San Buenaventura          Cali, Colombia</p>	<p><b>Jhon Wilder Zartha S. - M. Sc.</b>          Universidad pontificia bolivariana (UPB)</p> <p><b>Michael Peters - Ph.D.</b>          Universidad de Giessen - CIAT</p> <p><b>Ángel Pérez - Ph. D.</b>          Universidad de Holguín de Cuba</p> <p><b>José Ángel Gómez Ruiz - Ph.D</b>          Universidad Autónoma de Madrid, España</p> <p><b>Henry Armando Jurado Gámez - Ph.D.</b>          Universidad de Nariño</p> <p><b>Jaime Ricardo Rosero Noguera - Ph.D.</b>          Universidad Nacional - Sede Medellín</p>
--	---

### COMITÉ CIENTÍFICO

<p><b>Nelson Vivas Quila - Ph. D.</b>          Universidad del Cauca          Departamento de Ciencias Agropecuarias</p> <p><b>Misael Cortés Rodríguez - Ph. D.</b>          Universidad Nacional de Colombia - Sede          Medellín</p> <p><b>Alfredo Ayala Aponte Ph. D.</b>          Universidad del Valle          Escuela de Ingeniería de Alimentos</p> <p><b>Xuebing Xu - Ph. D. Biocentrum.</b>          Instituto de Biotecnología de Dinamarca</p>	<p><b>Vijaya Raghavan - Ph. D.</b>          Universidad de Mcgill de Canadá</p> <p><b>Byong Lee - Ph. D.</b>          Universidad de Mcgill de Canadá</p> <p><b>Francisco J. Moreno Andújar - Ph.D.</b>          Instituto de fermentaciones industriales          Madrid, España</p> <p><b>María del Mar Villamiel G. Ph.D.</b>          Universidad Complutense de Madrid</p>
--	---

Asistente Editorial  
**Willian Enrique Sotelo O.**

Diseño y Diagramación  
**Área de Desarrollo Editorial**  
 Universidad del Cauca

Impresión  
 Taller Editorial Universidad del Cauca  
 Carrera 3 N° 3 N - 51. - Popayán - Colombia



## UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Rector  
**José Luis Diago Franco**

Vicerrector Académico  
**Luis Guillermo Jaramillo Echeverry**

Vicerrector Administrativo  
**Cielo Pérez Solano**

Vicerrector De Investigaciones  
**Héctor Samuel Villada Castillo**

Vicerrector De Cultura Y Bienestar  
**Deibar René Hurtado**

Secretaría General  
**Laura Ismenia Castellanos Vivas**

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Decano  
**Luis Alfredo Londoño Velez**

Secretaría General  
**Tania Maritza Pabón Ruíz**

Jefe Departamento Agroindustria  
**Jesús Eduardo Bravo Gómez**

Jefe Departamento Ciencias Agropecuarias  
**Roman Stechauner Roninger**

Coordinador Programa Ingeniería Forestal  
**José Franco Alvis Gordo**

Coordinador Programa De Ingeniería Agroindustrial  
**Deyanira Muñoz Muñoz**

Coordinador Programa De Ingeniería Agropecuaria  
**Hugo Hernan Erazo Gómez**

Coordinador Programa De Tecnología Agroindustrial  
**Raquel Eugenia de la Cruz Noguera**

## Universidad del Cauca Facultad de Ciencias Agrarias Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial

### ✦ INFORMACIÓN GENERAL

La Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial es una publicación con periodicidad semestral, arbitrada, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, que acepta trabajos originales e inéditos 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 en temas como 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 (idioma sugerido para mayor visibilidad y factor de impacto), inglés y portugués.

### ✦ POLÍTICAS EDITORIALES

**Compromiso de tipo formal.** Con la remisión del manuscrito postulado para evaluación y publicación, el (los) autor(es) acepta(n) la totalidad de las condiciones estipuladas en las normas.

**Compromiso de tipo ético.** Los autores deben establecer, por escrito, un compromiso de tipo ético en cuanto a la originalidad del manuscrito postulado: *“El autor(es) firmante(s) declara que el manuscrito 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 institucional, 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. La concesión de Derechos de Autor significa la autorización para que la revista pueda hacer uso del manuscrito, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica- tecnológica. En ningún caso, dichos derechos afectarán la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as).

### ✦ PROCESO GENERAL

**Envío de manuscritos.** El texto completo de los trabajos en formato Word más la carta de presentación y la información de los evaluadores sugeridos (dos pares nacionales y dos internacionales), deben remitirse por correo electrónico ([biotecnofaca@unicauca.edu.co](mailto:biotecnofaca@unicauca.edu.co) o [biotecnofaca2009@gmail.com](mailto:biotecnofaca2009@gmail.com)) o por intermedio de la plataforma Open Journal System (OJS), luego del registro como usuario.

**Proceso de evaluación.** El proceso inicia con la revisión por parte del Comité Editorial que se reserva el derecho de rechazar un manuscrito (decisión definitiva e inapelable) que presente deficiencias en estructura y redacción y que no cumpla con las áreas temáticas, las normas de publicación y referencias pertinentes o sugerir modificaciones con el objeto de lograr una mejor calidad. Los trabajos aceptados se evaluarán a ciegas, por dos (2) árbitros expertos en el área de conocimiento, quienes emitirán un concepto detallado sobre la pertinencia y 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. Por ningún motivo se permitirá la evaluación simultánea de más de dos manuscritos por un autor proponente.

Si el concepto de los dos árbitros coincide, el Editor-Jefe acepta o rechaza el manuscrito. Si no coincide, se busca el concepto de un tercer árbitro: si es rechazado, el manuscrito y las observaciones de los árbitros se remiten a los autores para que consideren su publicación en otro medio. Si el manuscrito es aceptado con modificaciones menores o mayores, éste y las observaciones de los árbitros se remiten a los autores para que éstos remitan una versión revisada y corregida en máximo 20 días, acompañada de una carta dirigida al Editor-Jefe enumerando detalladamente los cambios realizados con base en las observaciones de los árbitros: será el Editor-Jefe quien decida sobre la aceptación de la versión corregida. Pasados los 20 días, el editor, a discreción, tratará el manuscrito como caducado, por lo que deberá ser presentado nuevamente siguiendo el proceso indicado.

## TIPOS DE ARTÍCULOS

---

**Artículos de investigación científica.** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones culminadas y está constituido por: 1. INTRODUCCIÓN, 2. MÉTODO, 3. RESULTADOS, 4. CONCLUSIONES y 5. REFERENCIAS. Los agradecimientos son opcionales y se incluyen luego de las 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 y está constituido por: 1. INTRODUCCIÓN, 2. MÉTODO, 3. RESULTADOS, 4. CONCLUSIONES y 5. REFERENCIAS. Los agradecimientos son opcionales y se incluyen luego de las conclusiones.

**Artículos de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación sobre un tema específico bajo una óptica analítica, interpretativa y crítica del(los) autor(es) con base en fuentes originales (por lo menos 30 referencias). La estructura es: 1. RESUMEN, 2. INTRODUCCIÓN, 3. DESARROLLO DEL TEMA, 4. CONCLUSIONES y 5. REFERENCIAS.

**Artículo de revisión (Review).** Documento resultado de una revisión analítica y crítica de literatura (mínimo 50 referencias) sobre un campo en ciencia o tecnología en el que se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas para mostrar los avances científicos y las tendencias de desarrollo, más los aportes de los proponentes. Está compuesto por: 1. RESUMEN, 2. INTRODUCCIÓN, 3. DESARROLLO DEL TEMA, 4. CONCLUSIONES y 5. REFERENCIAS.

**Cartas al editor.** Son comunicaciones cortas, con posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los manuscritos publicados previamente en la revista, temas o asuntos de interés profesional para los lectores, 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, con 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 ningún otro medio.
- Consistencia metodológica: en donde se haga evidente el uso de métodos y técnicas de investigación válidos.
- Significación del asunto tal que informe o ilustre situación relevante 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.

### Partes del manuscrito

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 de los alcances de otros investigadores que alimenten la discusión.

Las **CONCLUSIONES** se describen de forma clara y precisa, derivadas del análisis de los resultados y con base en los objetivos planteados.

Los **AGRADECIMIENTOS** se incluyen si el autor(es) lo desea (n), redactados en forma sobria y que no supere 4 líneas.

Las **REFERENCIAS** deben contener todos los documentos consultados.

**Formato general.** La extensión máxima es de 12 páginas, en tamaño carta (21,59 cm de ancho y 27,94 cm de alto) con interlineado sencillo y contenido a doble columna (7,5 cm de ancho de columna) a partir de la INTRODUCCIÓN, escrito en Arial recta (excepto los nombres científicos que van en cursiva) de 11 puntos, márgenes de 3 cm en el borde superior, 2 cm en el inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales. Las cifras decimales se separan con coma y los nombres científicos se escriben en cursiva. Cuando se usen siglas, debe indicarse el significado completo la primera vez, luego puede usarse la sigla como tal.

**Título del manuscrito.** Debe estar en los tres idiomas y hacer referencia al contenido de una forma clara y concisa, escrito en Arial recta 11 puntos (excepto los nombres científicos), mayúscula, negrilla y centrado y no debe exceder 15 palabras: si ello no es posible, deberá incluir un subtítulo luego de dos puntos.

**Información del autor (es).** Los autores se nombran según la importancia y contribución en la investigación o en la preparación del manuscrito, separados entre sí por comas y enumerados con superíndice. Posterior a los títulos, a dos interlíneas, centrado, en mayúscula y sin negrilla, incluir primer y segundo nombre si lo tiene, primer y segundo apellido separados por un guión medio. En nota al pie de página (Arial 8 puntos, en la parte inferior de la primera página y justificada) se indicará la filiación de cada autor, finalmente la palabra **Correspondencia** (en negrilla) y dos puntos, en la que debe aparecer el correo institucional del autor elegido para el envío de correspondencia.

**Ejemplo:**

<sup>1</sup>Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA).  
Máximo título profesional alcanzado. Ciudad, País.

**Correspondencia:** gfvssp@unicauca.edu.co

**Resumen.** La palabra RESUMEN debe justificarse al margen izquierdo, en mayúscula y negrilla, iniciando la escritura luego de dos interlíneas en un solo párrafo justificado sin exceder de 200 palabras e incluirá Introducción, justificación, objetivos, metodología, resultados y conclusiones de la investigación haciendo énfasis en los logros alcanzados. Debe ser conciso, escrito en español, inglés (**ABSTRACT**) y portugués (**RESUMO**).

**Palabras clave.** Se ubican luego de cada resumen. El título en mayúscula, negrilla, en español (**PALABRAS CLAVE**), inglés (**KEYWORDS**) y portugués (**PALAVRAS-CHAVE**) seguido de dos puntos. Se admiten, mínimo tres (3) y máximo cinco (5) palabras clave que no hagan parte del título, con la primera letra en mayúscula, separadas entre sí por coma y con punto al final.

**Ejemplo:**

**PALABRAS CLAVE:** Reología, Pos cosecha, Maduración, *Bactris gasipaes*.

**Cuadros y figuras.** Se acepta un máximo de 6 figuras y/o cuadros y deberán aparecer dentro del texto y procesarse en el formato original, con buen contraste y resolución (calidad mínima de 300 dpi) para evitar policromías y facilitar la diagramación. El título va en la parte superior y no debe superar dos líneas, en Arial recta normal 9, separado por una interlinea y con punto final; debe incluir la palabra Cuadro o Figura seguido del número arábigo consecutivo (en negrilla), un punto y una breve descripción (Ejemplo: **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** (en arial recta 11 puntos). Los de primer nivel (partes principales del manuscrito) con mayúscula sostenida y negrilla; los de segundo nivel con mayúscula inicial, negrilla y sin punto final, separados del texto por dos interlíneas. Los de tercer nivel con mayúscula inicial, negrilla y un punto seguido, continuando el texto en el mismo renglón luego de un espacio.

**Ejemplo:**

**MÉTODO**

**Materiales**

Material vegetal. El material vegetal usado.....

**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 (para mayor facilidad, insertarlas en un cuadro de dos columnas, sin bordes), citándolas en el sitio indicado. El significado de las variables y sus respectivas unidades deben aparecer luego de que se utilicen por primera vez, usando el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**Referencias.** Deben ser al menos 20 y mínimo el 70% de ellas deben ser recientes (de los últimos tres años) y corresponder a artículos de investigación científica (al menos el 60% del total) de corriente principal que puedan respaldar lo escrito, minimizando el uso de literatura gris (tesis, de informes locales y de poco alcance, y de trabajos de congresos, a menos que sea necesario). Dentro del manuscrito se deben indicar según el orden de aparición y encerradas entre corchetes [1,2], notación que se mantendrá en la sección de **REFERENCIAS**. Se permitirá máximo un 15% de autocitación y se espera que gran parte de las citas provengan del idioma inglés. Si la referencia cuenta con 4 o más autores, usar *et al.*

Para las referencias se deben seguir estos criterios:

**Artículo científico:**

SMITH, J.S., SORIA-WHITE, 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, DOI (si lo tiene).

**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): Instituto Argentino de Investigaciones, 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.

**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 referencias 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.ilsa.org/Europe/Publications/C2002Con\\_Food.pdf](http://www.ilsa.org/Europe/Publications/C2002Con_Food.pdf). [citado 13 mayo de 2009].



## EDITORIAL

## ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

- 14 **Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de frijol caupí en el caribe húmedo colombiano**  
Hermes Araméndiz-Tatis, Miguel Espitia-Camacho, Carlos Cardona-Ayala
- 23 **Cuantificación de coliformes totales en estuario del río Ranchería**  
Geomar Enrique Molina-Bolívar, Iris Agustina Jiménez-Pitre, Diofanor Acevedo-Correa
- 30 **Conservación microbiológica de embutido carnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris***  
Adriana Tofiño-Rivera, Mailen Ortega-Cuadros, Belkis Katina Herrera-Hinojosa, Pedro Fragoso-Castilla, Bertilda Pedraza-Claros
- 42 **Estabilidad del polvo de aguacate adicionado con componentes activos durante el almacenamiento**  
Marilza Piedad Ruiz-Ruiz, Misael Cortes-Rodríguez, Jesus Humberto Gil-Gonzalez
- 52 **Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli***  
Francisco Emilio Argote-Vega, Zully Jimena Suarez-Montenegro, Magaly Elizabeth Tobar-Delgado, Jose Angel Perez-Alvarez, Andres Mauricio Hurtado-Benavides, Johannes Delgado-Ospina
- 61 **Evaluación fisicoquímica y sensorial de salchichas con inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.)**  
José Igor Hleap-Zapata, Margoth Yaqueline Burbano-Portillo, Jenny Maricel Mora-Vera
- 72 **Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*)**  
Angela Viviana Ruales-Salcedo, Andrés Felipe Rojas-González, Carlos Ariel Cardona-Alzate

**ÍNDICE TEMÁTICO**

**ÍNDICE DE AUTORES**

Hace parte del lenguaje cotidiano hablar de inteligencia artificial, de robótica, de innovación de biotecnología, energías renovables, agroindustria, producción limpia y de otros tantos temas, que en gran medida son resultado de la impronta que le pone la generación **millennials-los nacidos entre 1981 y 2000, generación que ha modificado las interacciones sociales, dando paso a** la mundialización de las culturas que **exigen** formas y comportamientos diferentes de ver y vivir la vida con ritmo frenéticamente acelerado, resultando una mixtura entre el pasado - futuro que es el presente, entre lo complejo - simple como real, entre lo corporal - etéreo que es lo material y lo cerca - distante sin distancias.

Es así como en el marco de este escenario, las temáticas expuestas en esta edición especial de la revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial que son el resultado de investigaciones realizadas en hechos cotidianos, son de gran interés porque contribuyen a las dinámicas de los nuevos contextos. El frijol caupí como cultivo de importancia social, económica y alimenticia del Caribe colombiano por Araméndiz, Espitia y Cardona; La cuantificación de coliformes para actividades agrícolas y para la vida urbana por Molina, Jiménez y Acevedo. Así mismo, Tofiño, Ortega, Herrera, Fragoso, Pedraza, presentan como los aceites esenciales de *T. vulgaris* y *E. caryophyllata* pueden ser una alternativa como conservantes en embutido cárnico artesanal y Ruiz, Cortes, Gil, muestran la estabilidad de las propiedades del polvo de aguacate adicionado con vitaminas y minerales (PA+CA) empleando secado por atomización, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento.

De igual manera, Argote Suarez Tobar Perez Hurtado Delgado, investigaron las propiedades bactericidas, fungicidas y antioxidantes de los aceites esenciales. Hleap, Burbano, Mora estudiaron como la harina de quinua puede utilizarse como sustituta total de harina de trigo en embutidos y Ruales, Rojas, Cardona presentan como los escobajos y las semillas de (**uva isabella (*vitis labrusca*)**) podrían ser empleados en la formulación de cremas, alimentos funcionales y alimentos enriquecidos.

Resultado de estas nuevas dinámicas organizacionales que trae consigo certezas y expectativas, sólo queda preguntarse: ¿Será que la generación Z – nacidos a partir de 1995, los hermanos menores de los Millenials, tendrán la misma capacidad de proponer trasformaciones que conlleve a nuevas formas de vida?

SONIA GAVIRIA ARMERO<sup>1</sup>

1 Profesora de la Fundación Universitaria de Popayán, FUP, Magister en Educación y Desarrollo Humano. Integrante del grupo de Investigación en Producción Agropecuaria Sostenible GINPAS de la FUP.

## Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de frijol caupí en el caribe húmedo colombiano

## Phenotypic adaptability and stability of cowpea cultivars in the colombian humid caribbean

## Estabilidade e adaptabilidade fenotípica de cultivares de feijão-caupi no caribe úmido colombiano

HERMES ARAMÉNDIZ-TATIS<sup>1</sup>, MIGUEL ESPITIA-CAMACHO<sup>2</sup>, CARLOS CARDONA-AYALA<sup>3</sup>

### RESUMEN

*El frijol caupí es un cultivo de importancia social, económica y alimenticia del Caribe colombiano. El objetivo del estudio fue seleccionar genotipos de frijol caupí con base en parámetros de adaptabilidad y estabilidad. Se evaluaron nueve genotipos en seis ambientes representativos del Caribe húmedo colombiano, durante los años 2013 y 2014. La evaluación agronómica de los genotipos se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones en todos los ambientes. Para este estudio se consideraron el rendimiento de grano, número de*

Recibido para evaluación: 25 de Julio de 2016.

Aprobado para publicación: 9 de Agosto de 2017.

- 1 Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Cultivos Tropicales de Clima Cálido. Ph.D. Montería, Colombia.
- 2 Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Cultivos Tropicales de Clima Cálido. Ph.D. Montería, Colombia.
- 3 Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Cultivos Tropicales de Clima Cálido. Ph.D. Montería, Colombia.

Correspondencia: haramendiz@correo.unicordoba.edu.co

granos por vainas y peso de 100 semillas. La estabilidad y adaptabilidad de los genotipos fueron evaluadas por los métodos de Wricke, Eberhart y Russel, Lin y Binns, y Carneiro. El análisis de varianza combinado detectó diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre ambientes, genotipos e interacción genotipo x ambiente para las tres variables estudiadas. Tres de los cuatro métodos aplicados identificaron al genotipo L-042 como el de mejor estabilidad y adaptabilidad para las condiciones ambientales evaluadas. Las líneas L-042 y L-019 acusaron rendimientos superiores a  $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , que las torna muy promisorias para el Caribe húmedo y permitió la liberación del genotipo L-042 como nuevo cultivar, con el nombre de CAUPICOR 50.

## ABSTRACT

The cowpea crop is one of the greatest social, economic and nutritional importance of the Colombian Caribbean. The aim of the study was to select cowpea genotypes on base adaptability and stability parameters. Nine genotypes were evaluated in six representative environments of the Colombian humid Caribbean, during the years 2013 and 2014. Agronomic evaluation of genotypes was made under a randomized complete block design with nine treatments and four replications in all environments. For this study, the variables grain yield, number of grains per pod and weight of 100 seeds were evaluated. The adaptability and stability of the genotypes were evaluated by means of Wricke, Eberhart and Russel, Lin and Binns, and Carneiro methods. The combined analysis of variance detected highly significant differences ( $p < 0,001$ ) between environments, genotypes and genotype x environment interaction for the three variables studied. Three of the four methods applied identified the genotype L-042 as the best stability and adaptability to environmental conditions evaluated. The L-042 and L-019 lines showed yields higher than  $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , which makes them very promising for the Colombian humid Caribbean. The L-042 line was released as a new cultivar, with the name of CAUPICOR 50.

## RESUMO

O feijão caupi é uma cultura de importância social, econômica e alimentícia do Caribe colombiano. O objetivo deste estudo foi selecionar genótipos de feijão-caupi com base em parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, nove genótipos foram avaliados em seis ambientes representativos do Caribe úmido colombiano, durante os anos 2013 e 2014. A avaliação agrônoma dos genótipos foi realizada em delineamento de blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições para todos os ambientes. Para este estudo, consideraram-se o rendimento de grão, o número de grãos por vagens e o peso de 100 sementes. A adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram avaliadas por meio dos métodos de Wricke, Eberhart e Russel, Lin e Binns e Carneiro. A análise de variância conjunta detectou diferenças altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre ambientes, genótipos e interação genótipos x ambientes para as três variáveis estudadas. Três dos quatro métodos aplicados identificaram o genótipo L-042 como o de melhor estabilidade e adaptabilidade para as condições ambientais avaliadas. As linhas L-042 e L-019 mostraram rendimentos superiores a  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , tornando-as muito promissoras para o Caribe

## PALABRAS CLAVE:

Selección, Rendimiento de grano, Mejoramiento genético, Interacción genotipo x ambiente, Fecha de siembra

## KEYWORDS:

Selection, Grain yield, Genetic improvement, Genotype x environment interaction, Sowing dates.

## PALAVRAS-CHAVE:

Seleção, Rendimento de grãos, Melhoramento genético, Interação genótipos x ambientes, data de plantio.

*úmido e permitu o lançamento da linhagem L-042 como nova cultivar, com o nome de CAUPICOR 50.*

## INTRODUCCIÓN

El frijól caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), es la leguminosa de mayor importancia en el Caribe colombiano, por su alto contenido de proteína, hierro y zinc; donde es cultivado por pequeños productores de economía campesina, con cultivares criollos, que tienen bajo rendimiento ( $600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) debido al uso de semillas no certificadas y déficit hídrico. Este panorama obedece al rezago tecnológico del sector agropecuario, ya que muchos cultivos perdieron su dinámica de investigación, como el frijól caupí; registrándose una brecha tecnológica en el país que ha conducido a importaciones del orden de las 5632 toneladas para satisfacer su demanda [1], especialmente, para la región Caribe, donde forma parte de sus hábitos alimenticios.

Considerando que el rendimiento es uno de los problemas que más afecta la competitividad de este cultivo, por el uso de cultivares obsoletos, es menester de los programas de mejoramiento genético en su fase final, identificar genotipos que respondan a la oferta ambiental heterogénea de las zonas productoras; ya que la agricultura del siglo XXI demanda la producción eficiente de más alimentos por unidad de superficie, dado que la tasa de crecimiento poblacional del 1,9% conducirá en el año 2030 a una población de 62.695 millones de colombianos [2]. Por lo tanto, genotipos con alto potencial de rendimiento, calidad de grano y buenas características agronómicas deben ser evaluados en un conjunto de ambientes contrastantes (localidades y años), en las zonas productoras del cultivo. En estos ambientes diversos factores contribuyen a la inestabilidad de la producción, como manejo agronómico, calidad de la semilla, plagas, enfermedades y condiciones climáticas entre otros, que inciden en el sistema de producción [3].

El comportamiento de una variedad es una función del genotipo (G), del ambiente (A) y de la interacción genotipo - ambiente (GxA), dificultando la selección de los que poseen amplia adaptación como los más estables [3]. La identificación de genotipos que mantengan un registro estable de rendimiento, independiente de las variaciones ambientales como de aquellos que respondan a una oferta ambiental favorable son recomendados para diferentes tipos

de productores. De esta manera, los genotipos estables son liberados para agricultores tradicionales que no usan o demandan pocos insumos; en tanto que los que responden a los ambientes favorables, son recomendados para agricultores que invierten en el mejoramiento de la oferta ambiental [4].

Diversas metodologías han sido aplicadas para el análisis de estabilidad y adaptabilidad en frijól común (*Phaseolus vulgaris* L.) y frijól caupí (*Vigna unguiculata*), destacándose aquellas basadas en el análisis de regresión como la de Eberhart y Russell [5]; la Ecovalencia de Wricke [6], que se sustenta en la partición de la interacción GxA en sumas de cuadrados en donde cada genotipo aporta a dicha interacción; las no paramétricas como Lin y Binns [7] y Carneiro [8], que a través de un índice paramétrico (Pi) e igualmente (Pif) y (Pid) caracterizan los genotipos por su estabilidad, adaptabilidad y rendimiento medio; siendo soporte en la liberación de nuevas variedades [9,10].

Estudios sobre adaptabilidad y estabilidad realizados por [9] en frijól caupí con metodologías no paramétricas y paramétricas, resaltan que el método de no paramétrico y segmentados fueron coherentes para identificar el cultivar más adecuado y estable.

El objetivo del presente estudio fue seleccionar genotipos de frijól caupí con base en parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica.

## MÉTODO

### Material genético y localización experimental

En el estudio se evaluaron ocho líneas obtenidas por selección individual (S.I.) de la población criollo Córdoba por el programa de mejoramiento genético de la Universidad de Córdoba y la población parental Criollo Córdoba, como testigo de dicho proceso (Cuadro 1).

Los genotipos fueron sembrados bajo las condiciones agroecológicas de seis ambientes representativos del Caribe húmedo. Los ambientes de evaluación correspondieron a la combinación de localidades y años; en los municipios de Montería (Córdoba), localizado en las coordenadas  $08^{\circ} 47' 28''$  latitud norte y  $75^{\circ} 51' 36''$  longitud oeste, durante los semestres 2013 B y 2014 A; Cereté (Córdoba) situado en las coordenadas  $08^{\circ} 52' 30''$  latitud norte y  $75^{\circ} 46' 21''$  longitud oeste, en los semestres 2013B y 2014 A;

**Cuadro 1.** Genotipos de frijol caupí evaluados en seis ambientes del Caribe colombiano.

Genotipo	Origen	Color semilla
L-001	S. l.	crema
L-006	S. l.	crema
L-014	S. l.	crema
L-019	S. l.	crema
L-020	S. l.	crema
L-034	S. l.	crema
L-042	S. l.	crema
L-047	S. l.	crema
Criollo Córdoba	Agricultores	crema

Mahates (Bolívar) ubicado en las coordenadas 10° 12' 48" latitud norte y 75° 06' 30", longitud oeste; durante el segundo semestre de 2013B y Sampedra (Sucre), bajo las coordenadas 09° 14' 21.7" latitud norte y 75° 24' 52,8" longitud oeste, en 2014A.

### Variables de respuesta

Se evaluaron en el período comprendido entre octubre de 2013 a diciembre de 2013 y de abril de 2014 a junio de 2014, en 216 unidades experimentales; los componentes del rendimiento para el frijol como son el rendimiento de grano, número de granos por vainas y peso de 100 semillas de líneas avanzadas de uso exclusivo del programa de mejoramiento genético del frijol caupí de la Universidad de Córdoba.

### Diseño experimental

La evaluación agronómica de los genotipos se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con nueve tratamientos, de los cuales ocho corresponden a líneas experimentales y como testigo el material parental "Criollo Córdoba" con cuatro repeticiones en los seis ambientes. Cada unidad experimental estuvo conformada por seis surcos de cinco metros de largo por 0,5 m entre plantas y 1,0 m entre surcos, para una población de 20.000 plantas por hectárea. Como parcela útil se consideraron los dos surcos centrales y para evitar el efecto de borde fueron colocados en los extremos dos surcos adicionales del cultivar Criollo Córdoba.

Los datos de rendimiento de grano, número de vainas y peso de 100 semillas fueron sometidos a sus respectivos análisis de varianza, individual para cada ambiente, seguido de un análisis combinado de va-

rianza y pruebas de medias. Los genotipos fueron considerados como efectos fijos y el ambiente como aleatorio. Una vez detectada la significancia de la interacción GxA, fueron realizados los análisis de estabilidad y adaptabilidad referentes a los nueve cultivos en seis ambientes, utilizando las metodologías propuestas por Ecovalencia de Wricke [6], Eberhart y Russell [5], Lin y Binns [7] y Carneiro [8]. Para la realización de estos análisis, fue utilizado el programa estadístico GENES V.2013.5.1 [10].

La metodología propuesta por Wricke [6], se basa en el parámetro de estabilidad conocido como "ecovalencia ( $\omega_i$ )", es uno de los métodos más sencillos y determina la contribución de cada genotipo a la interacción GxA. Los genotipos con valores pequeños de  $\omega_i$  son considerados como estables y se calcula de la siguiente manera:

$$\omega_i = r \sum_j GA_{ij}^2 = r \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2 \quad [\text{Ec.1}]$$

Donde:

$\omega_i$  = ecovalencia del genotipo i en relación a la interacción genotipo x ambiente total;

$Y_{ij}$  = valor de la característica en el genotipo i en el ambiente j;

$\bar{Y}_i$  = media general del genotipo i;

$\bar{Y}_j$  = media general del ambiente j;

$\bar{Y}_{..}$  = media general de todos los genotipos y ambientes.

Según Wricke [6] el genotipo ideal a seleccionar, es aquel que presenta el menor valor de  $\omega_i$  y el más alto rendimiento promedio.

La metodología de Eberhart y Russell [5], considera la media del genotipo, el coeficiente de regresión ( $\beta_i$ ) como medida de la respuesta de un cultivar en diferentes ambientes y el desvío de la regresión ( $\delta_{ij}$ ) que mide la consistencia de dicha respuesta. El coeficiente de regresión se calcula con el efecto ambiental (índice ambiental), considerado fijo, y representa la respuesta de un genotipo al mejorar la condición ambiental, mientras que el segundo representa una medición de variabilidad de la respuesta, interpretada como falta de consistencia. Un genotipo es deseable

si su media es superior al promedio general, su coeficiente de regresión es igual a 1 y las desviaciones de regresión igual a 0. Los anteriores parámetros son estimados de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} \quad [\text{Ec.2}]$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Media fenotípica del *i*ésimo genotipo en el *j*ésimo ambiente ( $i = 1, 2, \dots, n$ ); ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

$\mu_i$  = Promedio del genotipo *i*ésimo sobre todos los ambientes;

$\beta_i$  = Coeficiente de regresión que mide la respuesta del genotipo *i*ésimo a la variación de ambiente, basada en él;

$I_j$  = Índice ambiental que resulta de la diferencia entre el promedio de todos los genotipos en el *j*ésimo ambiente menos el gran promedio o media general de todos los experimentos;

$\delta_{ij}$  = Desviación de la regresión del *i*ésimo genotipo en el *j*ésimo ambiente.

La metodología de Lin y Binns [7], clasifica los genotipos en función del parámetro ( $P_i$ ), que asocia la estabilidad, adaptabilidad y rendimiento promedio. El cultivar más estable y deseable es aquel que tiene un rendimiento próximo al máximo en varios ambientes, o sea el que registre un menor ( $P_i$ ).

Para estimar los parámetros de estabilidad por la metodología propuesta se utiliza la siguiente expresión:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2N} \quad [\text{Ec.3}]$$

$P_i$  = Estimativa de adaptabilidad o estabilidad del cultivar *i* a través de todos los ambientes;

$\mu_i$  = Promedio del genotipo *i*ésimo sobre todos los ambientes;

$X_{ij}$  = Rendimiento del cultivar *i* en el ambiente *j*;

$M_j$  = Rendimiento máximo obtenido en todos los cultivos en el ambiente *j*;

$N$  = Número de ambientes.

El método de Lin y Binns [7], fue modificado por Carneiro [8] con el fin de identificar genotipos superiores para los ambientes favorables y desfavorables. Los siguientes parámetros fueron considerados:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f} \quad [\text{Ec.4}]$$

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

$P_{if}$  = Estimador de  $P_{ig}$  para ambientes favorables;

$P_{id}$  = Estimador de  $P_{ig}$  para ambientes desfavorables;

$f$  = Número de ambientes favorables;

$d$  = Número de ambientes desfavorables;

$Y_{ij}$  = Rendimiento del cultivar *i* en el ambiente *j*;

$M_j$  = Rendimiento máximo obtenido en todos los cultivos en el ambiente *j*.

## RESULTADOS

### Análisis de varianza y comparación de medias

El análisis de varianza para número de semillas por vainas (SEMV), peso de 100 semillas (P100S), y rendimiento de grano (RTO) detectó diferencias altamente significativas entre ambientes, genotipos y en la interacción genotipo por ambiente para las tres variables en estudio (Cuadro 2). Estos resultados señalan que al menos entre dos ambientes o entre dos genotipos se registraron diferencias en las características evaluadas. La presencia de interacción significativa refleja las diferentes sensibilidades de los genotipos en los ambientes evaluados, lo que limita la identificación de cultivos superiores para todo el Caribe húmedo con diferentes condiciones ambien-

tales, circunstancia que concuerda con [9, 11, 12, 13, 14 y 15], por el cambio en la clasificación de dichos cultivares como reflejo de los efectos ambientales.

A nivel de la oferta edafoclimática que ofrecieron los ambientes, el número de semillas por vainas osciló entre 10,66 para Montería 2014A a 13,47 en Montería 2013B; el peso de 100 semillas fluctuó entre 15,74 g para Montería 2014A a 19,94 g en Sampués 2014A y el rendimiento de grano varió entre 683 kg ha<sup>-1</sup> en Mahates 2013B a 1425 kg ha<sup>-1</sup> en Montería 2013B (Cuadro 3), lo que puede obedecer a la cantidad y distribución de la precipitación y la fertilidad de los suelos [3].

En lo concerniente a genotipos (Cuadro 4), el número de semillas por vainas varió entre 11,33 (L-047) a 14,16 (L-014) con una media de 12,24, valor superior en un grano al reportado por [11] y menor en dos granos al encontrado por [3]; el peso de 100 semillas fluctuó entre 14,48 g (L-034) a 20,44 g (L-042) con una media de 17,44 g que es superior a la reportada por [3, 11]; en tanto que el rendimiento de granos varió de 554 kg ha<sup>-1</sup> (L-020) a 1104 kg ha<sup>-1</sup> (L-042) con una media de 920 kg. ha<sup>-1</sup>, superior al reportado por [3, 11, 16]; que acusaron valores medios de 794 y 706 kg ha<sup>-1</sup>, ello demuestra que existe una estabilidad agronómica en la cual los genotipos responden efectivamente al potencial productivo ofrecido por los ambientes.

La magnitud de los efectos ambientales (78,98%), mucho mayor que los efectos genéticos (18,42%) y que la interacción genotipo por ambiente (2,58%), para el rendimiento de

**Cuadro 2.** Cuadrados medios del análisis combinado de varianza para tres variables agronómicas a partir de la evaluación de nueve genotipos de frijol caupí en seis ambientes del Caribe húmedo colombiano, 2013B y 2014A.

Fuente de variación	GL	SEMV (#)	P100S (g)	RTO (t ha <sup>-1</sup> )	VARIACIÓN (%)
Bloques	18	1,27	2,32	0,232	
Ambientes (A)	5	40,55 **	70,62 **	2,44**	78,98
Genotipos (G)	8	24,75 **	123,71 **	0,569**	18,42
G x A	40	1,41*	8,75 **	0,080**	2,58
Error	144	0,92	1,93	0,62	
Total	215	2,85	9,36	0,154	
Media		12,24	17,44	0,92	
C.V %		7,85	7,97	26,78	

SEMV: número promedio de semillas en cinco vainas; P100S: peso de 100 semillas; RTO: rendimiento de granos; \*\*, \* = Significativos al 1% y 5% de probabilidad.

**Cuadro 3.** Valores promedios de semillas por vaina (SEMV), peso de 100 semillas (P100S) y rendimiento de grano (RTO) evaluadas en seis ambientes del Caribe húmedo colombiano.

Ambiente	SEMV(#)	P100S (g)	RTO (t ha <sup>-1</sup> )
Monteria.2013B	13,47 a	16,40 c	1,425 a
Monteria.2014A	10,66 d	15,74 c	0,856 b
Mahates.2013B	12,80 ab	18,13 b	0,683 b
Sampués.2014A	12,11 bc	19,94 a	0,844 b
Cereté.2013B	11,38 cd	18,22 b	0,799 b
Cereté.2014A	13,00 a	16,70 c	0,981 b

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes.

**Cuadro 4.** Valores promedios de genotipos de frijol caupí para semillas por vaina (SEMV), peso de 100 semillas (P100S) y rendimiento de grano (RTO) evaluadas en seis ambientes del Caribe húmedo colombiano, 2013B y 2014A.

Genotipo	SEMV (#)	P100S (g)	RTO (t ha <sup>-1</sup> )
L-047	11,33 cd	19,67 a	0,964 a
Cr-Co	11,83 bcd	19,93 a	0,986 a
L-042	11,37 cd	20,44 a	1,104 a
L-014	14,16 a	16,44 bc	0,922 a
L-001	12,70 b	15,94 c	0,969 a
L-019	12,41 bc	15,92 c	1,027 a
L-006	12,58 b	15,28 c	0,891 a
L-034	12,91 b	14,48 c	0,964 a
L-020	11,83 d	18,89 ab	0,554 b

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes.

grano. Este resultado indica un gran contraste entre los ambientes dando como resultado diferencias entre las medias de los ambientes y, en consecuencia, en los rendimientos

de los genotipos. Estudios realizados en frijol caupí por [9], arrojaron resultados similares para los efectos de ambientes, genotipos e interacción genotipo por ambiente, sugiriendo

que los ambientes de producción del Caribe húmedo son más variables edafo-climaticamente, ello posiblemente por su ubicación y mayor efecto de la variabilidad de la zona tropical, lo que implica mayor dificultad y la necesidad de realizar un mayor número de pruebas en ambientes más contrastes para identificar cultivares bien con adaptación específica o adaptabilidad general.

### Parámetros de estabilidad y adaptabilidad

Los resultados de los métodos de Wricke [6], Eberhart y Russell [5], Lin y Binns [7] y Carneiro [3], están consignados en la Cuadro 5.

Al aplicar los métodos de Lin y Binns [7] y Carneiro [8], se encontró que el estadístico  $P_i$ ,  $P_{if}$  y  $P_{id}$ , que es la diferencia en relación al máximo rendimiento en cada ambiente, también estima la capacidad de respuesta de los cultivares, con relación a un cultivar hipotético y este estadístico tiene en consideración la adaptación de los cultivares en términos generales al igual que en ambientes favorables (f) y desfavorables (d) Por tanto, dicho estadístico, contempla en un solo parámetro, adaptabilidad y estabilidad [8].

El genotipo más adaptado, de acuerdo a las metodologías antes citadas ( $P_i$ ,  $P_{if}$  y  $P_{id}$ ), corresponde al cultivar L-042, dado que registró un  $P_i$  general de 0,003; en ambientes favorables 0,0033 y en ambientes desfavorable 0,0028, ocupando siempre el primer lugar, a causa de su menor desviación genética, rendimiento y estabilidad [15] y así mismo, fue el genotipo que presentó el mayor rendimiento de grano. De igual manera, se destaca el genotipo L-019 por presentar

un  $P_i$  general reducido ocupando el segundo lugar en ambientes desfavorables y el cuarto en ambientes favorables (Cuadro 5), constituyéndose así en otra alternativa de siembra para los agricultores como lo sostienen Lin y Binns [7]. Estudios adelantados por [17], encontraron resultados similares con respecto al parámetro  $P_i$ , confirmando así que los genotipos más adaptados y estables están siempre relacionados con altos rendimientos, debido a su estabilidad agronómica y son altamente predecibles.

La ecovalencia de Wricke [6] destaca la línea L-019 como el genotipo de menor valor ( $\omega_i=0,024116$ ), seguido de la línea L-001 ( $\omega_i=0,098343$ ) y el testigo Criollo Córdoba ( $\omega_i=0,117284$ ), por su menor contribución a la interacción genotipo por ambiente total, siendo por tanto más estable la Línea L-019. De esta manera, una alternativa promisoría de liberación como nueva variedad para los productores de frijól caupí del Caribe colombiano es la línea L-019, por su mayor rendimiento de granos y un menor valor de  $\omega_i$  (alta estabilidad), la cual superó en ambos parámetros al testigo criollo Córdoba Estos resultados son congruentes y similares a los de [13].

El análisis de estabilidad y adaptabilidad medido a través de la regresión lineal de Eberhart y Russell [5], excluyendo el parámetro rendimiento de grano, arrojaron como resultado que la línea L-020, posee adaptabilidad en ambientes desfavorables, por su  $\beta_i=0,12^*$ , que es menor que 1,0 y altamente predecible, por su desvío de la regresión estadísticamente igual a cero ( $S^2d = 0,01680$ ). Es posible que su precocidad de cuatro días en floración y en días a cosecha

**Cuadro 5.** Parámetros de estabilidad y adaptabilidad de nueve genotipos de frijól caupí evaluados en seis ambientes del Caribe húmedo colombiano, 2013B y 2014A.

Genotipo	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	LIN Y BINNS		CARNEIRO		EBERHART Y RUSSEL		WRICKE
		$P_i$	$P_{if}$	$P_{id}$	$\beta_i$	$S^2d$	$\omega_i$	
L-042	1,104 (1)	0,003 (1)	0,0033 (1)	0,0028 (1)	0,85 (2)	0,0011 (2)	0,296454 (7)	
L-019	1,027 (2)	0,010 (2)	0,0133 (4)	0,0086 (2)	0,95 (3)	-0,0142 (6)	0,024116 (1)	
Cr-Co	0,986 (3)	0,016 (3)	0,0108 (3)	0,0193 (6)	1,28 (6)	-0,0149 (7)	0,117284 (3)	
L-001	0,969 (4)	0,018 (4)	0,0208 (5)	0,0177 (5)	1,15 (5)	-0,0113 (4)	0,098343 (2)	
L-047	0,964 (5)	0,019 (5)	0,0402 (7)	0,0094 (3)	0,96 (4)	-0,0115 (5)	0,157062 (4)	
L-034	0,964 (5)	0,025 (6)	0,0452 (8)	0,0150 (4)	1,15 (5)	-0,0058 (3)	0,190785 (5)	
L-014	0,922 (6)	0,038 (7)	0,0073 (2)	0,0546 (8)	1,39 (8)	0,0040 (1)	0,521638 (8)	
L-006	0,891 (7)	0,039 (8)	0,0342 (6)	0,0415 (7)	1,34 (7)	-0,0113 (4)	0,231133 (6)	
L-020	0,554 (8)	0,216 (9)	0,4106 (9)	0,1187 (9)	0,12* (1)	0,0168 (8)	1,567997 (9)	

(): Clasificación u orden de preferencia del cultivar de acuerdo a la metodología aplicada.

con relación a los demás genotipos en todas las localidades pudiera estar relacionada con su bajo rendimiento de grano. En tanto que los otros cultivares registraron alta adaptabilidad general y estabilidad por acusar estadísticamente un  $\beta_i = 1,0$  y  $S^2d = 0$ .

Los anteriores resultados son contrarios a los reportados Nunes et al. [9], quienes informan que genotipos de mejor estabilidad y adaptabilidad no son los de mejores rendimientos de grano, pero si congruentes con los manifestados por otro trabajo [6], dado que el genotipo ideal es aquel que además de tener  $\beta_i = 1,0$  y  $S^2d = 0$ , debe registrar el mayor rendimiento de grano, de acuerdo a Eberhart y Russell [5].

En relación a los rendimientos de grano obtenidos, las líneas L-042 y L-019, fueron las mejores prospectivas para los agricultores (Cuadro 5) y ello obedece principalmente al efecto directo que tiene el número de vainas por metro lineal, semillas por vaina y peso de 100 semillas (Cuadro 4) sobre el rendimiento [15]. Por lo tanto, los resultados del presente estudio son confiables, ya que estudios reportados por [1], señalan la existencia de correlación positiva y significativa entre los métodos de Eberhart y Russell [5], Lin y Binns [7] y Carneiro [8].

## CONCLUSIONES

El tipo de estabilidad y adaptabilidad que presentaron los genotipos evaluados en los diferentes ambientes fue agronómica.

Tres de los cuatro métodos aplicados identificaron al genotipo L - 042 como el de mejor estabilidad y adaptabilidad para las condiciones ambientales en que fueron evaluados.

Las líneas L-042 y L-019 acusaron rendimientos superiores a los 1000 kg ha<sup>-1</sup>, que las torna muy promisorias para el Caribe húmedo colombiano.

## REFERENCIAS

[1] COLOMBIA. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES (FENALCE). Situación del frijón en Colombia. Departamento de Información Económica y Estadística [en

línea]. 2013. Disponible: [www.fenalce.org](http://www.fenalce.org) [citado 4 de mayo de 2016].

- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Perfiles nutricionales por países: Colombia [en línea]. 2001. Disponible: <ftp://ftp.fao.org/es/esn/nutrition> [citado 15 de junio de 2016].
- [3] AZEVEDO, C.V.G., RIBEIRO, T., SILVA, D., CARBONELL, S. e CHIORATO, A. Adaptabilidade, estabilidade e resistência a patógenos em genótipos de feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50(10), 2015, p. 912-922.
- [4] SANTOS, J.A.S., TEODORO, P.E., CORRÊA, A.M., SOARES, C.M.G., RIBEIRO, L. e ABREU, H. Desempenho agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. Bragantia, 73(4), 2014, p. 377-382.
- [5] EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop science, 6(1), 1966, p. 36-40.
- [6] WRICKE, G. On a method of understanding the biological diversity in field research. Z. Pflanzenzucht, 47, 1962, p. 92-96.
- [7] LIN, C. and BINNS, M. A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. Theoretical Applied Genetics, 76(3), 1988, p. 425-430.
- [8] CARNEIRO, P.C.S. Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento [Doutor Tese em Genética e Melhoramento]. Viçosa (Brasil): Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 1988, 155 p.
- [9] NUNES, H., FREIRE FILHO, F., RIBEIRO, V. and GOMES, R. Grain yield adaptability and stability of blackeyed cowpea genotypes under rainfed agriculture in Brazil. African Journal of Agricultural Research, 9(2), 2014, p. 255-261.
- [10] CRUZ, C.D. Programa Genes V. 2013.5.1. - Aplicativo computacional em genética e estatística [em linha]. 2013. Disponible: <http://www.ufv.br/dbg/genes/gdown1.htm> [citado 10 de septiembre de 2013].
- [11] EL-SHAIENY, A.A.H., ABDEL-ATI, Y.Y., EL-DAMARANY, A.M. and RASHWAN, A.M. Stability analysis of components characters in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Journal of Horticulture and Forestry, 7(2), 2015, p. 24-35.

- [12] REA, R., DE SOUSA-VIEIRA, O., DÍAZ, A., RAMÓN, M., BRICEÑO, R., GEORGE, J. and DEMEY, J. Assessment of yield stability in sugarcane genotypes using non-parametric methods. *Agro-nomía Colombiana*, 33(2), 2015, p. 131-138.
- [13] TADEGE, M.B., UTTA, H.Z. and AGA, A.A. Association of statistical methods used to explore genotypic x environment interaction (GEI) and cultivar stability. *African Journal Agricultural Research*, 9(29), 2014, p. 2231-2237.
- [14] VANGE, T., ANGO, I.N. and ADEDZWA, D.K. Stability Analysis of Six Improved Sorghum Genotypes across Four Environments in the Southern Guinea Savanna Agroecological Zone of Nigeria. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*, 2(2), 2014, p. 1-14.
- [15] VARGAS, E., VARGAS, J. y BAENA, D. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas Agroecológicas de Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 2016, p. 72-79.
- [16] TORRES, F., SAGRILO, E., TEODORO, P., RIBEIRO, L. e CARGNELUTTI-FILHO, A. Número de repetições para avaliação de caracteres em genótipos de feijão-caupi. *Bragantia*, 74(2), 2015, p. 161-168.
- [17] KEFELEGN, N., MEKBIB, F. and DESALEGN, Y. Association of Stability Models in Measuring Stability of Common Bean Varieties. *American Journal of Experimental Agriculture*, 10(5), 2016, p. 1-9.

## Cuantificación de coliformes totales en estuario del río Ranchería

## Quantification of total coliforms in Ranchería river estuary

## Quantificação de coliformes totais no rio estuary Rancheria

GEOMAR ENRIQUE MOLINA-BOLÍVAR<sup>1</sup>, IRIS AGUSTINA JIMÉNEZ-PITRE<sup>2</sup>,  
DIOFANOR ACEVEDO-CORREA<sup>3</sup>

### RESUMEN

*La cuantificación de coliformes totales en el estuario del río Ranchería es un factor importante tanto para las actividades agrícolas como para la vida urbana. La zona está formada por diferentes cauces de agua que conforman un estuario dinámico y complejo. Uno de los criterios más usados para la determinación de la calidad del agua es la medición de coliformes totales. Con el objetivo de estudiar la distribución espacial y temporal de estos elementos se colectaron muestras de agua en cinco zonas diferentes y se analizó el contenido de coliformes totales mediante la técnica Número más probable NMP. Los muestreos se realizaron cada mes, el primero en el mes de septiembre de 2014 y el mes de agosto de 2015. Los resultados establecieron diferencias*

Recibido para evaluación: 3 de Octubre de 2016.

Aprobado para publicación: 8 de Agosto de 2017.

- 1 Universidad de La Guajira, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Grupo de Investigación BIEMARC. MSc Ciencias Biológicas. Riohacha, Colombia.
- 2 Universidad de La Guajira, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Grupo de Investigación BIEMARC. Doctora en Gerencia de Proyectos de Ciencia y Tecnología. Riohacha, Colombia
- 3 Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Económicas, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria NUSCA. Ph.D Ingeniería de Alimentos. Cartagena, Colombia

Correspondencia: diofanor3000@gmail.com

en la distribución tanto espacial como temporal de los microorganismos analizados. Los mayores valores de coliformes totales se encontraron en las zonas más bajas o de mayor recorrido del agua, así como en las más cercanas a los centros urbanos o a las explotaciones agrícolas. La época seca coincidió con los menores valores de coliformes totales, e igualmente los menores valores observados coincidieron con las menores temperaturas del agua.

## ABSTRACT

The quantification of total coliforms in the estuary of the Ranchería river is an important factor for both agricultural activities and urban life. The area is formed by different water channels that form a dynamic and complex estuary. One of the most commonly used criteria for determining water quality is the measurement of total coliforms. In order to study the spatial and temporal distribution of these elements, water samples were collected in five different zones and the total coliform content was analyzed using the most probable NMP technique. Sampling was carried out every month, the first in September 2014 and the month of August 2015. The results established differences in the spatial and temporal distribution of the microorganisms analyzed. The highest values of total coliforms were found in the lower or higher watercourses, as well as in those closest to urban centers or farms. The dry season coincided with the lowest values of total coliforms, and the lowest values also coincided with the lower water temperatures.

## RESUMO

Quantificação de coliformes totais no estuário do rio Rancheria é uma importante atividade agrícola, tanto como um fator para a vida urbana. A área consiste em diferentes vias que formam um estuário dinâmico e complexo. Um dos critérios utilizados para determinar a qualidade da água é a medição de coliformes totais. A fim de estudar a distribuição espacial e temporal destes elementos amostras de água foram recolhidas em cinco áreas diferentes e teor total de coliformes foi analisada pela técnica do número mais provável NMP. As amostragens foram realizadas a cada mês, a primeira em setembro de 2014 e agosto de 2015. Os resultados diferenças tanto distribuição espacial e microorganismos temporais analisados estabelecidos. Os valores mais elevados de coliformes totais foram encontradas nas áreas de rotas de água mais baixas ou mais elevadas, bem como o mais próximo de centros urbanos ou explorações agrícolas. O período seco coincidiu com os valores mais baixos de coliformes totais, e também os valores mais baixos observados coincidiu com temperaturas de água mais baixas.

## PALABRAS CLAVE:

Distribución espacial,  
Número más probable, pH.

## KEYWORDS:

Spatial distribution,  
Most likely number, pH.

## PALAVRAS-CHAVE:

Distribuição espacial,  
Número mais provável, pH.

## INTRODUCCIÓN

El río Ranchería se considera la principal fuente de agua del departamento de la Guajira, hace su recorrido desde la Sierra Nevada de Santa Marta hasta el mar Caribe. Tiene su nacimiento en la laguna de Chirigüa, ubicada a 3700 m.s.n.m., desembocando directamente al noreste del municipio de Riohacha. Se considera la arteria hídrica del territorio, ya que posee un valor cultural y social para las comunidades indígenas; además, es importante puesto que posee una estabilidad y mantenimiento regulador de los ecosistemas [1].

El Sistema Deltaico forma un sistema estuarino donde se presentan diferentes procesos biológicos de acuerdo con el régimen climático bimodal de la región. Está constituido por una serie de lagunas y zonas de manglar, destacando entre éstas el Valle de los Cangrejos en el brazo Calanclá y la desembocadura principal del río Ranchería, denominada brazo Riíto, el cual se encuentra ubicado sobre el límite nororiental de la ciudad [1].

La franja de manglar vierte sus aguas en la parte más baja del río de ambos brazos y la mayor parte de la ribera de la laguna de Buenavista [2]. En consecuencia, el delta del río Ranchería tiene una gran área de influencia sobre todo el litoral costero, en las lagunas de carácter permanente o estacional [3]. En estos ecosistemas marinos costeros varios factores contribuyen a su deterioro, entre los que se encuentran la decantación, las anomalías climáticas, la concentración de contaminantes y basuras, la interrupción de los flujos bioenergéticos, la sobreutilización de los recursos, la explotación irracional de recursos pesqueros y las actividades turísticas [4].

Para el caso del río Ranchería, reportaron que en el brazo El Riíto, desemboca una serie de alcantarillas que sirven de drenaje a las calles de la ciudad de Riohacha en la época de invierno, y que durante todo el año, existe comunicación con un cuerpo de agua pequeño que activamente recoge las aguas residuales de la ciudad [5]. Debe tenerse en cuenta que este sistema estuarino es un ecosistema cambiante, de ambiente dinámica y abierta, en el que, gracias al intercambio de distintos arroyuelos y el mar, se llevan a cabo una serie de procesos químicos y biológicos que permiten una alta productividad de vida. Por lo tanto, los aspectos relacionados con la acumulación de materiales producto de las aguas residuales y alcantarillado urbano, deben ser

monitoreados a fin de mantener el equilibrio ecológico de la zona y la potabilidad del agua.

Así mismo, se hallaron cambios en los patrones hidrológicos de los ríos del Caribe colombiano, diferenciado por el fortalecimiento de la señal oscilatoria, la superposición de los principales componentes oscilatorios y el aumento marcado de los caudales después del año 2000 [6]. Estos autores señalaron incrementos promedios anuales hasta de un 17 % en los caudales, con respecto a los promedios de largo plazo, generando gran impacto sobre las dinámicas ecológicas en los cauces de agua afectados. Este tipo de cambios no han sido explorados, tampoco se han analizado las tendencias en los elementos físicos, químicos y biológicos [6].

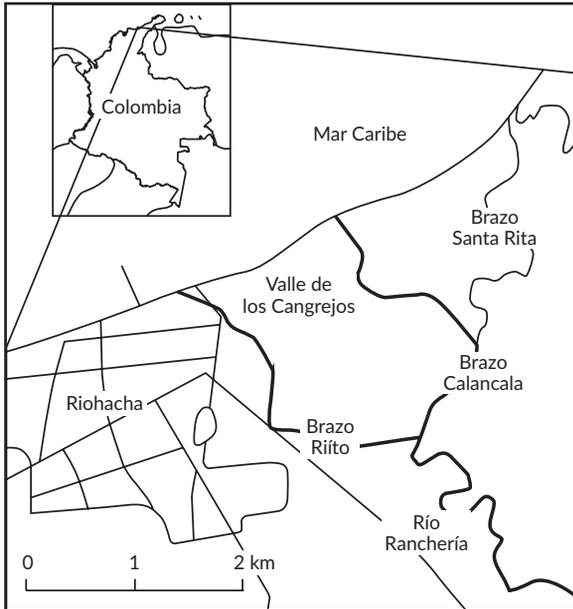
Para facilitar la interpretación y comparación temporal y espacial de los datos, se identifican coliformes totales o bien índices de contaminación, que consisten en una expresión matemática que representa a todos los parámetros valorados para evaluar el recurso hídrico y cuya aplicación es específica para cada región o fuente en particular [7]. Por lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar los coliformes totales en el estuario del río ranchería.

## MÉTODO

El presente trabajo se realizó en el estuario del río Ranchería, ubicado en el departamento de la Guajira en Colombia. Se establecieron cinco estaciones de muestreo: Desembocadura (DB), El Mirador (EM), Villa Fátima (VF), Cangrejito (CG) y Valle de los Cangrejos (VC), se pueden observar los más representativos en la Figura 1. Se realizaron 12 mediciones comprendidas entre el mes de septiembre de 2014 y el mes de agosto de 2015, con una frecuencia mensual. Se colectaron muestras de agua superficial en forma manual para análisis bacteriológico. Las muestras se recogieron en frascos estériles de 250 mL de capacidad, los cuales se abrieron y cerraron dentro del agua para evitar posibles contaminaciones.

Se analizaron los coliformes totales (UFC/100 mL). La técnica empleada fue la del Número más Probable (NMP) NTC 4939 [8]. La enumeración de coliformes totales por NMP se realizó en una etapa. Los resultados se expresan como colonias de coliformes totales por 100 mL (UFC/100 mL). También se realizó la me-

**Figura 1.** Ubicación geográfica de los sitios de muestreo del presente trabajo. Fuente: Lema y Polanía et al., [9]



dición de pH del agua, utilizando un pHmetro Waterproof pH Test 1" de Eutech-Oaktom instruments, calibrado de acuerdo a las indicaciones.

## RESULTADOS

La distribución de coliformes totales en el agua del estuario del río Ranchería para el período analizado se ilustra en la Figura 2. Como puede observarse, existe una clara diferencia en la distribución de coliformes totales entre los distintos sitios de muestreo, aun cuando puede asumirse una tendencia general a disminuir entre diciembre y marzo, correspondientes a la época seca. Investigaciones realizadas por Ospina et al., [10], reportaron que la distribución de coliformes totales tanto en el espacio como en el tiempo de muestreo en aguas de lluvia, en una microcuenca urbana de Ibagué, Colombia, no cumplía con los niveles de coliformes totales y fecales establecidos por la Resolución 2115 [11]. Así mismo, se estableció que hay un posible efecto entre la estacionalidad de las lluvias sobre la carga de sedimentos y contaminación de las aguas, en función de un mayor arrastre de agentes de polución, efecto que se va haciendo mayor en la medida que se aumenta el recorrido de las aguas [10].

De manera general, la presencia de coliformes totales es mayor en la desembocadura del río, donde se presentan tres picos evidentes de carga de coliformes totales, uno en el mes de septiembre 2014 y los otros dos en el mes de noviembre 2014 e inicios de junio 2015. Los menores valores de coliformes totales fueron reportados para las zonas más bajas, donde también se presentaron las mayores variaciones en los valores de contaminación [9].

Resultados similares reportaron Cham y Peña [12], durante la evaluación de la calidad del agua de una cuenca en Guatemala; afirmaron que las aguas en las zonas de desembocaduras recorrieron mayores distancias que en otras secciones de los cuerpos de agua, por lo que han presentado mayor exposición al ambiente, y por lo tanto, han recibido mayores descargas de coliformes totales [13].

La localidad EM presentó los segundos valores más altos de coliformes totales, sin embargo, los picos de coliformes se presentan en meses diferentes. En este caso, este sitio de muestreo es el segundo de mayor distancia recorrida por las aguas y el segundo más cercano a centros poblados, lo cual podría explicar los valores observados.

Las cinco localidades presentaron un pico de carga de coliformes totales entre los meses de septiembre y octubre y un segundo pico de menor tamaño a mediados de diciembre. Aun cuando la localidad VC mostró menores cargas de coliformes totales, también se observaron cuatro picos de coliformes totales en el período muestreado.

El cuarto pico de carga de coliformes totales se presentó a mediados del mes de julio y, en ese momento, fue la localidad con más carga de coliformes totales entre los puntos bajo estudio. Los menores valores de carga de coliformes totales se presentaron en los meses donde se registraron los menores rangos de temperatura del agua (Figura 2), sin embargo, no se observó una relación directa entre el contenido de coliformes totales y la variación de temperatura, salvo la anteriormente mencionada. Waithaka et al., [14] en un estudio de análisis de calidad del agua del río Kandutura - Kenia, afirmaron que los niveles de pH cuando varían de neutro y alcalino son propicios para el crecimiento de ciertos microorganismos como *E. coli*, *shigella* y salmonella.

El análisis de coliformes totales dio como resultado que el agua del estuario del río Ranchería, de manera general, no cumple con los requisitos exigidos por la legislación colombiana en cuanto a su calidad para consumo humano. En la misma, se establece que el contenido de coliformes totales debe ser de 0 UFC/100 cm<sup>3</sup> pero los valores obtenidos son muy superiores a dicha condición.

La situación es más grave en la zona de DB y los menores valores de contaminación del agua se encontraron en la zona VF, sin embargo, en esta última zona, la calidad del agua tampoco alcanzó los valores mínimos que la harían apta para el consumo humano.

Si bien es cierto, la presencia de coliformes totales, por sí sola, no es indicativa de causantes de problemas de salud para los humanos, su presencia no es aceptada

para el consumo de acuerdo a los estándares de calidad en la legislación vigente, Resolución 2115 de [11]. Se estableció que las aguas de zonas rurales, próximas a centros poblados o de alta actividad agrícola presentaron coliformes totales por encima de los valores máximos de calidad, razón por la cual estas fuentes de agua deberán establecer tratamientos de potabilización si se desea su uso para consumo humano [13].

Por su parte Romero *et al.*, [15], afirmaron que en los meses de agosto a noviembre, la concentración de *E. coli* se mantuvo elevado, lo que coincide con menor volumen de agua del río Hardy; en cambio, de febrero a junio el número de coliformes fecales fueron bajos, relacionándose con un aumento del caudal del río, por lo cual, la variación de este indicador de contaminación bacteriológica se puede atribuir a la fluctuación en los flujos de agua en el río.

Figura 2. Distribución temporal de coliformes totales en 5 localidades del estuario del río Ranchería.

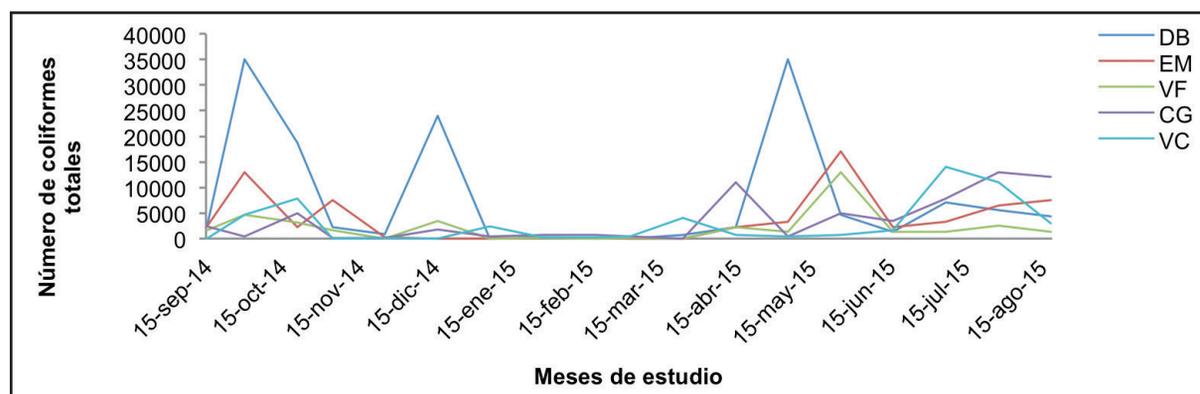


Figura 3. Distribución de la temperatura del agua en 5 localidades del estuario del río Ranchería.

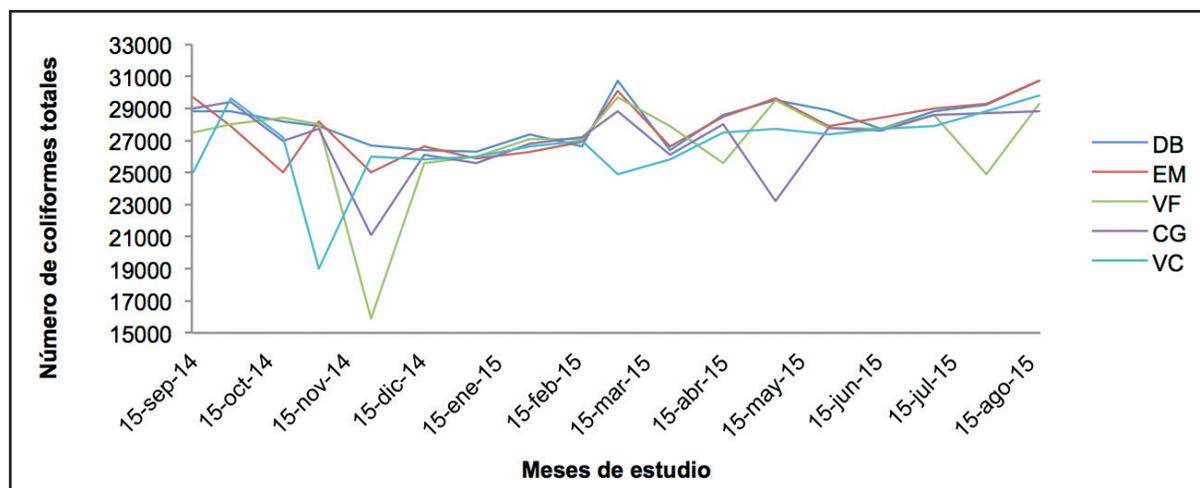
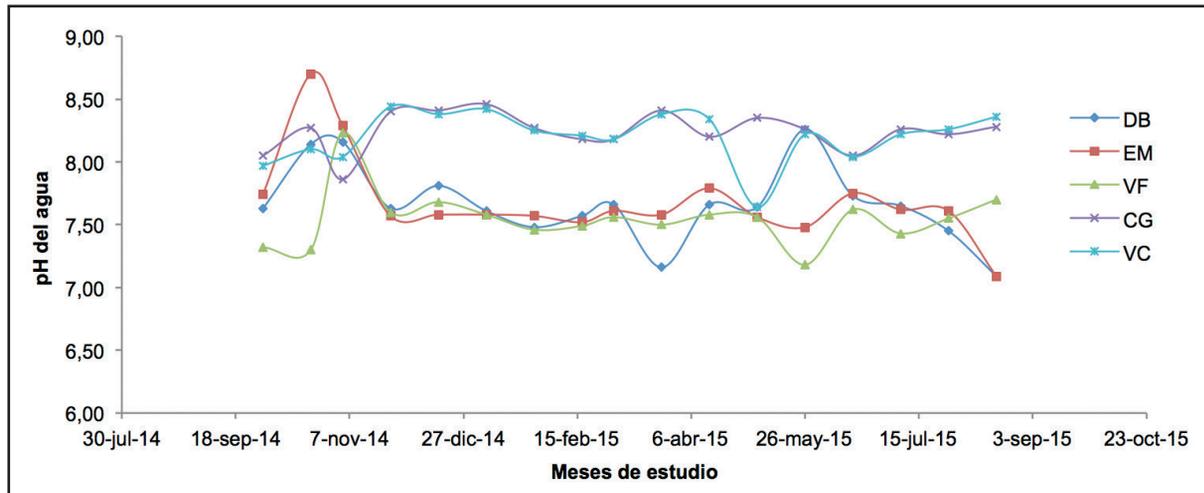


Figura 4. Variación del pH en las zonas de estudio.



## Análisis de pH

En la Figura 4 se observa la variación de pH en las distintas zonas de estudio. Se evidencia que el pH fue superior en las zonas VC y CG en la mayoría de los puntos; en cambio, en la zona EM, VF y DB, los pH reportaron valores más bajos debido a que ese periodo se considera seco, disminuyendo el nivel de agua. El pH hasta el mes de noviembre fue más alto para la mayoría de las zonas de estudio, debido a que para esa época las lluvias aumentan y asimismo el nivel del río también. Igualmente Olorede *et al.*, [16] reportaron resultados similares en un rango de pH hacia la alcalinidad entre 8,2 y 8,9 para la estación seca y 7,6 y 8,2 para la estación lluviosa. Esto pudo ser debido al efecto de dilución del aumento del volumen del agua resultante del lavado con detergentes, los valores de pH bajos del río pueden ser una indicación del bajo contenido de  $\text{CO}_2$  del agua. Asimismo, Beltrán *et al.*, [17] analizaron la calidad del agua del lago Titicaca, informaron un incremento de los valores de pH en relación a los estudios medidos. Esto pudo ser posible a que el pH en la Bahía Interior fue el resultado de un aumento de la actividad fotosintética de la zona, llevando a cabo un aumento en la presencia de *E. coli* debido al ingreso de aguas residuales sin previo tratamiento. Igualmente estos autores lo corroboraron con el análisis de nitritos, que es un indicador de contaminación fecal.

## CONCLUSIONES

El contenido de coliformes totales en el estuario del río Ranchería en La Guajira, Colombia, fue diferente en los cinco sitios de muestreo, con características estacionales diferenciales también, que se pudo atribuir a los diferentes pH de las zonas de estudio. Los mayores valores se encontraron en la desembocadura, mientras que los menores valores estuvieron en los sitios de muestreo más cercanos a la zona de origen del río, donde el recorrido del agua era menor. Así mismo, las mayores concentraciones se consiguieron en la época lluviosa, probablemente relacionado con el mayor arrastre de sedimentos y microorganismos ante el mayor caudal de líquido.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad de La Guajira y a Corpoguajira, por su apoyo logístico y financiero para la realización de la presente investigación.

## REFERENCIAS

- [1] RESTREPO-LÓPEZ, J.C., ORTIZ-ROYERO, J.C., OTERO-DÍAZ, L. y OSPINO-ORTIZ, S.R. Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano: magnitud, tendencias y variabilidad. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 2015, p. 527-546.
- [2] DÍAZ-FUENMAYOR, K.J. Estudio de la regeneración natural del manglar en el Riito y el Valle de los cangrejos, delta del río Ranchería [Tesis de Ingeniería]. Riohacha (Colombia): Universidad de La Guajira, Facultad de Ingeniería, 2001, 55 p.
- [3] RESTREPO-LÓPEZ, J.C., ORTIZ-ROYERO, J.C., OTERO-DÍAZ, L. and OSPINO-ORTIZ, S.R. Suspended sediment load in Colombian Caribbean Rivers: Magnitude, trends and variability. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 2015, p. 527-546.
- [4] ARGUMEDO, C.D. y VILORIA, H.D. Niveles y distribución de metales pesados en el agua de la zona de playa de Riohacha, La Guajira, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*, 6(1), 2016, p. 123-131.
- [5] BULA, J., BUELVAS, A., ACOSTA, I., VELÁSQUEZ, J.B. y BARGUIL, Y. Plan estratégico para el desarrollo sustentable del borde-mar del municipio de Riohacha sector noroccidental [online]. 2015, Disponible: [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2809/1/Plan%20estrat%C3%A9gico%20para%20el%20desarrollo\\_Joanna%20Bula\\_USBCTG\\_2015.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2809/1/Plan%20estrat%C3%A9gico%20para%20el%20desarrollo_Joanna%20Bula_USBCTG_2015.pdf), [citado 15 de Agosto de 2016].
- [6] RESTREPO-LÓPEZ, J.C., ORTIZ-ROYERO, J.C., OTERO-DÍAZ, L. y OSPINO-ORTIZ, S.R. Transporte de sedimentos en suspensión en los principales ríos del Caribe colombiano: magnitud, tendencias y variabilidad. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 2015, p. 527-546.
- [7] MASSOLO, L.A. Introducción a las herramientas de gestión ambiental [online]. 2015. Disponible: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46750> [citado 28 de Agosto de 2016].
- [8] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC). NTC 4939. Calidad del agua. Enumeración de coliformes y *Escherichia coli*. Técnica con tubos de fermentación y Técnica de sustrato enzimático. Bogotá (Colombia): 2001, 11 p.
- [9] LEMA, L.F. y POLANÍA, J. Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Revista de biología tropical*, 55(1), 2007, p. 11-21.
- [10] OSPINA, O.E. y MOYANO, Y.C. Evaluación del aprovechamiento para consumo humano del agua de lluvia en una microcuenca urbana de Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingenium*, 9(24), 2015, p. 11-22.
- [11] COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL - MINISTERIO DE VIVIENDA, AMBIENTE Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2115. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá (Colombia): 2007, 22 p.
- [12] CHAN, M. y PEÑA, W. Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sislacán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(1), 2015, p. 19-23.
- [13] LÓPEZ, O.J., ZÚÑIGA, D. y RODRÍGUEZ, A. Caracterización y problemáticas generadas por los sedimentos arrastrados en el escurrimiento pluvial. *Cultura Científica y Tecnológica (CULCYT)*, 12(57), 2015, p. 32-41.
- [14] WAITHAKA, P.N., MAINGI, J.M. and NYAMACHE, A.K. Physico-chemical Analysis, Microbial Isolation, Sensitivity Test of the Isolates and Solar Disinfection of Water Running in Community Taps and River Kandutura in Nakuru North Sub-county, Kenya. *The Open Microbiology Journal*, 9, 2015, p. 117-124.
- [15] ROMERO, S., GARCÍA, J., VALDEZ, B. y VEGA, M. Calidad del agua para actividades recreativas del Río Hardy en la región fronteriza México-Estados Unidos. *Información tecnológica*, 21(5), 2010, p. 69-78.
- [16] OLORODE, O.A., BAMIGBOLA, E.A. and OGBA, O.M. Comparative Studies of some River Waters in Port Harcourt based on Their Physico-Chemical and Microbiological analysis, Niger Delta Region of Nigeria. *International Journal of Basic and Applied Science*, 3(3), 2015, p. 29-37.
- [17] BELTRÁN, D.F., PALOMINO, R.P., MORENO, E.G., PERALTA, C.G. y MONTESINOS-TUBÉE, D.B. Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista peruana de biología*, 22(3), 2015, p. 335-340.

## Conservación microbiológica de embutido carnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris*

### Microbiological conservation of carnic product with essential oils *Eugenia caryophyllata* and *Thymus vulgaris*

### Salsicha conservação microbiológica com petróleos essenciais craft carnic *Eugenia caryophyllata* e *Thymus vulgaris*

ADRIANA TOFIÑO-RIVERA <sup>1</sup>, MAILEN ORTEGA-CUADROS <sup>2</sup>,  
BELKIS KATINA HERRERA-HINOJOSA <sup>3</sup>, PEDRO FRAGOSO-CASTILLA <sup>4</sup>,  
BERTILDA PEDRAZA-CLAROS <sup>5</sup>

Recibido para evaluación: 30 de Enero de 2017.

Aprobado para publicación: 11 de Mayo de 2017.

- 1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), C. I. Motilonia, Investigador PhD asociado Grupo de investigación, Cienciaudes, Facultad de salud Universidad de Santander (UDES). Ph.D. Ciencias Agrarias. Valledupar, Colombia.
- 2 Universidad Popular del Cesar, Facultad de la Salud, Grupo de investigación Parasitología, Agroecología Milenio. Microbióloga, Estudiante de Maestría en Microbiología y Bioanálisis, Universidad de Antioquia. Medellin, Colombia.
- 3 Universidad Popular del Cesar, Facultad de la Salud, Grupo de investigación Parasitología, Agroecología Milenio. Microbióloga,
- 4 Universidad Popular del Cesar, Facultad de la Salud, Grupo de Investigación Parasitología Agroecología Milenio, Universidad Popular del Cesar. Ph.D. Medicina Tropical. Valledupar, Colombia.
- 5 Universidad de Santander (UDES), Facultad de salud, Grupo de investigación, Cienciaudes. M.Sc, Ciencias y Tecnología de Alimentos. Valledupar, Colombia.

Correspondencia: atofino@corpoica.org.co.

## RESUMEN

Las demandas del sector cárnico y sus derivados en Colombia, justifican la importancia de encontrar aditivos que mantengan las propiedades nutritivas del alimento con menor o nula inclusión de químicos adversos a la salud. Se evaluó la calidad microbiológica y características sensoriales de chorizos artesanales conservados con aceites esenciales de *T. vulgaris* y *E. caryophyllata* en el Departamento del Cesar. La metodología incluyó extracción, caracterización físico-química y organoléptica de los aceites, análisis de la actividad antimicrobiana sobre *Salmonella* spp, *S. aureus* y *E. coli*, calidad microbiológica hasta 24 días y prueba sensorial al chorizo. Los aceites presentaron características físicas y organolépticas similares a los aceites esenciales comerciales. *T. vulgaris* (Timol 47%- p-cimeno 26%) y *E. caryophyllata* (Eugenol 84%) presentaron inhibición in vitro de 28,3 y 27,3 mm respectivamente sobre patógenos evaluados. El chorizo artesanal conservado con aceite esencial cumplió los límites microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 1325 en todos los tratamientos. Se registró mejor percepción sensorial de color y olor en los chorizos crudos, y sin diferencias significativas en color, olor y sabor de chorizos cocidos ( $p>0,05$ ). Los resultados sugirieron que los aceites esenciales de *T. vulgaris* y *E. caryophyllata* pueden ser una alternativa como conservantes en embutido cárnico artesanal.

## ABSTRACT

The demands of the meat sector and its derivatives in Colombia justify the importance of finding additives that maintain the nutritional properties of the food with less or no inclusion of chemicals adverse to health. The microbiological quality and sensorial characteristics of artisanal sausages preserved with essential oils of *T. vulgaris* and *E. caryophyllata* in the Department of Cesar was determined. The methodology included extraction, physical-chemical, organoleptic characterization of oils, analysis of antimicrobial activity on *Salmonella* spp, *S. aureus* and *E. coli*, microbiological quality up to 24 days and sensorial test on chorizo. The oils presented physical and organoleptic characteristics similar to commercial essential oils. *T. vulgaris* (Thymol 47% - p-cymene 26%) and *E. caryophyllata* (Eugenol 84%) present in vitro inhibition of 28,3 mm and 27,3 mm respectively on pathogens evaluated. The artisanal chorizo preserved with essential oil complies with the microbiological limits established in Colombian Technical Standard NTC 1325 in all treatments. A better sensorial perception of color and odor was recorded in raw sausages, and no significant difference in color, smell and flavor of cooked sausages ( $p>0,05$ ). The results suggest that the essential oils of *T. vulgaris* and *E. caryophyllata* may be an alternative as preservatives in artisanal meat sausage

## RESUMO

As exigências do sector da carne e seus derivados na Colômbia, justificam a importância de encontrar aditivos que mantêm as propriedades nutricionais dos alimentos com menos ou nenhuma inclusão de produtos químicos nocivos à saúde. Foi determinada a qualidade microbiológica e características

### PALABRAS CLAVE:

Productos de la carne, Aditivos alimentarios, Plantas aromáticas, Calidad del producto.

### KEY WORDS:

Meat products, Food additives, Aromatic crops, Product quality.

### PALAVRAS CHAVE:

Produtos de carne, Aditivos alimentares, Culturas aromáticas, Produto de qualidade.

sensoriais de lingüiça artesanal preservada com óleos essenciais de *T. vulgaris* e *E. caryophyllata* no Departamento de Cesar. A metodologia incluiu a extração, físico-químicas, óleos organolépticas, análise da atividade antimicrobiana contra *Salmonella* spp, *S. aureus* e *E. coli*, até 24 dias de qualidade microbiológica e teste sensorial, óleos de chouriço apresentaram características físicas e organolépticas semelhante a óleo essencial comercial. *T. vulgaris* (Timol 47% - 26% de p-cimeno) e *E. caryophyllata* (Eugenol 84%) exibem inibição in vitro de 28,3 mm e 27,3 mm respectivamente Pathogens avaliada. A salsicha artesanal preservada com óleo essencial está em conformidade com os limites microbiológicos estabelecidos pela Norma Técnica Colombiana NTC 1325 em todos os tratamentos, uma melhor percepção sensorial da cor e odor em salsichas cruas em que foi gravado, e não há diferenças significativas na cor, cheiro e sabor de salsichas cozidas ( $p > 0,05$ ). Os resultados sugerem que os óleos essenciais de *T. vulgaris* e *E. caryophyllata* pode ser uma alternativa como conservantes em artesão carne de salsicha.

## INTRODUCCIÓN

El sector cárnico es el más apetecido por los consumidores al igual que las diferentes líneas de sus derivados, especialmente el chorizo, por su costo y características organolépticas. En Colombia, el consumo de productos cárnicos en el grupo poblacional de 5 a 64 años alcanzó frecuencias de 7% diariamente y 50,7% de forma semanal, en el período 2005-2010, otros estudios reflejan que el consumo de embutidos en universitarios es alto, especialmente en varones de universidades públicas [1]. Algunos de los efectos adversos sobre la salud humana relacionados con este tipo de productos y sus aditivos químicos incluyen cáncer, diabetes, Parkinson, Alzheimer [2], hipertensión, accidentes cardiovasculares, enfermedades del corazón [3], lo cual ha exigido la búsqueda de alternativas naturales para la conservación de alimentos.

Actualmente, la industria prefiere la utilización de conservantes químicos en embutidos cárnicos como los nitritos [4] por su potencial inhibitorio frente al crecimiento de patógenos como *Clostridium botulinum* [5], Aunque su aplicación en alimentos ha sido controversial para la salud de los consumidores, no ha sido posible eliminar su uso, puesto que en muchos países se evidencia la permisibilidad de la legislación con respecto al uso y fácil accesibilidad. Inclu-

so se estipulan límites permisibles amparados en su función como barrera para disminuir o eliminar las enfermedades de transmisión alimentaria [3].

Sin embargo, la industria alimentaria a la vanguardia de la innovación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de los productos, ha propuesto métodos y técnicas eco amigables. Los aceites esenciales (AE) derivados de las plantas son una opción viable y prometedora en el mercado de los conservantes eco amigables [6]. Estos productos naturales logran la misma acción microbicida y disminuyen el riesgo de enfermedades no infecciosas al consumidor. Los AE se utilizan por su actividad antimicrobiana, analgésica, anti-inflamatoria, espasmolítico y conservantes de alimentos; están aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) como sustancia generalmente reconocida como seguras o Generally Recognized as Safe (GRAS) [7,8].

Adicionalmente, investigaciones previas han determinado que AE de tomillo (*Thymus vulgaris*) así como el de clavo (*E. caryophyllanta*) presentan actividad antioxidante, por su acción de inhibición de la peroxidación de ácido linoleico, conservante y antibacteriana en derivados cárnicos como se demostró en salami en el estudio realizado por Ardila, Vargas y Mejía [9]. El AE de clavo posee propiedad antioxidante, conservante sin efecto notorio sobre las características sensoriales del salami [9], y en salchicha tipo bologna, en la que además se registra conservación de las propiedades organolépticas y químicas según Viuda *et al.* (2009) citado por Ganjali *et al.* [7]. Se ha relacionado que estos aceites también poseen actividad antimicrobiana sobre cepas de *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* y *Klebsiella oxytoca* [10].

Estas especies aromáticas son introducidas en Colombia y aunque el clavo no se cultiva en el país, el tomillo es ampliamente cultivado en Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca y Cauca [11]. Por tanto, la bioprospección de la segunda especie, dinamizaría las economías regionales asociadas a la cadena productiva de plantas aromáticas y condimentarias [12]. La diversificación del uso de los AE permitiría aumentar las posibilidades de ingreso económico del productor y un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada regional con beneficio a la calidad de productos accesibles a los estratos más vulnerables de la población.

A nivel regional, resulta relevante la evaluación del uso de AE en la formulación y estandarización del chorizo crudo artesanal como alternativa de reducción en el uso de conservantes químicos y aporte sensorial, dado que el chorizo tradicional es un producto alimenticio de alta demanda en la región Caribe de Colombia; expandido tanto en supermercados como sitios de ventas callejeras de comida. En estos últimos, se registró a nivel regional que los chorizos presentaron contaminación por *E. coli* y *S. aureus* [5,13].

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de los AE de tomillo y clavo sobre la calidad microbiológica y sensorial del chorizo artesanal producido en Valledupar.

## MÉTODO

La investigación se desarrolló en el Centro Biotecnológico del Caribe (CBC) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), en Valledupar, Cesar, Colombia, municipio con una altitud de 169 msnm y temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa de 70%, ubicación 10°27'37"N 73°15'35"O.

### Extracción y caracterización físico-química y organoléptica de AE

A partir de 500 g de material vegetal seco de clavo y tomillo adquirido en la plaza de mercado de Valledupar, se realizó la extracción de los AE mediante el método convencional de hidrodestilación con vapor de agua [14].

A los AE obtenidos se les aplicó una evaluación sensorial del color a través del patrón de colores para AE; el olor y sabor se evaluó mediante prueba sensorial descriptiva en comparación con aceites comerciales de tomillo y clavo a través de un grupo de 10 panelistas no entrenados con experiencia previa en la identificación sensorial de AE [15,16]. La densidad (25°C) se determinó mediante diferencia de peso, en balanza analítica (marca Kern SOHN GMDH). El índice de refracción se midió a 22°C mediante refractómetro electrónico (ATAGO N - 1EBX MAR\_1T LIQUID), y se realizó la lectura [17].

La caracterización de los AE se realizó en el laboratorio del Grupo de Investigación Química de los Productos Naturales de la Universidad de Córdoba, mediante cromatografía de gases (GC-MS), diluyen-

do en diclorometano e inyectados al cromatógrafo corriente iónica total re-construida, normalización simple, identificación presuntiva en columnas APO-LAR DB-5MS (60 m) y POLAR DB-WAX (60 m), los compuestos contenidos en los AE se identificaron con base a sus espectros de masas utilizando la biblioteca NIST y el programa MASSLABS [18].

### Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana de los AE sobre patógenos contaminantes de chorizo

Se utilizaron las cepas de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva AEM 01, *Escherichia coli* AEM 07 y *Salmonella spp.*, AEM 011 del cepario de la Universidad Popular del Cesar, para medir la actividad bactericida de los AE mediante el método de difusión en agar Kirby-Bauer, descrito por Ardila *et al.* [9] y Borugã *et al.* [19] con algunas modificaciones. Primero se activaron las cepas en agar nutritivo durante 18-24 h; *S. aureus* coagulasa positiva y *Salmonella spp* a una temperatura de 37°C ± 2°C y *E. coli* a 44°C ± 0,5°C. Seguidamente, se obtuvo una concentración microbiana en escala 0,5 McFarland (5x10<sup>5</sup> UFC/mL), que se distribuyeron con asa de digralsky (100 µL) sobre la superficie de agar Mueller Hinton (MH). Se ubicaron sobre la superficie del agar MH discos de papel filtro de 5 mm de diámetro, WHATMAN F-C impregnados con 5, 10 y 20 µL de cada AE a evaluar. Los tratamientos asignados fueron: (T1) AE tomillo, (T2) AE de clavo, y (T3), Cloranfenicol al 30 µL/disco (control positivo de referencia en ensayos *in vitro*). Las placas se incubaron a 37°C/24 h, la actividad antimicrobiana se expresó en términos de la medida del diámetro en la zona de inhibición (mm) producido al final de la incubación como lo establecido por Pisciotti *et al.* [20], donde un diámetro de inhibición menor a 8 mm indica que no presenta sensibilidad, de 9-14 mm es sensible, de 15-19 mm es muy sensible y mayor a 20 mm extremadamente sensible [21].

### Elaboración de chorizos con los AE de tomillo y clavo

De acuerdo con el protocolo establecido en el Decreto 2162 de 1983 del Ministerio de Salud de Colombia, y Buenas prácticas de manufactura según la resolución 2674 del 2013, se elaboraron los chorizos con carne de res (40%) y cerdo (20%), tocino (15%), harina de trigo (5%), sal (1,5%), azúcar (0,3%), cebolla (1,3%), ajo (0,2%), pimentón (0,2%), condimentos (1%), colo-

**Cuadro 1.** Tratamiento adicionado como conservante a chorizos.

Código	Descripción	Composición
T1	AE de tomillo	0,5 mL/Kg
T2	AE de clavo	0,5 mL/Kg
T3	Mezcla de conservantes químicos	Nitrato de potasio (0,3 %), fosfato de potasio (0,3 %) benzoato (0,05 %)

rantes para chorizo (1,5%), hielo escarcha (14%); la adición del conservante se realizó según cuadro 1:

De cada tratamiento se obtuvo una pasta fina y uniforme que se embutió en fundas naturales de cerdo, se porcionó en segmentos con diámetro de 6 cm y una longitud de 3,5 cm con un peso de 40 g. Posteriormente, se empacaron a vacío en una máquina marca MSADZ300 y se almacenaron a 4°C. Se elaboraron 250 chorizos.

### Evaluación de la calidad microbiológica del chorizo conservado con los AE

Se determinó la calidad microbiológica, según normatividad del Instituto Nacional de Vigilancia de Alimento y Medicamento INVIMA y metodología planteada por Ardila *et al.* [9]. Los criterios evaluados al chorizo crudo con los diferentes tratamientos de conservación se midieron a los 1, 8, 16 y 24 días posterior a su elaboración, de acuerdo a los criterios establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 1325 [22] para industrias alimentarias, productos cárnicos procesados no enlatados.

Para el análisis se homogenizó la muestra de 10 y 25 g de chorizo macerado y diluyó en 90 mL de agua peptonada 0,1 % y 225 mL de agua de peptona bufferada (NTC 4574) [23] y diluciones seriadas de  $10^{-1}$  hasta  $10^{-3}$ . A partir de estas diluciones se realizaron las siembras en los medios de cultivos específicos para cada criterio microbiológico establecidos para este producto, así: Agar plate count (SPC) para bacterias mesófilas, agar Sulfito Polimixina Sufadiazina (SPS) para esporas de *Clostridium* sulfito reductor – ESR (NTC 4834) [24] Agar Baird Parker (SBP) y caldo cerebro corazón (BHI) para *Staphylococcus aureus* (NTC 4779 [25], Caldo brilla para coliformes totales y fecales y confirmación en medios selectivos y diferenciales, Eosina azul de metileno (EMB) y pruebas bioquímicas (NTC 4516) [26], caldo Rappaport Vasiliadis (RVS), tetrionato, agar xilosa lisina desoxi-

colato (XLD) agar hecktoen entérico (HE) agar triple azúcar hierro (TSI), agar lisin hierro (LIA), agar indol motilidad (SIM), caldo (RM/VP) citrato, urea para la detección del indicador fecal universal *Echerichia coli* y *Salmonella spp* según NTC 1325 [22].

### Características sensoriales

Las características sensoriales de olor y color del chorizo crudo, así como el sabor luego de su cocción, se evaluaron mediante pruebas organolépticas según metodología planteada por Ardila *et al.* [9] mediante prueba de satisfacción de escala hedónica de 1 a 5, donde 1 era “Me disgusta mucho”, 2 “Me disgusta”, 3 “Ni me gusta ni me disgusta”, 4 “Me gusta” y 5 “Me gusta mucho”. Se determinó la aceptabilidad del producto a través de análisis sensorial por un grupo de siete jueces entrenados [27] idóneos en la elaboración de matrices alimentarias de derivados cárnicos correspondiente a instructores de la planta de producción cárnica del CBC- SENA, regional Cesar, los cuales recibieron capacitación previa en características sensoriales y percepción de color, sabor y olor según norma ISO 8586 del 2012 [28].

### Análisis estadístico

Todos los ensayos se realizaron por triplicado, en el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos para la actividad antibacteriana de los tratamientos, calidad microbiológica y características sensoriales del chorizo, se aplicó un análisis de varianza mediante ANOVA con corrección post-hoc mediante la prueba Tukey para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de confianza del 95%.

## RESULTADOS

### Caracterización de los AE

Mediante hidrodestilación con vapor de agua se obtuvo una concentración de 4,61 mL de AE de tomillo y 8,6 mL de clavo, equivalente a un rendimiento de 0,99 y 1,63% respectivamente, superiores a los registrados en estudios realizados por Borugã *et al.* [19] de tomillo (0,23 %) y clavo (0,40 a 1,25%) [19]; asociado a la capacidad de obtención de mayor rendimiento de aceite por dicho método. Sin embargo, según estudio realizado por Cardona y Mejía [15], los AE de clavo y tomillo obtenidos por arrastre de vapor, le confieren

mayor estabilidad oxidativa al salami en comparación al control, por lo cual sería importante verificar el efecto de los dos métodos de extracción del AE frente a la calidad del chorizo artesanal. Cabe destacar que el rendimiento de aceites de tomillo no solo depende del método de extracción, sino también de las condiciones medio ambientales y el manejo agronómico del cultivo, por lo que se han obtenido por hidrodestilación rendimientos entre 0,75 y 1,16 % en base seca [29].

Por otro lado, las características organolépticas y físicas de los AE obtenidos, muestran semejanzas con los AE comerciales correspondientes, según los panelistas (Cuadro 2). En AE de clavo se encontró una densidad relativa de 1,056 e índice de refracción de 1,51 similar a registros de otros estudios con 1,041; y dentro del promedio referido por la literatura con densidad de 1,040 -1,068; índice refractivo 1,527-1,537 [30]. Mientras que en tomillo con 0,932 y 1,49 concuerda con valores referidos de densidad específica de 0,78-0,80 y un índice de refracción de 1,49-1,50 [31].

En este sentido, es de gran importancia resaltar que el índice de refracción y densidad son aspectos de interés para evaluar la posibilidad de adulteraciones y cambios ligados al envejecimiento, pues cada AE presenta un patrón rotatorio característico asociado a sus moléculas con actividad óptica y una densidad específica [32]. Los AE presentaron características físicas y organolépticas similares a las exhibidas por los AE comerciales, de acuerdo con la opinión de los panelistas. Estos resultados son congruentes con lo descrito para las características idóneas de los aceites en la Japanese Pharmacopoeia [30], donde se refiere que el aceite de clavo es transparente, amarillo o marrón claro, aroma característico y sabor pungente, ligeramente miscible en agua. Así mismo, las

características del aceite de tomillo de color marrón y aroma a timol como lo reportó Oulebsir *et al.* [33].

De igual forma Oulebsir *et al.* reportan características del AE de tomillo de color marrón y aroma de timol [33].

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que es esperada una variación cuantitativa entre registros de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de los AE, puesto que en el material vegetal se combinan sustancias heterogéneas y la composición cambia de acuerdo a la época de recolección del material, del lugar geográfico, modo de cultivo, métodos de almacenamiento, manejo, edad y actividad biológica, lo que influye directamente sobre sus características [34]. La valoración física y sensorial preliminar del AE antes de su uso en la elaboración de chorizos artesanales es fundamental para verificar que sus atributos organolépticos intactos, no alteraron las características finales del chorizo artesanal, revisadas en segunda prueba sensorial con panelistas.

Adicionalmente, en el análisis químico se identificó el 98,06% de los componentes específicos del AE de tomillo, frente al 94,5% identificado en clavo (Cuadro 3).

En estudios realizados por Pirbalouti *et al.* [29]. sobre tomillo mediante el método GC-MS refieren la identificación de al menos 24 componentes que representan el 84,5 al 98% de la composición total del aceite, asociados principalmente a monoterpenos oxigenados (78,7-49,8%) e hidrocarburos monoterpénicos (13,1-35,3%). En el presente estudio se identificó la presencia mayoritaria de timol (46%) y p-cimeno (26%), los cuales son niveles similares a los registros que reportan 44,4% y 16,1% respectivamente; mientras que otros terpenos como el  $\gamma$ -Terpineno y el carvacrol con niveles de 4,1 y 2,1, están disminuidos en relación a reportes de Borugá *et al.* y Pirbalouti *et al.*, sobre mayor concentración de carvacrol (4,4-16,1%) y  $\alpha$ -terpineno (10,5-11,9%) en el AE [19,29]. Aun así, se mantuvo la predominancia de terpenoides totales, los cuales explican la actividad biocontroladora observada en los estudios in vitro, en consecuencia con lo referido por Coy y Acosta donde la actividad bactericida se asoció con la alta prevalencia de terpenos [31], de igual forma en estudios de Eguchi *et al.*, en cuanto a la actividad fungicida [35].

En el caso de clavo, el componente primario identificado fue eugenol (84%) con propiedades antioxidantes e insecticidas, lo cual es congruente con registros

**Cuadro 2.** Características físicas y organolépticas de los AE tomillo y clavo.

Característica	Tomillo	Clavo
Aspecto general	Líquido fluido transparente	Líquido fluido transparente
Color	Amarillo fuerte, rojizo	Amarillo claro, pardo
Olor	Muy aromático, característico a tomillo	Muy aromático característico a clavo de olor
Sabor	Muy picante	Muy picante
Densidad relativa	0,932	1,056
Índice de refracción	1,49	1,51

**Cuadro 3.** Cantidad relativa (%) de los principales componentes presentes en el aceite esencial de clavo de olor y tomillo.

Tomillo		Clavo	
Componente	(%)	Componente	(%)
α-pineno	3,06	2-Heptanona	0,93
Mirceno	3,21	Etil- hexanoato	0,72
P-cimeno	26,00	Eugenol	84,02
γ-Terpineno	4,10	Eugenol acetato	7,06
Linalool	3,03	Ethyl octanoate	Tr
Canfeno	0,78	α-Cubebeno	Tr
Boroneol	3,08	Linalool	Tr
α-tujeno	1,25	2-Undecanona	0,1
Terpineol	2,24	β-Caryophyllene	1,31
Timol	46,07	Etil benzoato	Tr
Carvacrol	2,10	α -Humuleno	Tr
β-borbuleno	0,39	α -Terpinil acetato	Tr
Trans-cariofileno	0,50	α -Muuroleno	Tr
NI	Tr	Benzyl alcohol	0,23
α-humuleno	2,10	Benzyl acetato	Tr
Cadineno	2,10	Carvona	Tr
Germacreno-D	0,72	γ cadineno	0,1
Torreyol	1,05	Calameneno	0,13
γ cadineno	0,31	Calacoreno	0,14
Oxido de cariofileno	0,24	Oxido de cariofileno	Tr
Carotol	0,31	2-Heptanol	Tr
Sabineno	0,09	2-Nonanone	Tr
1-8 cineol	1,0	Humuleno	0,22
(E)- γ Bisaboleno	0,19	N.I	Tr
Δ-3-Careno	0,07	N.I	Tr
N.I	Tr		

N.I: No identificado; tr: trazas

hasta del 89% de Eugenol [36], el cual es el que más se relaciona con la actividad biocida del aceite, pero se han identificado por GC MS otros componentes como β-cariofileno y alcohol bencílico con proporción ampliamente variable [4]. En el presente estudio, se identificaron 23 componentes con preponderancia de los compuestos referidos y altos niveles de eugenol-acetato, 2-heptanona y etil-hexanoato que demuestran la variabilidad natural del aceite.

De forma general, el AE de tomillo obtenido en este estudio tiene mejor

composición en sus elementos de mayor actividad biocida dada la presencia de más de dos componentes referidos en otras investigaciones para el control de microorganismos tanto *in vitro* como aditivo en productos agroindustriales alimenticios [9,35] mientras que en clavo la actividad es principalmente del Eugenol.

### Determinación de la actividad antimicrobiana

Los resultados del efecto de los AE de tomillo y clavo sobre *Salmonella spp.*, *S. aureus* coagulasa positiva y *E. coli* se muestran en

el cuadro 4. Se presenta la comparación de promedios de los halos de sensibilidad (mm) entre las bacterias a concentraciones 5, 10 y 20 μL de ambos AE y del control Cloranfenicol. A partir del promedio de la medición de los halos de inhibición del crecimiento (mm), se evidencia la existencia de diferencia significativa entre estos grupos, siendo la concentración de 20 μL de AE de tomillo con 28,3 mm la de mayor efecto sobre *S. aureus* en relación al Cloranfenicol, mientras clavo a 10 μL presentó mayor efecto sobre *E. coli* con 27,3 mm ( $p < 0,05$ ).

Las concentraciones que presentaron mayor sensibilidad frente a los tres microorganismos evaluados para el tratamiento con tomillo fueron 10 y 20 μL con diámetros entre 21,3 mm y 28,3 mm valores inferiores a los obtenidos por Borugã *et al.* [19] a una concentración de 20 μL con halos de inhibición de 34,4 mm de *S. typhirurium*, 34,9 mm de *E. coli* y 31,4 mm de *S. aureus*, este resultado estuvo asociado posiblemente a que el aceite de tomillo utilizado contenía hasta un 86,9% de compuestos primarios de timol, p-cimeno y α-terpineol frente a un 76,17% de dichos quimiotipos en el presente estudio; los cuales son los principales responsables de la actividad antimicrobiana del aceite [36].

Por su parte, el tratamiento con clavo evidenció alta sensibilidad de los tres microorganismos evaluados a las concentraciones 10 y 20 μL con diámetros de 19,6 mm en *Salmonella spp.*; 22,6 mm sobre *S. aureus* y 27,3 mm frente a la *E. coli*; resultados superiores a los presentados por Gamboa y Vásquez [4] contra *E. coli* 0157H7, *Salmonella spp.*, donde la inhibición máxima registrada fue de 18,3 mm.

Estudios de Ugalde *et al.* con dicho AE en combinación con canela, reportan inhibición de 23,7mm sobre *S. aureus* y de 16,7 en *E. coli* a concentración de 15 µL [36]. En el caso del clavo, su actividad antimicrobiana está asociada al eugenol, acetato de eugenilo, cariofileno, según reportes de Eguchi *et al* [35].

A la fecha se han realizado múltiples estudios para entender los mecanismos que explican el efecto controlador de los AE sobre microorganismos como *S. aureus*, *B. subtilis*, *Y. enterocolitica*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *P. mirabilis*, *E. coli* y *K. oxytoca* [10]. De modo general, los AE desintegran en bacterias la membrana externa o incrementan su fluidez. También se ha descrito engrosamiento y disrupción de la pared celular junto con una mayor rugosidad y ausencia de citoplasma. En este sentido, la actividad microbiana de los AE depende de la composición y proporciones de los diferentes componentes con actividad biocida respecto a la cantidad de los constituyentes primarios. Ambos AE y sus componentes, registran actividad antifúngica eficiente según Aguilar y López [38]. En el presente estudio se evidencia mayor actividad antibacteriana *in vitro* con diferencia significativa del AE de clavo sobre los tres microorganismos evaluados en las concentraciones equivalentes de tomillo a excepción de 20 µL sobre *S. aureus*.

### Evaluación de las características microbiológicas del chorizo conservado con AE de tomillo y clavo.

De acuerdo a la prueba de Tukey, en el análisis microbiológico no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P= 0,0100$ ). Durante el periodo de conserva-

ción de los chorizos se identificó una carga microbiana ascendente en el tiempo de aerobios mesófilos en los tres tratamientos, siendo los chorizos elaborados con conservantes químicos los que alcanzaron los límites máximos permitidos por la NTC 1325 (Cuadro 5).

Se identificaron menos de 100 UFC de coliformes totales en los chorizos elaborados con el AE de clavo y los conservantes químicos en los días 16 y 24, mientras que en los chorizos elaborados con AE de tomillo no se detectó crecimiento. Aun así todos cumplen con los límites máximos permitidos por la NTC 1325, la diferencia está en

el mayor número de componentes con actividad biocida del AE tomillo en T1, que mantuvo su efectividad durante el proceso de elaboración del chorizo ubicándose por encima de T2, el cual tuvo mejor comportamiento *in vitro*. [30,34]. Además, el producto cumplió con los requisitos de ausencia de patógenos como *Salmonella spp.*, *S. aureus* coagulasa positiva y coliformes fecales para todos los tratamientos, manteniéndose la actividad antimicrobiana expresada en la prueba preliminar *in vitro* por ambos aceites, con mejor comportamiento de tomillo. No se evidenció crecimiento de *Clostridium sulfito reductor* sobre los chorizos

Cuadro 4. Evaluación antimicrobiana in vitro de los AE de tomillo y clavo

Tratamiento	µL	<i>Salmonella spp.</i>	<i>S. aureus</i> c(+)	<i>E. coli</i>
		Inhibición mm		
T1 tomillo	5	8,9±3,2a	9,3±2,2ba	13,3±3,0a
	10	12,6±2,0b	17,6±1,0b	21,3±1,0b
	20	12,5±2,0b	28,3±2,5 c	18±1,6 a
T2 clavo	5	14,3±1,0 b	12,3±0,7ba	17±0,6 a
	10	19,6±2,1 c	22,6±2,1b	27,3±1,5 c
	20	15,6±1,0b	16,3±1,3 b	22,6±1,1 b
T3 Cloranfenicol	30	15,5±1,0b	18,2±1,4b	19,8±1,0b

\*Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 5. Análisis microbiológico de los chorizos elaborados con los tres tratamientos

Parámetro	Límite*	Día	T1**	T2	T3
Mesofilos aerobios UFC/g	<1E <sup>5</sup>	1	40	50	4E <sup>4</sup>
		8	7E <sup>3</sup>	5E <sup>3</sup>	4E <sup>4</sup>
		16	8E <sup>3</sup>	1,2E <sup>4</sup>	4E <sup>4</sup>
		24	1E <sup>4</sup>	1,3E <sup>4</sup>	5E <sup>4</sup>
Coliforme Total	100-500	1	<3	<3	<3
		8	<3	<3	<3
		16	<3	<100	<100
		24	<3	<100	<100
<i>E. coli</i>	<10	1 a 24	<10	<10	<10
<i>S. aureus</i> en 10g	<100	1 a 24	Ausente	Ausente	Ausente
ESR en 10g	<10	1 a 24	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Salmonella spp</i> en 25g	Ausente	1 a 24	Ausente	Ausente	Ausente

\*Límites máximos permitidos según NTC 1325. \*\*T1 tomillo, T2 clavo, T3 conservantes químicos

elaborados en ninguno de los tratamientos. El recuento de meso-aerobios aunque fue el de mayor desarrollo, también cumplió con los requisitos para productos cárnicos cocidos hasta 24 días de almacenamiento con 10.000-100.000 UFC/g; en conjunto, estos parámetros de referencia en calidad alimentaria, están establecidos en la NTC 1325 para los productos cárnicos embutidos.

Durante el periodo de almacenamiento, se observó que los tratamientos con AE inhibieron en mayor proporción el crecimiento de microorganismos comensales y patógenos permaneciendo en el límite permitido en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1325; especialmente frente a microorganismos de alta peligrosidad para la salud del consumidor como *Salmonella spp* y *Clostridium sulfito reductor*, que se relacionan con intoxicaciones alimentarias de los consumidores por el consumo de productos cárnicos embutidos. Este resultado es similar al obtenido por Suarez *et al.* [39] en salchicha bratwurst, que reportaron ausencia de patógenos en el producto elaborado con diferentes especias incluida tomillo al inicio y luego de 12 días.

Por otro lado, esta investigación evidenció que los tratamientos elaborados a base de AE presentaron menor carga microbiana de aerobios mesófilos (Cuadro 4) en relación a los chorizos elaborados con el tratamiento 3 (conservantes químicos), pero sin salir de los límites máximos permitidos; dado que este grupo de microorganismos se consideran indicadores de manipulación excesiva posterior a su elaboración o conservación a

Cuadro 6. Evaluación sensorial en chorizo crudo y cocido.

Tratamiento	Chorizo Crudo		Chorizo Cocido		
	Color	Olor	Color	Olor	Sabor
T1 tomillo	4,2±0,2a	4,3±0,1a	4,0±0,4a	4,4±0,1a	4,1±0,2 <sup>a</sup>
T2 clavo	4,0±0,1a	4,2±0,0a	4,1±0,2a	4,2±0,2a	3,8±0,1 <sup>a</sup>
T3 Conservantes Químicos	3,1±0,1b	2,8±0,3b	3,9±0,1a	4,2±0,2a	4,0±0,1a

\*Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadísticamente significativa.

temperaturas inadecuadas, lo que es común en chorizos producidos artesanalmente [5]. Estos resultados son similares a los obtenidos con AE de clavo en salami [9].

### Evaluación Sensorial

De acuerdo a la evaluación sensorial del chorizo crudo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Es decir, los tratamientos con AE presentaron mejores características de color y olor en chorizos crudos, mientras que en chorizos cocidos, los tratamientos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 6).

Las características organolépticas fueron calificadas positivamente por los jueces, datos similares a los presentados en estudios de Ardila *et al.* y Cardona y Mejía sobre la evaluación sensorial de AE de clavo en salami, donde el producto no mostró diferencias con respecto al testigo [15,9] y el AE de tomillo en salchicha tipo bologna [7], al igual que en nuggets de pollo, donde tampoco se afectaron las propiedades de olor y sabor siendo similar al control [7]. Estos resultados indican que los AE de tomillo y clavo poseen propiedades promisorias para la conservación de propiedades organolépticas aceptadas por los consumidores [9].

### CONCLUSIONES

Los AE de tomillo y clavo poseen propiedades antimicrobianas y capacidad para mantener las características organolépticas en embutidos elaborados de forma artesanal, siendo tomillo el de mayor efectividad *in vitro* y como aditivo en los chorizos. Los AE evaluados con características físicas y organolépticas previas a la elaboración de los chorizos no alteraron las características sensoriales finales del producto y lograron mantener las condiciones microbiológicas indicadas en la normatividad colombiana.

En este sentido, los AE evaluados pueden considerarse como una alternativa viable como conservantes naturales según normatividad vigente para calidad microbiológica de derivados cárnicos, en sustitución de preservantes químicos como nitrato de potasio, fosfato de potasio y benzoato; por lo que se recomienda avanzar en estudios de valor agregado en la aromatización y contenido nutricional saludable para consumidores. También sería relevante avanzar con estudios de conservación, capacidad antioxidante y calidad sensorial con especies aromáticas cultivadas en la región y así vincular todos los eslabones de la agrocadena.

De acuerdo con lo anterior, se sugiere darle continuidad a estudios bromatológicos de los chorizos y estudios que incluyan la identificación fitoquímica y actividad antioxidante de los AE de tomillo y clavo como determinantes funcionales, así como la estabilidad de los aceites como aditivos durante el proceso de producción agroindustrial, los costos de la aplicación de este tipo de tecnología y validar su uso frente a otros tipos de patógenos como *Listeria monocytogenes*. También, la inclusión de compuestos funcionales o nutracéuticos, así como el efecto en la calidad del producto, de la disminución en la concentración de otros componentes que pueden ser de alto riesgo para la salud de los consumidores como grasas saturadas, cloruro de sodio y sales fosfatadas, además de estudiar la inclusión de fibra, vitaminas y minerales [6].

Además, la inclusión de estas especias en el mercado y la industria generaría oportunidades, favoreciendo la economía nacional. Se requiere optimizar procesos de extracción a nivel local, incluyendo dentro de los elementos de dinamización de la economía regional, las asociaciones de productores transformadores de AE como ASOPROKAN, asociación de productores indígenas Kankuamos ubicados en Valledupar. Esta asociación produce AE de alta calidad para satisfacer las necesidades de la medicina tradicional de su comunidad [40]

## AGRADECIMIENTOS

A Carlos Osorio del SENA y Jorge Botero de la UDEA por su acompañamiento, COLCENCIAS convocatoria movilidad AL 2014 y CORPOICA por la financiación.

## REFERENCIAS

[1] RODRÍGUEZ-ESPINOSA, H., RESTREPO-BETANCUR, L.F. y URANGO, L.A. Preferencias y frecuencia de consumo de derivados cárnicos por parte de estudiantes universitarios de Medellín, Colombia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(4), 2015, p. 204-211.

[2] O'FLYNN, C. *et al.* The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. *Meat Science*, 96(1), 2014, p. 633-639.

[3] VARGAS-VELÁSQUEZ, C., LÓPEZ-REINOSO, A.R. y FLORES-ARTUNDUAGA, L.M.B. Evalua-

ción de la concentración de nitratos/ nitritos y cloruro de sodio en embutidos expendidos en la ciudad de Tarija. *Revista Ventana Científica*, 1(7), 2014, p. 1-8.

[4] GAMBOA, J.M. y VÁSQUEZ, M. Efecto del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* sobre la supervivencia de *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A* y *Bacillus cereus*. *Revista Rebiolest*, 1(3), 2015, p 42-51.

[5] TIRADO, D., ACEVEDO, D. and MONTERO, P. Calidad microbiológica, fisicoquímica, determinación de nitritos y textura de chorizos comercializados en cartagena (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 2015, p. 189-195.

[6] OLMEDILLA-ALONSO, B. y JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Alimentos cárnicos funcionales: desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. *Nutrición Hospitalaria*, 29(6), 2014, p. 1197-1209.

[7] GANJALI, N. *et al.* Antioxidant Effect of Thyme Essential Oil on Oxidative Stability of Chicken Nuggets. *International Journal of Food Engineering*, 1(2), 2015, p. 115-120.

[8] RIVERA, C.J. *et al.* Essential oils as antimicrobials in food systems: A review. *Food Control*, 54, 2015, p. 111-119.

[9] ARDILA, Q.M., VARGAS, A.A. y MEJÍA, G.L. Evaluación de aceites esenciales del *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia Caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris* como posibles antioxidantes y conservantes en el salami. *Vector*, 4, 2009, p. 95-106.

[10] AKDEMIR, E.G. Empirical prediction and validation of antibacterial inhibitory effects of various plant essential oils on common pathogenic bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 202(2), 2015, p. 35-41.

[11] CARDONA, J.O. y BARRIENTOS, F.J. Producción, uso y comercialización de especias aromáticas en la región Sumapaz, Cundinamarca. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(1), 2011, p. 114-129.

[12] MIER, G.H. Acuerdo nacional de competitividad 2015-2025: Cadena plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines en Colombia [online]. 2015. Disponible: <http://documentslide.com/documents/acuerdo-nacional-de-competitividad-cadena-plantas-aromaticas-y-medicinales.html>. [citado 20 de enero de 2017].

[13] DURANGO, J., ARRIETA, G. y MATTAR, S. Presencia de *Salmonella* spp., en un área del Cari-

- be colombiano: un riesgo para la salud pública. *Biomédica*, 24, 2004, p. 89-96.
- [14] TORRENEGRA, E.M. *et al.* Comparación de la Hidro-destilación Asistida por Radiación de Microondas (MWH) con Hidro-destilación Convencional (HD) en la Extracción de Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Información tecnológica*, 26(1), 2015, p. 117-122.
- [15] CARDONA, H.L.E. and MEJIA, G.L.F. Evaluation Of Antioxidant Effect Of Essential Oils And Extracts Of *Eugenia caryophyllata*, *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris*. *Biosalud*, 8, 2009, p. 58-70.
- [16] PESAVENTO, G. *et al.* Antibacterial activity of Oregano, Rosmarinus and Thymus essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in beef meatballs. *Food Control*, 54, 2015, p. 188-199.
- [17] BONILLA, D.M. *et al.* Efecto del aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* sobre *Porphyromonas gingivalis* cultivada in vitro. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 45(2), 2016, p. 275-287.
- [18] NAVARRETE, C., GIL, L., DURANGO, D. y GARCÍA, C. Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *DYNA*, 77(162), 2010, p. 85-92.
- [19] BORUGÁ, O. *et al.* *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Medicine and Life*, 7(3), 2014, p. 56-60.
- [20] PISCIOTTI, O.D.A., CABEZA, H.E.A. y CABEZA, H.R.A. Evaluación in vitro mediante pruebas de difusión en agar, del efecto inhibitorio de los ácidos propiónico y butírico sobre el crecimiento de *Salmonella enteritidis* y *Listeria monocytogenes*. *Revista Bistua*, 12(1), 2014, p. 82-92.
- [21] CABEZA, R., CABEZA, E. y PISCIOTTI, D. Actividad inhibitoria de extractos de *Plutarchia coronaria* sobre *Salmonella* serotipo Enteritidis ATCC 17036. *Revista Bistua*, 13(1), 2015, p. 46-61.
- [22] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC 1325: Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados Quinta Actualización. Bogotá (Colombia): 2008, 32 p.
- [23] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC 4574: microbiología de alimentos y de alimentos para animales. método horizontal para la detección de *Salmonella spp*, Primera Actualización. Bogotá (Colombia): 2007, 27 p.
- [24] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC 4834: Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de *Clostridium* sulfito reductores e identificación de *Clostridium perfringens*. Técnica de recuento de colonias, Primera Actualización. Bogotá (Colombia): 2000, 27 p.
- [25] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC 4779: Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positiva (*Staphylococcus aureus* y otras especies), Primera Actualización. Bogotá (Colombia): 2007, 21 p.
- [26] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC 4516: Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes técnica del número más probable, Primera Actualización. Bogotá (Colombia): 2009, 12 p.
- [27] YOUSSEEF, M., LUBBERS, S., VALENTIN, D. and HUSSON, F. From sensory evaluation to food product development: how to fit a new vegetal fermented product to the consumer taste. *Spise*, 2016, p. 36-46.
- [28] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Norma ISO 8586: Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors, First Edition. Geneva (Switzerland): 2012.
- [29] PIRBALOUTI, A., HASHEMI, M. and GHAFAROKHI, F. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*, 48, 2013, p. 43-48.
- [30] JAPANESE PHARMACOPOEIA JP XVI. Clove Oil, Oleum Caryophylli [online]. 2012. Disponible: <https://www.pmda.go.jp/files/000152816.pdf> [citado 26 de diciembre de 2016].
- [31] COY, B.C. y ACOSTA, G. Actividad antibacteriana y determinación de la composición química de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) de Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(2), 2013, p. 237-246.

- [32] BANDONI, A. Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. Ciencia y tecnología para el Desarrollo. Subograma IV. Biomasa como fuente de productos químicos y energía. Proyecto IV.6. La flora iberomericana y su aprovechamiento para la producción de aromas y fragancias de interés industrial. 1 ed. Buenos Aires (Argentina): 2002, p. 23.
- [33] OULEBSIR-MOHANDKACI, H., AIT KAKI, S. and DOUMANDJI-MITICHE, B. Essential Oils of two Algerian aromatic plants *Thymus vulgaris* and *Eucalyptus globulus* as Bio-insecticides against aphid *Myzus persicae* (Homoptera Aphididae). *Wulfenia*, 22(2), 2015, p. 185-197
- [34] AMINZARE, M. *et al.* The use of herbal extracts and essential oils as a Potential Antimicrobial in Meat and Meat Products: A Review. *Journal of Human, Environmental and Health Promotion*, 1(2), 2016, p. 63-74.
- [35] EGUCHI, Y. *et al.* Identification of terpenoids volatilized from *Thymus vulgaris* L. by heat treatment and their *in vitro* antimicrobial activity. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 94, 2016, p. 83-89.
- [36] UGALDE, M. *et al.* Bacterial and Antioxidant Activity of Commercial Essential Oils of Rosemary, Clove, Oregano and Sage. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 25, 2016, p. 54-61.
- [37] AL-ASMARI, K.A. *et al.* Chemical composition of essential oil of *Thymus vulgaris* collected from Saudi Arabian market. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(2), 2017, p. 147-150.
- [38] AGUILAR-GONZALEZ, A. y LÓPEZ-MALO, A. Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agente antimicrobiano en alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 7(2), 2013, p. 35-41.
- [39] SUÁREZ, M.H., RESTREPO, M.D.A y CARRASQUILLA, G.L.A. Influencia de Especies Naturales en la Vida Útil y Aceptación Sensorial de Salchicha Bratwurst. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(1), 2011, p. 6007-6013.
- [40] TOFIÑO-RIVERA, A. *et al.* Effect of *Lippia alba* and *Cymbopogon citratus* essential oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and cytotoxicity in CHO cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 2016, p. 749-754.

## Estabilidad del polvo de aguacate adicionado con componentes activos durante el almacenamiento

## Avocado powder stability added with active components during storage

## Estabilidade do pó de abacate com adição de ingredientes ativos durante o armazenamento

MARILZA PIEDAD RUIZ-RUIZ,<sup>1</sup> MISAEL CORTES-RODRIGUEZ<sup>2</sup>,  
JESUS HUMBERTO GIL-GONZALEZ<sup>3</sup>

### RESUMEN

*La estabilidad de las propiedades del polvo de aguacate adicionado con vitaminas y minerales (PA+CA) empleando secado por atomización, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento (15, 25 y 35°C) y tipo de atmósfera de empaque (vacío y nitrógeno) durante 180 días, fueron evaluadas. Los resultados obtenidos indican*

**Recibido para evaluación:** 20 de Enero de 2017.

**Aprobado para publicación:** 17 de Julio de 2017.

- 1 Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en producción, desarrollo y transformación agropecuaria (GIPDTA). Doctora en Ciencias Agrarias. Caldas, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Grupo de Investigación de Alimentos Funcionales (GAF). Doctor en Ingeniería de Alimentos. Medellín, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Grupo de Investigación SIMBIOMENA. Doctor en Química. Medellín, Colombia.

**Correspondencia:** e-mail: mcortesro@unal.edu.co

mayores cambios negativos en la calidad del PA+CA y una disminución en sus propiedades nutricionales, asociado a los bajos porcentajes de retención de vitamina A (36,44 a 36,48%) y vitamina D (50,01 a 52,53%), con el incremento en la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Desde el punto de vista de la fortificación mineral, el PA+CA se presenta como una excelente opción para la industria farmacéutica y de alimentos, con recuperación total del Ca y el Fe adicionados. Además, el PA+CA se conservó como un producto microbiológicamente seguro hasta el final del almacenamiento (valores de humedad <4% y actividad de agua <0,4). Dada la composición en ácidos grasos insaturados y las características físicas y fisicoquímicas del PA+CA, es altamente susceptible a procesos oxidativos que afectan su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda almacenarlo a temperaturas  $\leq 15^{\circ}\text{C}$ , en empaque de foil de aluminio y atmósfera inerte para proteger sus cualidades.

## ABSTRACT

The stability of the properties of avocado powder added with vitamins and minerals (PA+CA) using different storage temperatures (15, 25 and 35°C) and type of atmosphere packaging (vacuum and nitrogen) for 180 days, were evaluated. The results indicate higher negative changes in the quality of PA+CA and decrease in their nutritional properties, associated with low retention percentage of vitamin A (36,48 to 36,44%) and vitamin D (50,01 to 52,53%), with the increase in temperature and storage time. From the point of view of mineral fortification, the PA+CA is presented as an excellent choice for the pharmaceutical and food industry, with full recovery of Ca and Fe added. The PA+CA was retained as a microbiologically safe product until the end of storage (low values of moisture <4% and water activity <0,4). Associated with the composition of unsaturated fatty acids and physical and physicochemical characteristics of the PA+CA, it is highly susceptible to oxidative processes that affect their lifetime, so it is recommended to store under temperatures  $\leq 15^{\circ}\text{C}$ , in packaging aluminum foil and inert atmosphere to protect their qualities.

## RESUMO

A estabilidade das propriedades do pó de abacate com adição de vitaminas e minerais (PA+CA) utilizando secagem por pulverização, sob diferentes temperaturas de armazenamento (15, 25 e 35°C) e tipos de embalagem de atmosfera (vácuo e azoto), foram avaliados durante 180 dias. Os resultados indicam maiores alterações negativos na qualidade do PA+CA que as mostras de tempo zero, com o aumento da temperatura e tempo de armazenamento, indicando uma diminuição nas propriedades nutricionais, associados com baixo percentual de retenção de vitamina A (36,44-36,48%) e vitamina D (50,01-52,53%). Do ponto de vista da fortificação mineral, o PA+CA apresenta-se como uma escolha excelente para a indústria farmacéutica e de alimentos, com a recuperação total de adição de Ca e Fe. Além disso, o PA+CA foi preservada como um produto microbiologicamente seguros até o final do armazenamento (valores de umidade <4% e

## PALABRAS CLAVES:

*Persea americana* Mill variedad Hass, Secado por atomización, Vitaminas, Minerales, Compuestos fisiológicamente activos.

## KEYWORDS:

*Persea americana* Mill variety Hass, Spray drying, Vitamins, Minerals, Physiologically active compounds.

## PALAVRAS-CHAVE:

*Persea americana* Mill Hass, Secagem por atomização, Vitaminas, Minerais, Compostos fisiologicamente activa.

atividade de água <0,4). Dada a composição de ácidos graxos insaturados e características físicas e físico-químicas do PA+CA, é altamente suscetível em processos oxidativos que afetam a sua vida, por isso é recomendado para armazená-lo as temperaturas <15 °C, em foil de embalagem de alumínio e atmosfera inerte para proteger suas qualidades.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate es una fruta tropical de gran interés para la industria de alimentos, rico en compuestos activos y con declaraciones sobre beneficios en la salud del consumidor [1, 2], lo que lo hace altamente apreciado en mercados internacionales, principalmente la variedad Hass, cuya composición lipídica se encuentra constituida por un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados [1, 2]. Sin embargo, el aguacate es un fruto climatérico altamente perecedero y con barreras fitosanitarias de ingreso a varios mercados internacionales, por lo que la implementación de métodos de conservación, en particular el secado por atomización o aspersión (SA) ha sido utilizado por sus características de estabilidad, fácil manejo y reconstitución del producto en polvo [3, 4, 5], permitiendo ampliar el rango de comercialización y de vida útil del aguacate como materia prima en polvo. Actualmente, los productos alimenticios en polvo son utilizados como colorantes, aromatizantes, saborizantes, principios activos [3, 5, 6, 7, 8], y en la elaboración de tabletas de frutas y otros alimentos en polvo [5, 7, 9]. Actualmente, el SA es considerado una de las tecnologías que protegen los componentes activos (CA) por encapsulación [4, 7, 10, 11, 12]. Sin embargo, el proceso puede generar pérdidas de CA y reacciones de oxidación, las cuales pueden continuar durante el almacenamiento. Bajo este contexto, las condiciones de almacenamiento (temperatura, tiempo y envasado) y el empaque a utilizar juegan un papel fundamental en la degradación de los CA y en general de la vida útil del alimento [4, 5, 7, 9]. Estudios previos sobre el almacenamiento de productos en polvo, reportan aumentos en la oxidación, disminución de CA y degradación del color [4, 13, 14, 15]. El objetivo de esta investigación fue evaluar la estabilidad de las propiedades físicas y fisicoquímicas del polvo de aguacate adicionado con vitaminas y minerales (PA+CA) obtenido mediante SA, bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

## MÉTODO

Se utilizaron aguacates variedad Hass (28-32% de materia seca), maltodextrina (MD) dextrosa equivalente 18-20 (Tecnas S.A), goma arábica (GA) (Tic Pretested Gum Arabic FT Powder, Tic Gums, USA), sal grado alimenticio, y limones variedad común (*Citrus arautiifolia*).

La emulsión de alimentación al SA fue elaborada según Marulanda *et al.* (2014) [16], adicionando los CA al final de la homogenización. En la emulsión los sólidos aportados por el aguacate fueron 56,8%. Como CA se utilizaron hierro aminoquelado (10% de Fe) y citrato de calcio (21% de Ca) (Bellchem Internacional S.A., Colombia), vitamina A acetato (500,000 UI) (Microvit™ A Prosol500, Francia) y vitamina D<sub>3</sub> (500,000UI) (Sintofarm, Italy). Para el proceso de SA se utilizó un secador piloto de flujo co-corriente (Vibrasec S.A. modelo PSALAB automatizada), presión de vacío de 1,4" H<sub>2</sub>O, temperatura de entrada y salida del aire de 150°C y 90°C, y velocidad del disco atomizador de 27.152 rpm.

Las muestras de PA+CA fueron almacenadas en cámaras climáticas a condiciones controladas de 65% de humedad relativa, temperaturas de 15, 25 y 35°C, tiempos de almacenamiento (TA) de 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días, y atmósfera de empaque vacío (EV) y N<sub>2</sub> (EN) (pureza 99,9%, Cryogas, Colombia), mediante empacadora al vacío con mezclador de gases (Talsa S.A, Colombia), y como empaque bolsas de película laminada de pet, foil de aluminio con permeabilidad O<sub>2</sub><1 cc/(m<sup>2</sup>\*24 h\*atm), permeabilidad al vapor de agua < 1 g/(m<sup>2</sup>\*24 h\*atm) (ALICO - Colombia).

Se determinaron las propiedades físicas y fisicoquímicas: humedad (X<sub>w</sub>) método 925.45/2002 AOAC [17]; actividad de agua (a<sub>w</sub>) empleando un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 3TE, Decagon Devices Pullman WA, USA); color: coordenadas CIE-L\*a\*b\* (L\*: luminosidad, a\*: cromaticidad roja-verde y b\*: cromaticidad amarillo-azul), espectrofotómetro de esfera (X-Rite, modelo SP64, Inc, MI, USA), iluminante D65 y observador 10°; Índice de peróxidos (IP) expresados como kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/kg polvo según Bae y Lee (2008) [13], y la actividad antioxidante (AA) mediante las metodologías radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) [18] y 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS•+) [19], expresados como mg trolox/ 100 g muestra. Para la microscopio-

pía electrónica de barrido se empleó un microscopio SEM (Jeol 5910LV), visualizadas a 15kV. Las vitaminas A y D<sub>3</sub> se determinaron en un cromatógrafo líquido de alta resolución (Shimatzu Prominence, Tokio, Japan) en fase reversa, detector de arreglo de diodos, columna Luna 5µm C18 (4,6 mm × 250 mm) Phenomenex ®), fase móvil de acetonitrilo/metanol/agua (45,3/51,2/3,5) en condiciones isocráticas a un flujo de 1,0 mL/min y temperatura de 45°C, siendo la detección de estas a 325 y 265 nm, respetivamente. Se utilizaron rectas de calibración a partir de estándares de referencia: vitamina A (retinol acetato 99,9%, Sigma-Aldrich), vitamina D<sub>3</sub> (Colecalciferol 99,9%, Supelco). La extracción se realizó sobre 5 g de muestra en polvo, según Cortés (2004) [20] modificada, donde el extracto oleoso recolectado de los lavados preliminares de la muestra con hexano se aforaron hasta llegar a un volumen de 25 mL con más hexano; posteriormente una alícuota de 1 mL se secó con N<sub>2</sub> gaseoso y el residuo obtenido se disolvió en 3 mL de isopropanol grado HPLC, se filtró en membranas de nylon de 0,45 µm y se inyectó un volumen de 20µL en el HPLC. Los contenidos de vitaminas fueron reportados como porcentaje de recuperación (C/Co x 100), donde C y Co son los contenidos de vitamina a los tiempos de control (t) y a tiempo 0, respectivamente. La cuantificación de hierro y calcio se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, según la norma técnica colombiana 5151 [21]. Todas las variables fueron determinadas por triplicado.

Los valores experimentales fueron analizados a partir de un modelo multifactorial completamente aleatorizado de tres factores de efectos fijos: temperatura, tiempo y atmósfera de empaque. Para cada variable se realizó un análisis independiente a partir de ANOVAS, utilizando el método LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples,

con un nivel de confianza del 95% empleando el Software SAS/STAT® VIII (Statistical Analysis Software©, SAS Institute Inc. Singapore).

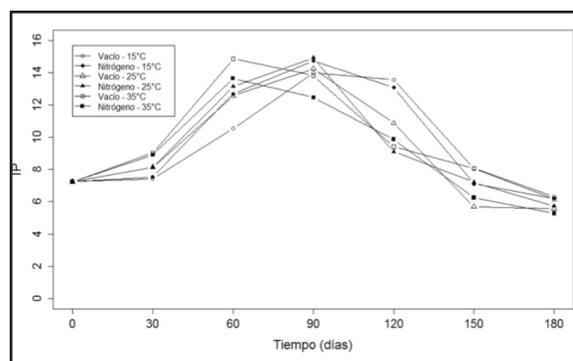
## RESULTADOS

El ANOVA reportó diferencias estadísticas significativas por interacción triple (p<0,05), para las variables fisicoquímicas IP, X<sub>w</sub>, a<sub>w</sub>, L\*, a\* y b\*. El cuadro 1 presenta los valores p para cada variable respuesta, según los factores evaluados (EN y EV, temperatura y TA) y sus interacciones.

Para el IP el ANOVA no presentó diferencias significativas por efecto del tipo de empaque y la interacción A\*C. La figura 1 presenta los valores promedios para IP, en función de los factores evaluados.

Se observó que las altas temperaturas de almacenamiento aceleraron la producción de peróxidos, alcanzando la rancidez más rápidamente. Resultados similares también han sido reportados para otros productos en polvo [13, 15].

Figura 1. Cambios IP (meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/kg polvo) para el PA+CA.



Cuadro 1. Valores p para las variables respuesta.

Fuente	IP	X <sub>w</sub>	ABTS	DPPH	a <sub>w</sub>	L*	a*	b*
A: Tiempo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B: Temperatura	0,0135	0,0001	0,0012	0,1601*	0,0001	0,0146	0,0001	0,0001
C: Empaque	0,3250*	0,7968*	0,5735*	0,1871*	0,0058	0,9958*	0,0002	0,7067*
A*B	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
A*C	0,2268*	0,0829*	0,0707*	0,0596*	0,0001	0,0001	0,0001	0,0020
B*C	0,0024	0,2356*	0,4927*	0,4272*	0,2047*	0,5976*	0,0007	0,0001
A*B*C	0,0001	0,0027	0,5631*	0,4075*	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

\*no significativas.

El aumento de la oxidación puede ser explicado en parte, por la alta superficie específica de la partícula de polvo, los cambios físicos y químicos ocurridos en los materiales de pared y la difusión molecular del aceite a través de ellos. Por otro lado, la oxidación lipídica puede ser catalizada por enzimas o reacciones de peroxidación asociadas a la presencia de metales, donde el aguacate es una fuente natural de minerales como el Fe y el Cu (12,0 y 12,67 mg/kg respectivamente) [22], sumado a la fortificación con Fe.

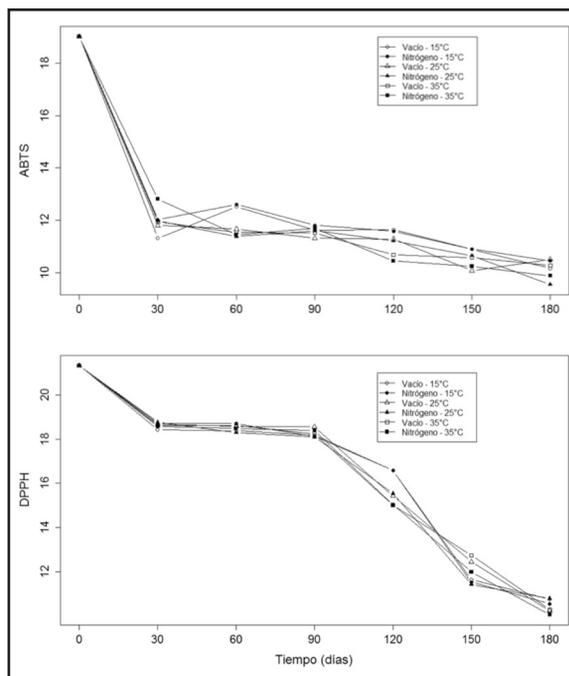
Con respecto a la AA en el PA+CA, el ANOVA no presentó diferencias significativas por efecto de C, ni las interacciones A\*C, B\*C y A\*B\*C para ambas variables (cuadro 1). La figura 2 presenta los valores promedios de AA en función de los factores evaluados.

Se observó que en el tiempo 0 se obtuvieron los mayores valores de AA por ambos métodos, y que estos disminuyeron paulatinamente hasta el día 180. El efecto deteriorativo del incremento de la temperatura y el TA, y las condiciones del proceso de SA, y los ayudantes de pared sobre la AA ha sido reportado para varios productos en polvo [23, 12, 4, 5, 6, 7], generando pérdidas de la AA, en comparación con el fruto fresco, para el que se reportan valores de 202 mg trolox/ 100 g pulpa de aguacate y de 15,2  $\mu\text{mol}$  trolox/g por DPPH y ABTS, respectivamente [22].

Wang *et al.*, (2010) [24] evaluaron la AA, el contenido de procianidinas y pigmentos en aguacates de diferentes variedades, encontrando que la AA del aguacate esta correlacionada con el contenido de fenoles y procianidinas. Al evaluar los componentes del fruto variedad Hass, los autores indican valores de DPPH•  $\mu\text{mol}$  Trolox/g para la piel ( $189,8 \pm 10,8$ ), seguido de la semilla ( $164,6 \pm 5,1$ ) y por último la pulpa ( $1,3 \pm 0,1$ ). Resultados similares han sido reportados por otros investigadores [22, 25]. En tanto que la AA para el extracto de aguacate Hass por DPPH• es de  $165,10 \pm 4,36 \mu\text{mol}$  Trolox/100 g bh [26]. Así, los valores obtenidos de AA en este estudio para el PA+CA fueron bajos, lo cual está relacionado con los efectos de oxidación antes mencionados, y el proceso de SA [8, 12].

Para los cambios de color en el PA+CA, el ANOVA no reportó diferencias estadísticamente significativas para el parámetro L\* por efecto de C y B\*C, en tanto que para a\* y b\* todos los factores fueron significativos, excepto únicamente por efecto del tipo

Figura 2. Valores ABTS• y DPPH•, expresados como mg trolox/100 g de PA+CA.

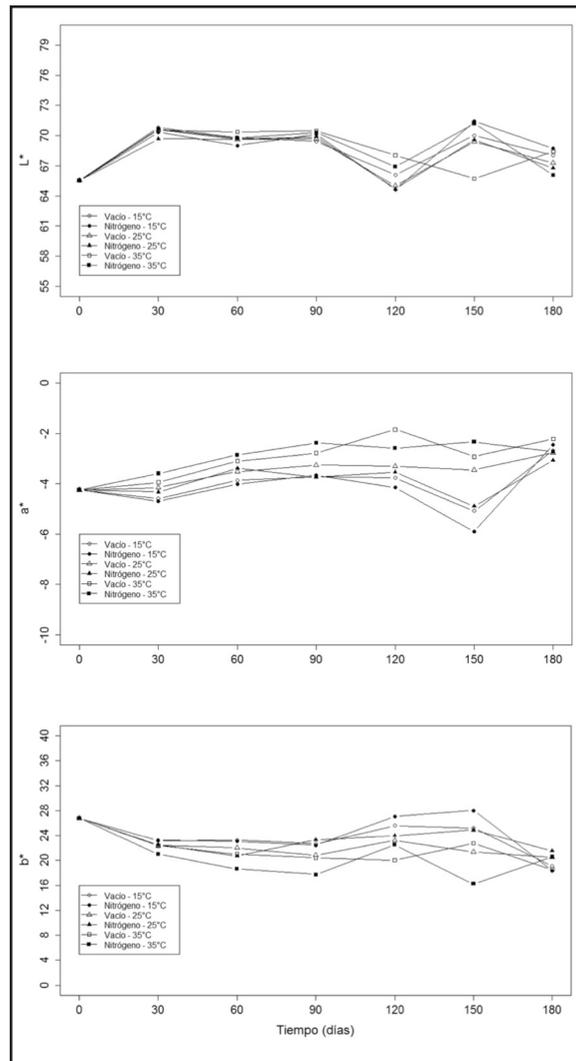


de empaque en b\* (cuadro 1). La figura 3 presenta los valores promedios de las coordenadas de color en función de los factores evaluados.

Se observó que independiente del tipo de envasado, con el aumento de la temperatura y el TA se presentó una decoloración, que se refleja en un incremento de luminosidad (polvos más claros) apreciable por el ojo humano, y manteniendo la cromaticidad amarilla, ubicando el producto en el II cuadrante del plano cromático a\*b\*. El aumento en la decoloración del polvo se presentó a partir del día 30, manteniéndose en valores cercanos durante el resto del periodo evaluado, donde parte de la variación puede ser atribuida al color inicial del fruto fresco empleado.

El color en el fruto de aguacate está relacionado principalmente con la presencia de compuestos carotenoides [24]. Similar a la AA, las condiciones del proceso de SA y los materiales de pared empleados afectan mayoritariamente los parámetros de color [3, 8]. En este sentido, la degradación del color se asocia, a que bajo tratamientos térmicos los carotenoides se destruyen y quedan expuestos a la degradación [8, 12]. Con respecto a los componentes clorofílicos, es-

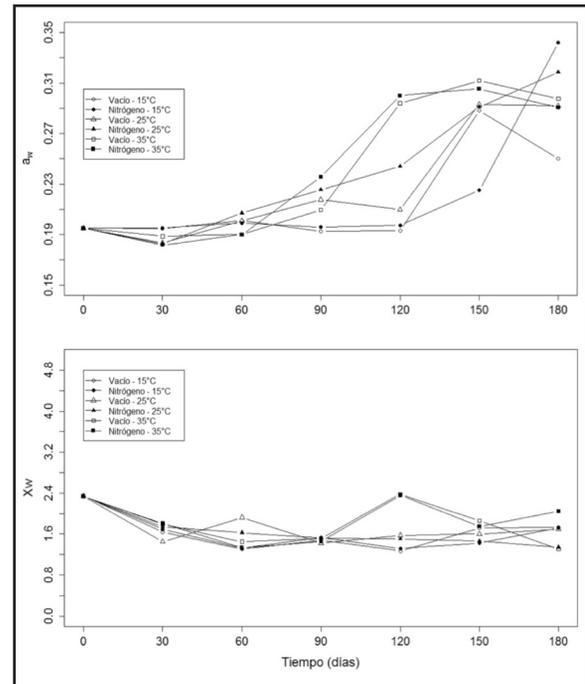
Figura 3. Cambios en las coordenadas de color para el PA+CA.



tos también son altamente lábiles. Resultados similares de degradación de color han sido reportados para otros productos en polvo [8, 14, 15, 27].

Con respecto a la  $a_w$ , los cambios presentados no alteran la estabilidad del producto desde el punto de vista microbiológico ( $a_w < 0,4$ ), donde el ANOVA no reportó diferencias estadísticas significativas por efecto de C y la interacción B\*C. Para  $X_w$ , se puede observar en el análisis de varianza (cuadro 1) como los factores A, B y A\*B presentaron diferencias significativas para EN y EV. La figura 4 presenta los valores medios encontrados para  $X_w$  y  $a_w$  en función de los factores evaluados.

Figura 4. Cambios en  $X_w$  y  $a_w$  para el PA+CA durante el almacenamiento.



Los rangos de  $X_w$  encontrados corresponden a la humedad de productos en polvo pegajosos, los cuales no superan el 4%; siendo un factor delimitante para la estabilidad de los productos en polvo durante el almacenamiento [5, 28], asociado a las diferencias del grado de intercambio por la permeabilidad del empaque al vapor de agua [29].

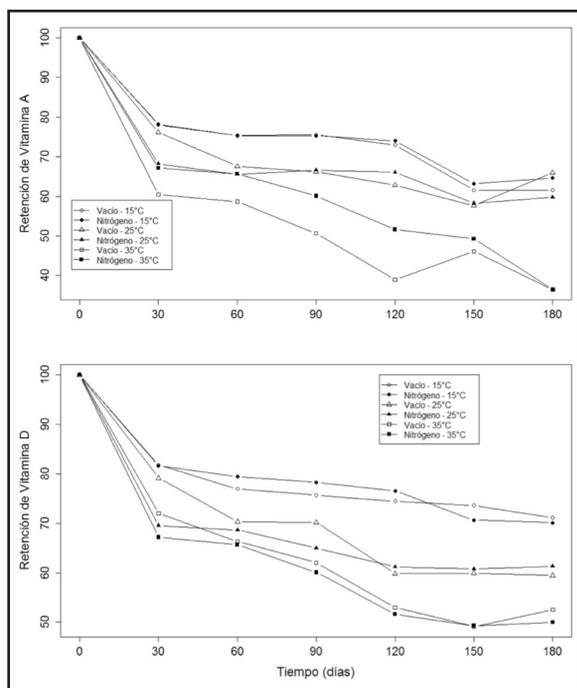
Los cambios de  $X_w$  y  $a_w$  ocurridos durante este estudio se relacionan con las condiciones del empaque, además del uso de los materiales de pared que ayudan a mantener la estabilidad [5, 8], donde un aumento del vapor de agua del entorno se relacionó con el aumento del contenido de  $X_w$  y de la  $a_w$ , asociado a la movilidad de las partículas con las mayores temperaturas de almacenamiento.

**Retención de vitaminas en PA+CA.** La figura 5 presenta los valores medios para el porcentaje de retención de la vitamina A y D en función de los factores evaluados. De forma general, se presentó una disminución en el contenido de vitaminas con el aumento de la temperatura y el TA, donde la vitamina A fue más lábil y la temperatura de 35°C presentó los menores % de retención.

Se considera que la inclusión o la protección de CA puede ser mejorado mediante la técnica de encapsulación, por la cual un ingrediente sensible se atrapa en el interior de un material de revestimiento.

El mecanismo de encapsulación empleado en este estudio podría clasificarse como de tipo matriz [11], donde el CA se encuentra dispersado en el material de pared, como MD y GA los cuales son empleados regularmente al ser considerados estables y mejoradores de las propiedades de instantización [5, 10, 30], por lo que también puede encontrarse en la superficie, y quedar expuesto superficialmente a las condiciones externas [31]. Cada CA es diferente, lo que implica que la encapsulación tendrá un efecto diferente sobre su recuperación al final del proceso. Además, las vitaminas liposolubles, presentan mecanismos de reacción similares a la oxidación de las grasas, alta sensibilidad al tratamiento térmico y otros agentes como la presencia de  $O_2$ , luz y los metales naturales [32] y adicionados en la fortificación. Por otro lado, la formación de peróxidos y la baja  $a_w$  también favorecen su degradación. Resultados similares de disminución de los CA a través del incremento de la temperatura y/o TA han sido reportados [12, 8, 4, 15, 14, 27].

Figura 5. Porcentaje de retención de la vitamina A y Vitamina D para PA+CA.



Con respecto a los minerales adicionados en la fortificación, no se presentaron cambios por efecto de la temperatura y el TA (retención de 100% para Ca y Fe), dado que los minerales tienden a ser estables, por lo que la técnica puede ser considerada altamente efectiva para su encapsulación.

**Microestructura.** La figura 6 presenta las micrografías SEM para el PA+CA. Como puede observarse, en el tiempo 0 el PA+CA presentó una forma amorfa de estructura superficial colapsada, aglomerada y con tamaños de partícula de 17,2 a 32,2  $\mu m$ .

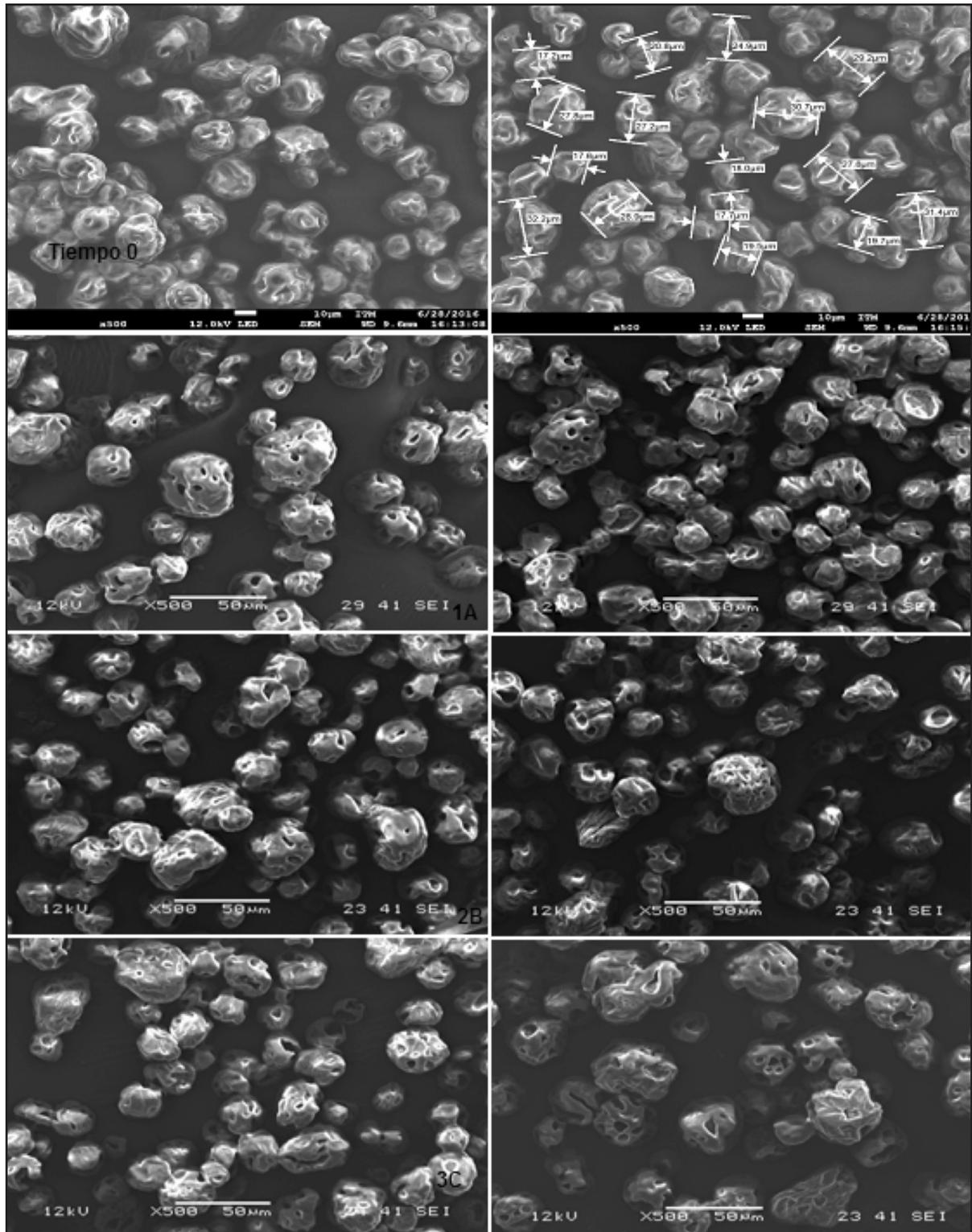
Estos resultados son similares a los reportados para aceite de aguacate microencapsulado [13], donde las micrografías también presentaron un alto grado de aglomeración, pero partículas de forma esférica. La superficie agrietada en las micropartículas ha sido correlacionada con una alta velocidad de evaporación [27]. Para SA se reportan tamaños de micropartículas de 3-100  $\mu m$  [11], los cuales concuerdan con los encontrados en esta investigación.

Con el incremento de la temperatura y el TA se presentó un aumento en la ruptura de la partícula y la fusión entre estas, lo cual generó un aumento del apelmazamiento en la superficie del límite del espacio de cabeza del empaque, también reportado por Liu *et al.* (2010) [14], y un aumento en la cohesividad asociado a la unión de las partículas por fusión de la grasa.

Por otro lado, el análisis microestructural se relacionó directamente con los valores encontrados para el IP del polvo a través del TA, dado que la fusión de las partículas y el colapso estructural de la micropartícula del polvo pueden favorecer el aumento del contenido de aceite superficial, lo que resulta en una baja protección frente a la oxidación [5, 15].

En general, los resultados reportados bajo estudios de almacenamiento para productos alimenticios en polvo indican que las temperaturas de almacenamiento  $\geq 20^\circ C$  generan un deterioro en la calidad total del producto (parámetros de color, contenido de humedad, propiedades físicas y fisicoquímicas del polvo), sumado a la pérdida de CA [15, 28, 29], donde estas propiedades varían también dependiendo del tipo de material de empaque empleado [29, 33]; por lo tanto, es recomendable realizar un consumo temprano del producto con el fin de obtener los efectos deseados de salud [33].

Figura 6. Micrografías SEM para PA+CA.



1A. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 15 °C; 2B. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 25 °C; 3C. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 35 °C

## CONCLUSIONES

Para el PA+CA los mayores cambios deteriorativos en el producto fueron atribuidos a la temperatura, el TA, y sus interacciones, en tanto que la atmósfera de empaque no fue relevante; asociado a la composición de ácidos grasos insaturados y CA, y las características físicas y fisicoquímicas del PA+CA como producto en estado amorfo, lo cual lo hace altamente susceptible a procesos oxidativos que afectan su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda su almacenamiento a temperaturas de refrigeración, bajo empaque de foil de aluminio en una atmósfera con gases inertes para proteger sus cualidades. Se considera que desde el punto de vista de la fortificación mineral, el PA+CA, se presenta como una excelente opción para la industria farmacéutica y de alimentos.

## REFERENCIAS

- [1] DREHER, M.L. and DAVENPORT, A.J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 2013, p. 738-750.
- [2] CARVALHO, C.P. and VELÁSQUEZ, M.A. Fatty acid content of avocados (*Persea americana* Mill. cv. Hass) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 2015, p. 220-227.
- [3] KRISHNAIAH, D., NITHYANANDAM, R. and SARBATLY, R. A critical review on the spray drying of fruit extract: Effect of additives on physicochemical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(4), 2014, p. 449-473.
- [4] MORAGA, G., IGUAL, M., GARCÍA-MARTÍNEZ, E., MOSQUERA, L.H. and MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. *Journal of Food Engineering*, 112(3), 2012, p. 191-199.
- [5] MOSER, P., SOUZA, R.T.D. and NICOLETTI-TELIS, V.R. Spray Drying of Grape Juice from Hybrid CV. BRS Violeta: Microencapsulation of Anthocyanins Using Protein/Maltodextrin Blends as Drying Aids. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), 2016, p. 1-11.
- [6] SORMOLI, M.E. and LANGRISH, T.A. Spray drying bioactive orange-peel extracts produced by Soxhlet extraction: Use of WPI, antioxidant activity and moisture sorption isotherms. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 2016, p. 1-8.
- [7] BUSCH, V.M., PEREYRA-GONZALEZ, A., ŠEGATIN, N., SANTAGAPITA, P.R., ULRIH, N.P. and BUERA, M.P. Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 2017, p. 227-235.
- [8] OBEROI, D.P.S. and SOGI, D.S. Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 2015, p. 172-178.
- [9] SAIFULLAH, M., YUSOF, Y.A., CHIN, N.L., AZIZ, M.G., MOHAMMED, M.A.P. and AZIZ, N.A. Dissolution profiling and its comparison of natural fruit powder effervescent tablets. *Journal of Food Engineering*, 178, 2016, p. 60-70.
- [10] MAHDAVI, S.A., JAFARI, S.M., ASSADPOOR, E. and DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 2016, p. 379-385.
- [11] RAY, S., RAYCHAUDHURI, U. and CHAKRABORTY, R. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 2016, p. 76-83.
- [12] SOGI, D.S., SIDDIQ, M. and DOLAN, K.D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 564-568.
- [13] BAE, E.K. and LEE, S.J. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 2008, p. 549-560.
- [14] LIU, F., CAO, X., WANG, H. and LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder Technology*, 204(1), 2010, p. 159-166.
- [15] KHA, T.C., NGUYEN, M.H., ROACH, P.D. and STATHOPOULOS, C.H. A storage study of encapsulated gac (*Momordica cochinchinensis*) oil powder and its fortification into foods. *Food and Bioprocess Processing*, 96, 2015, p. 113-125.
- [16] MARULANDA, A.M., GAVIRIA, J., RUIZ-RUIZ, M. y CORTES, M. Estabilidad de un sistema coloidal a base de aguacate con fines de secado por aspersión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(Suplemento II), 2014, p. 534-536.
- [17] OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). 17th ed. Arlington (USA): VA. AOAC International, 2002, 520 p.

- [18] BERGER, J., RANA, R.J. and JAVEED, H. Radical Quenching of 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl: a Spectrometric Determination of Antioxidant Behavior. *Journal of Chemical Education*, 85(3), 2008, p. 408 -410.
- [19] RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. and RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1999, p. 1231-1237.
- [20] CORTES, M. Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E [Ph.D. Tesis Ingeniería de Alimentos]. Valencia (España): Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Ingeniería, 2004, 320 p.
- [21] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá D.C. (Colombia): 2003.
- [22] DAIUTO, É.R., TREMOCOLDI, M.A., ALENCAR, S.M.D., VIEITES, R.L. and MINARELLI, P.H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2014, p. 417-424.
- [23] NUNES, J.C., LAGO, M.G., CASTELO-BRANCO, V.N., OLIVEIRA, F.R., TORRES, A.G., PERRONE, D. and MONTEIRO, M. Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. *Food Chemistry*, 197(part A), 2016, p. 881-890.
- [24] WANG, W., BOSTIC, T.R. and GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry*, 122(4), 2010, p. 1193-1198.
- [25] TELESZKO, M. and WOJDYŁO, A. Comparison of phenolic compounds and antioxidant potential between selected edible fruits and their leaves. *Journal of Functional Foods*, 14, 2015, p. 736-746.
- [26] MORENO, E., ORTIZ, B.L. y RESTREPO, L.P. Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 2014, p. 41-48.
- [27] TAN, S.P., TUYEN, C.K., PARKS, S.E., STATHOPOULOS, C.E. and ROACH, P.D. Effects of the spray-drying temperatures on the physicochemical properties of an encapsulated bitter melon aqueous extract powder. *Powder Technology*, 281, 2015, p. 65-75.
- [28] GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C. and DUGO, G. Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food Research International*, 65(part B), 2014, p. 163-170.
- [29] MUZAFFAR, K. and KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 291, 2016, p. 322-327.
- [30] ALVES, S.F., BORGES, L.L., DOS-SANTOS, T.O., DE PAULA, J.R., CONCEIÇÃO, E.C. and BARA, M.T.F. Microencapsulation of essential oil from fruits of *Pterodon emarginatus* using gum arabic and maltodextrin as wall materials: composition and stability. *Drying Technology*, 32(1), 2014, p. 96-105.
- [31] PANG, S.F, YUSOFF, M.M. and GIMBUN, J. Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying of *Orthosiphon stamineus* extracts. *Food Hydrocolloides*, 37, 2014, p. 159-165.
- [32] GONNET, M., LETHUAUT, L. and BOURY, F. New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of Controlled Release*, 146(3), 2010, p. 276-290.
- [33] NUNES, M.A., COSTA, A.S., BARREIRA, J.C., VINHA, A.F., ALVES, R.C., ROCHA, A. and OLIVEIRA, M.B.P. How functional foods endure throughout the shelf storage? Effects of packing materials and formulation on the quality parameters and bioactivity of smoothies. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 2016, p. 70-78.

## Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*

## Evaluation of the inability capacity of essential oils in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*

## Capacidade de avaliação inibitório de óleos essenciais em *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*

FRANCISCO EMILIO ARGOTE-VEGA<sup>1</sup>, ZULLY JIMENA SUAREZ-MONTENEGRO<sup>2</sup>,  
MAGALY ELIZABETH TOBAR-DELGADO<sup>3</sup>, JOSE ANGEL PEREZ-ALVAREZ<sup>4</sup>,  
ANDRES MAURICIO HURTADO-BENAVIDES<sup>5</sup>, JOHANNES DELGADO-OSPINA<sup>6</sup>

---

**Recibido para evaluación:** 14 de Marzo de 2017.

**Aprobado para publicación:** 29 de Agosto de 2017.

- 1 Universidad de Nariño, Grupo de investigación TEA, Doctorando en Recursos y Tecnologías Agroalimentarias. Magíster en Marketing Agroindustrial. San Juan de Pasto, Colombia.
- 2 Universidad de Nariño, Grupo de investigación TEA. Magíster en Marketing Agroindustrial. San Juan de Pasto, Colombia.
- 3 Universidad de Nariño, Grupo de investigación TEA. Ingeniera Agroindustrial. San Juan de Pasto, Colombia.
- 4 Universidad Miguel Hernández de Elche, Grupo de investigación Industrialización de productos de origen animal. Ph.D. Tecnología de alimentos. Alicante, España.
- 5 Universidad de Nariño, Grupo de investigación TEA. Ph.D. Ciencia y Tecnología de alimentos e Ingeniería. San Juan de Pasto, Colombia.
- 6 Universidad de San Buenaventura sede Cali, Grupo de investigación de Biotecnología. Magíster en Ciencias Agrarias. Cali, Colombia.

**Correspondencia:** argote\_71@hotmail.com

## RESUMEN

El interés por los aceites esenciales ha aumentado notablemente por sus propiedades bactericidas, fungicidas y antioxidantes. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad antibacteriana de aceites esenciales de eucalipto, limón y mandarina frente a bacterias ATCC *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. La actividad antibacteriana se determinó con la concentración mínima inhibitoria CMI y bactericida CMB, mediante el método de microdilución, con una emulsión estable cuyo diámetro promedio de gota estuvo entre 40 y 63 micras. La composición se determinó por cromatografía de gases acoplado a masas, también se midió la densidad, índice de refracción y acidez. Como resultados, se encontró para los aceites, valores de densidad entre  $0,858 \pm 0,002$  y  $0,920 \pm 0,003$  g/cm<sup>3</sup>, índice de refracción de  $1,469 \pm 0,01$  y  $1,4595 \pm 0,0025$ , índice de acidez entre  $5,32 \pm 0,02$  y  $8,08 \pm 0,074$ ; la composición de limón y mandarina presentaron compuestos comunes como limoneno, terpineno, octanal y mirceno; en eucalipto se destacaron eucalyptol (1,8 cineol) y pineno. En conclusión, los mejores resultados de inhibición fueron para eucalipto y mandarina frente a la bacteria Gram positiva con una CMI y CMB de  $6,8 \mu\text{L/mL}$  y para la Gram negativa el aceite esencial de cascara de mandarina y eucalipto con una CMI y CMB de  $13,2 \mu\text{L/mL}$ .

## ABSTRACT

The study of essential oils has increased markedly for its bactericidal, fungicidal and antioxidant properties. The objective was to evaluate the antibacterial capacity of essential oils of eucalyptus, lemon and mandarin against bacteria ATCC *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The antibacterial activity was determined with the minimal inhibitory concentration MIC and bactericidal MBC by the microdilution method, with a stable emulsion whose average droplet diameter was between 40 and 63 microns. The composition was determined by gas chromatography coupled to mass, the density, refractive index and acidity were also measured. The results were found for the oils density values between  $0,858 \pm 0,002$  and  $0,920 \pm 0,003$  g/cm<sup>3</sup>, refractive index of  $1,469 \pm 0,01$  and  $1,4595 \pm 0,0025$ , acid value between  $5,32 \pm 0,02$  and  $8,08 \pm 0,74$ ; the composition of lemon and mandarin presented common compounds such as limonene, terpinene, octanal and myrcene, eucalyptol (1,8 cineole) and pinene were prominent in eucalyptus. The best inhibition results were for eucalyptus and mandarin versus Gram positive bacteria with a MIC and MBC of  $6,8 \mu\text{L/mL}$  and for Gram negative the essential oil of mandarin and eucalyptus peel with a MIC and MBC of  $13,2 \mu\text{L/mL}$ .

## RESUMO

O estudo de óleos essenciais aumentou significativamente devido às suas propriedades antibacterianas e antioxidantes, fungicidas. O objetivo foi avaliar a capacidade antibacteriana de óleos essenciais de eucalipto, limão e tangerina contra bactérias *Staphylococcus aureus* ATCC e *Escherichia coli*. A atividade antibacteriana foi determinada pela CIM a concentração mínima inibitória e CMB bactericida pelo método da microdiluição com uma

## PALABRAS CLAVES:

Bactericida, Emulsión, Inhibición, Microdilución, Quimiotipo

## KEYWORDS:

Bactericide, Emulsion, Inhibition, Microdilution, Chemotype

## PALAVRAS-CHAVE:

Bactericida, Emulsão, Inibição, Microdiluição, Chemotype

*emulsão estável com um diâmetro médio de gota era entre 40 e 63 microns. A composição foi determinada por cromatografia em fase gasosa acoplada à massa, densidade, índice de refração e a acidez foi medida. Como resultado, foi encontrado com os valores óleos de densidade entre  $0,858 \pm 0,002$  e  $0,920 \pm 0,003$  g/cm<sup>3</sup>, índice de refração de  $0,01 \pm 1,469$  e  $1,4595 \pm 0,0025$ , número de ácido entre  $5,32 \pm 0,02$  e  $8,08 \pm 0,074$ ; a composição de limão e tangerina apresentado compostos comuns, tais como limoneno, terpinene, octanal e mirceno, em eucalipto eucalipto (1,8 cineol) e pineno foram destacados. Os melhores resultados foram para o eucalipto inibição e tangerina contra bactérias Gram positivas com um MIC e MBC de  $6,8 \mu\text{L/mL}$  e Gram negativo para o óleo essencial de eucalipto e casca de tangerina com um MIC e MBC  $13,2 \mu\text{L/mL}$ .*

## INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios están frecuentemente propensos a la contaminación causada por agentes patógenos, algunos de ellos generados durante el almacenamiento, el transporte o el procesamiento después de la cosecha, lo que trae consigo pérdidas significativas en la calidad, cantidad y composición de nutrientes, con la consecuente reducción del valor en el mercado. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, los casos registrados de pérdidas de alimentos en mal estado en los que se incluyen cereales, granos, nueces, frutas, verduras, carnes y especias, se reportan en cifras equivalentes a toneladas métricas de alimentos cada año [1].

Gran cantidad de bacterias patógenas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, en reservorios acuáticos y animales, los cuales son una importante fuente de patógenos [2]. Entre otros *Escherichia coli* ha sido identificado como el principal agente etiológico responsable de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos; esta bacteria está asociada a enfermedades gastrointestinales producto del consumo de alimentos contaminados tanto en origen como en proceso por falta de higiene e inadecuadas prácticas de procesamiento y conservación [2].

La Organización Mundial de la Salud, afirma que las enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos presentan un problema creciente y generalizado de salud pública, se estima que afecta a 1 de cada 3 personas al año en todo el mundo, y dan lugar a 2,2

millones de muertes afectando mayoritariamente a la población infantil, desencadenando así el problema de salud pública más extendido mundialmente [3].

No obstante, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria, existe la necesidad de generar medidas de control eficaces con conservantes antimicrobianos, que garanticen la inactivación bacteriana y que a su vez no generen efectos secundarios por su consumo; los métodos de conservación de alimentos que estén exentos de productos químicos pero que presenten compuestos antimicrobianos seguros y eficaces abren paso a numerosos estudios con productos naturales, como es el caso de los aceites esenciales de plantas, ya que los conservantes químicos, aunque controlan el desarrollo microbiano, generan gran debate por los efectos secundarios en la salud humana. En este contexto, en los últimos años los aceites esenciales naturales se han convertido en un tema de investigación en beneficio de la industria alimentaria puesto que han demostrado una importante actividad bacteriana frente a microorganismos Gram positivos y Gram negativos [4].

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos aromáticos que se obtienen por diferentes métodos de extracción, a partir de material vegetal (flores, tallos, raíces, hojas, frutos, y semillas), algunos de ellos indican actividad antibacteriana y antifúngica, evaluadas como una fuente potencial de nuevos compuestos antimicrobianos y una alternativa para la preservación de alimentos [5].

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se encuentra relacionada con la composición química, por ejemplo, frutos cítricos cuentan con un promedio de 40 compuestos, los cuales se ven influenciados por métodos específicos de cultivo, extracción y separación; los aceites esenciales de cítricos se encuentran principalmente en la cáscara de la fruta, su extracción es económicamente sostenible, ya que la cáscara constituye una pérdida para la industria de jugos de frutas; en consecuencia, el interés de estos como agentes antimicrobianos y conservantes en los alimentos abre una posible alternativa para sustituir los conservantes y antibióticos convencionales [6].

Algunas de las aplicaciones en cuanto a inhibición microbiana a partir de aceites esenciales, han demostrado eficacia frente a varios patógenos comunes en la industria alimentaria, dentro de los cuales se encuentran: *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *S. au-*

*reus*, *Campylobacter*, *Enterococcus fecalis*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, y otros [7].

Los aceites de frutos cítricos han sido evaluados como posibles alternativas a los antimicrobianos basados en productos químicos, es así como su estudio es relativamente hace poco, haciendo énfasis en los componentes que lo constituyen, en especial en el quimiotipo limoneno, el cual ejerce un amplio espectro en actividad antimicrobiana, demostrando ser eficaz frente a *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. entérica* y *Saccharomyces bayanus* [8].

El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad inhibitoria de tres aceites esenciales de eucalipto, cáscara de limón y mandarina en bacterias ATCC *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* a través del método de micro dilución en caldo colorimétrico.

## MÉTODO

### Formulación de la emulsión

Los aceites esenciales de Eucalipto (*Eucalyptus*), cáscara de limón (*Citrus limón*) y mandarina (*Citrus Reticulata*) se obtuvieron mediante el método de hidrodestilación y las variables de la operación fueron: densidad de lecho (Diámetro de recipiente 30 cm), relación agua a material vegetal de 5:1, temperatura promedio de  $90 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$  y un tiempo aproximado de 2,5 horas para cada extracción. El proceso se realizó en lotes de 400 g de material vegetal hasta alcanzar 10 mL de aceite; las muestras se sometieron a análisis de densidad, índice de refracción e índice de acidez de acuerdo a las normas NTC 336 y NTC 218, posteriormente se almacenaron a temperatura promedio de  $4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

La composición de los aceites esenciales se efectuó con la ayuda de un cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas marca Shimadzu QP2010S, provisto de columna J&W Scientific DB5-MS (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ) y detector Selectivo de masas, en modo de operación *full scan*; interface a  $280^{\circ}\text{C}$ ; inyector *split/splitless* a  $250^{\circ}\text{C}$  Inyección *split* 1:50; fase móvil Helio UAP a flujo de 1,0 mL/min.

Inicialmente, se inyectó 1,0  $\mu\text{L}$  de aceite esencial (dilución al 10% en diclorometano grado HPLC). Luego se procedió a la identificación tentativa de los compuestos mediante comparación de los espectros de

masas utilizando las bases de datos ADAMS 2004 y NIST. Para el cálculo de los índices de retención lineales se utilizó una mezcla de n-alcanos.

Las emulsiones se elaboraron a partir de la mezcla del aceite esencial más un medio de cultivo líquido (caldo infusión cerebro corazón BHI) el cual permitía el crecimiento de bacterias Gram positivas y Gram negativas, como tensoactivo o emulsionante se utilizó Tween 20. Las variables de operación en la preparación de la emulsión como la temperatura, velocidad y tiempo de agitación fueron constantes, variando únicamente la proporción del aceite respecto al Tween 20 de la siguiente forma: 1:0,5; 1:1; 1:2; 1:3; la unidad muestral fue de 3 mL con ensayos por triplicado. La emulsión resultante se observó al microscopio con un objetivo de imagen de 40x y 100x, verificando su estabilidad termodinámica durante 48 horas con el fin de evidenciar defectos tales como la sedimentación, coalescencia y floculación durante el almacenamiento [10].

Para determinar las concentraciones de estudio de los aceites esenciales, se realizó un intervalo de datos con límites inferior y superior para *Staphylococcus aureus* entre 2 y 9,2  $\mu\text{L}/\text{mL}$ , y con *Escherichia coli* en intervalo de 2 y 14,6  $\mu\text{L}/\text{mL}$ .

### Microorganismos y condiciones de crecimiento

La capacidad de inhibición bacteriana de los aceites esenciales de Eucalipto, cáscara de limón y mandarina se evaluó frente a cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), las cuales fueron proporcionadas por el Instituto Departamental de Salud de Nariño y se mantuvieron almacenadas a temperatura de refrigeración previa a su activación.

Para la activación bacteriana se realizaron inóculos adicionando 10  $\mu\text{L}$  de cada bacteria en 10 mL del medio de cultivo líquido de infusión de cerebro y corazón (BHI), se incubaron durante 24 horas a  $37^{\circ}\text{C}$  y se estandarizó a una población de Mc Farland de 0,5 que equivale a UFC /mL [11].

### Concentración mínima inhibitoria mediante micro dilución en caja de Elisa

Se empleó una caja de elisa de 96 pozos con una capacidad en cada pozo de 200  $\mu\text{L}$ . Inicialmente se montaron dos controles, estos correspondían a un control positivo (medio de cultivo y bacteria), y aun

negativo igual al primero más los antibióticos que contrarrestan la resistencia de la bacteria (*Staphylococcus aureus* con oxácilina 5 µg/mL y para *Escherichia coli* ampicilina 2 - 8 mg/mL) [9]. Los pozos donde varía la concentración de aceite tuvieron un volumen final de 120 µL, de los cuales 10 µL corresponden al inóculo bacteriano más 100 µL de cada emulsión, posteriormente las cajas se incubaron a 35°C durante 20 horas. Como indicador colorimétrico de inhibición se empleó MTT (Thiazolyl Blue Tetrazolium Bromide) (M2128-100MG Sigma aldrich), el cual se adicionó a cada pozo, incubando durante una hora a 37°C y observando cambios de turbidez para determinar si se presentó concentración mínima inhibitoria. Las experiencias se realizaron por triplicado

La concentración mínima bactericida se determinó inoculando 10 µL de muestra de un pozo que no presentó cambio de color en agar Muller Hilton y se incubó a 37°C durante 18 horas para confirmar la ausencia de bacterias viables en caja Petri por triplicado.

### Análisis estadístico

Se realizó con la ayuda del programa Statgraphics Centurión XVII. Los resultados se expresan en promedios con su desviación estándar, las diferencias estadísticas se compararon a un valor  $P < 0,05$  con análisis de varianza y prueba de múltiples rangos de Tukey. Los resultados de inhibición bacteriana se realizaron con un diseño completamente al azar con dos factores y las diferencias significativas se compararon con la prueba de kruskall Wallis a un valor  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Características físicas y químicas

En el cuadro 1 se puede observar que la densidad de los aceites presentó diferencias significativas, el mayor valor fue para el aceite de eucalipto, mientras que limón y mandarina muestran valores similares. En lo referente al índice de refracción no se observan diferencias significativas en los tres tipos de aceites. Por otra parte, el índice de acidez indicó diferencias significativas para el aceite de eucalipto comparado con los aceites de mandarina y limón, ya que estos dos últimos presentan valores similares.

### Composición de aceites

Como se puede observar en el cuadro 2, en los aceites de limón y mandarina existen compuestos comunes los cuales corresponden a limoneno, terpineno, octanal y mircenol.

En mandarina es importante destacar los quimiotipos linalool (*dimethyl-2,7-octadien-6-ol.*) y timol (*2-isopropil-5-metilfenol*) ampliamente estudiados por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas. Por otra parte en el aceite de eucalipto son importantes los terpenos eucaliptol (*1,8 cineol*) y pineno. Estudios realizados por varios investigadores reportan

Cuadro 1. Características físicas y químicas de aceites.

Aceite	Densidad Promedio g/cm <sup>3</sup>	Índice de refracción promedio	Índice de acidez promedio
Eucalipto	0,920±0,003 <sup>b</sup>	1,4595±0,0025 <sup>a</sup>	5,32±0,02 <sup>a</sup>
Mandarina	0,860±0,001 <sup>a</sup>	1,469±0,01 <sup>a</sup>	8,08±0,074 <sup>b</sup>
Limón	0,858±0,002 <sup>a</sup>	1,471±0,021 <sup>a</sup>	7,77±0,096 <sup>b</sup>

Nota: letras minúsculas diferentes en filas representan diferencias significativas con prueba de Tukey a  $P < 0,05$ .

Cuadro 2. Compuestos principales de aceites esenciales

Aceites esenciales	Nombre científico	Composición porcentual de principales compuestos
Limón	<i>Citrus limón (L) Osbeck</i>	Limoneno(58,17), β-pineno (13,22), γ-Terpineno (11,72), β-Mirceno (1,75), Octanal (1,67), Citronelal (1,5), α-Terpineol (1,19)
Mandarina	<i>Citrus reticulata blanco</i>	Limoneno (70,88), γ-Terpineno (7,14), Linalool (6,69), Octanal (3,52), β-Mirceno (2,79), Timol (1,25)
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	Eucaliptol (57,85), α-pineno (22,81), α-terpinil acetato (3,72), β-Mirceno (1,85), Viridiflorol (1,6), β-pineno (1,53), Aromadendreno (1,49), α-Terpineol (1,27)

Nota: Se referencian los compuestos con valores superiores al 1%.

que el efecto antimicrobiano de los compuestos obedece a un efecto sinérgico y no a las propiedades aisladas de uno de ellos.

### Emulsiones

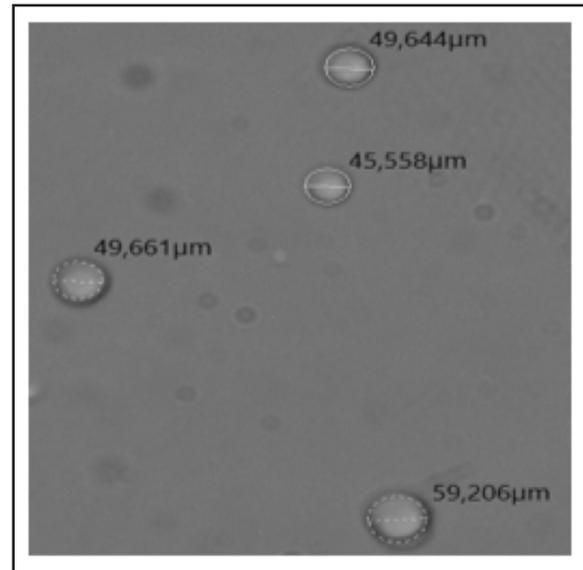
En los ensayos realizados se determinó que la relación 1:1 entre aceite esencial y Tween 20 mostró estabilidad hasta 48 horas durante las cuales se realizó el seguimiento; como parámetro adicional, se midió el tamaño promedio de gota el cual se mantuvo entre un rango de 40 a 63 micras durante el tiempo, como se puede observar en la figura 1.

### Concentración mínima inhibitoria CMI

En la figura 2 se presentan los resultados de la prueba de inhibición bacteriana a través de microdilución en caja de Elisa. Imagen de izquierda indica ensayos con aceite esencial de limón y mandarina en la bacteria *E.coli*; imagen central muestra resultados de *S. aureus* con mandarina y eucalipto; imagen derecha corresponde a *S. aureus* y *E.coli* con limón y eucalipto en su orden. Los pozos donde no se observa ningún cambio de color indican la ausencia de bacterias viables.

En el cuadro 3 se resume la concentración mínima de inhibición CMI y la concentración mínima bactericida CMB de cada aceite esencial frente a las bacterias patógenas, el aceite esencial de eucalipto y mandarina indican la menor CMI y CMB frente a *Staphylococcus aureus* (6,8 µL/mL). Respecto a la bacteria patógena *Escherichia coli* esta muestra susceptibilidad a los tres aceites, siendo menor para eucalipto y mandarina con valores de CMI y CMB de 13,2

Figura 1. Diámetro medio y distribución de la molécula en la emulsión evaluada a 40X en 24 y 48 horas.



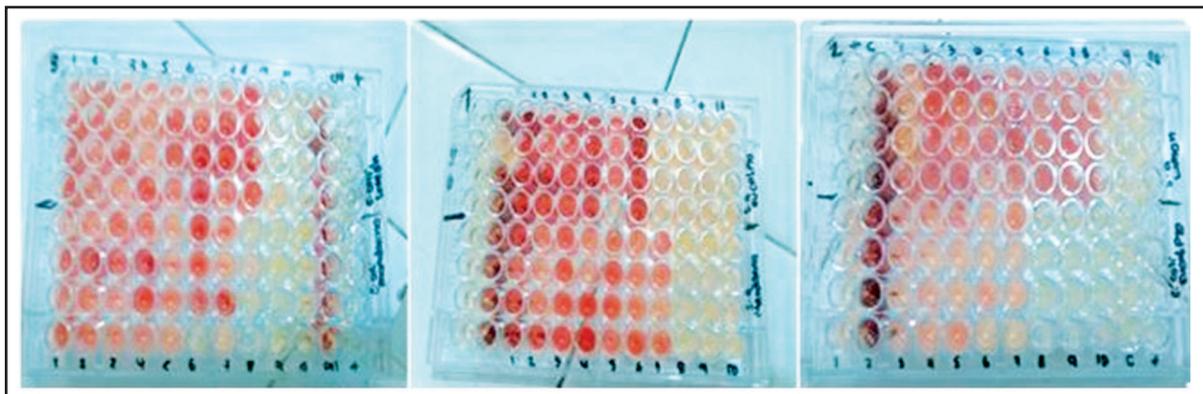
Las características de la emulsión fueron: 7,35 ± 0,5 pH; índice de refracción 1,35445 ± 0,057 densidad 1,793 g/cm<sup>3</sup> ± 0,26.

Cuadro 3. Resultados de CMI y CMB para *S. aureus* y *E. coli*

Aceite	<i>S.aureus</i>		<i>E.coli</i>	
	CMI µL/mL	CMB µL/mL	CMI µL/mL	CMB µL/mL
Eucalipto	6,8 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>
Mandarina	6,8 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>
Limón	7,6 <sup>b</sup>	7,6 <sup>b</sup>	14,6 <sup>b</sup>	14,6 <sup>b</sup>

**Nota:** letras minúsculas diferentes en filas representan diferencias significativas de los tratamientos con la bacteria, prueba de kruskall Wallis a P<0,05.

Figura 2. Concentración mínima inhibitoria- caja de Elisa.



$\mu\text{L}/\text{mL}$ . En esta investigación la concentración mínima inhibitoria CMI y la concentración mínima bactericida CMB coincidieron en el mismo valor. Las figuras 3 y 4 muestran los resultados de CMB para las bacterias de estudio.

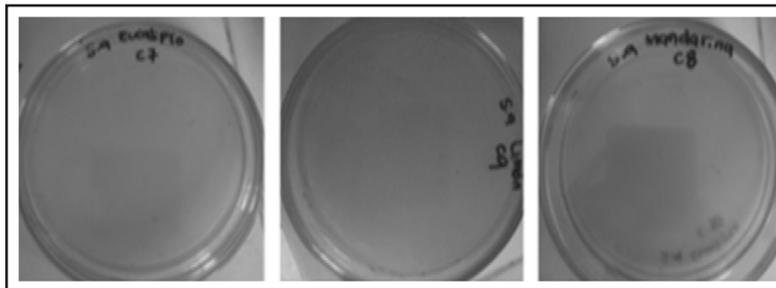
El principal problema a la hora de determinar la eficiencia de los aceites esenciales en cuanto a las propiedades antibacterianas es su naturaleza hidrófoba que los hace insolubles en medios a base de agua. En este sentido, con el fin de obtener una mezcla homogénea del antibacteriano y el medio de dilución, se resuelve elaborando una emulsión que permita la coexistencia de sus componentes los cuales generalmente son sustancias hidrófilas e hidrofóbicas más tensoactivos tales como Tween 20 o 80 solo o en combinación con acetona, polietilenglicol o etanol [12].

Las emulsiones de aceite en agua son vehículos importantes para el suministro de compuestos hidrófobos en una gama de productos alimenticios, nutraceuticos, cosméticos y fármacos [13].

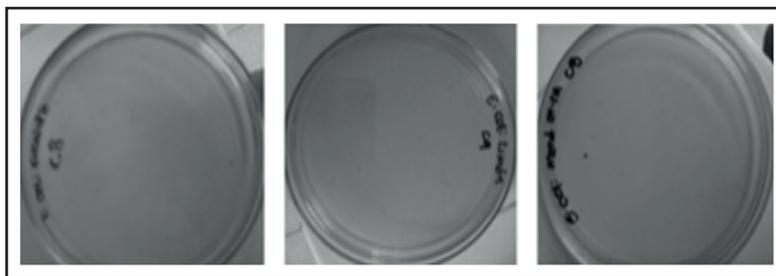
De la investigación realizada, la metodología basada en la preparación de mezclas de aceites esenciales y el medio de cultivo líquido, genera una alternativa para preparar nuevas formulaciones a escalas pequeñas, en este caso de un compuesto antimicrobiano que podría ser adoptado para reemplazar o incluso reducir al mínimo la dependencia excesiva de los agentes antibacterianos químicos, cuyos efectos secundarios están bien establecidos [13].

Los resultados obtenidos de la concentración mínima inhibitoria no son diferentes a otros estudios

**Figura 3.** Concentración mínima bactericida CMB de aceites esenciales de eucalipto, limón y mandarina en cultivo de *Staphylococcus aureus*.



**Figura 4.** Concentración mínima bactericida CMB de aceites esenciales de eucalipto, limón y mandarina en cultivo de *E. coli*.



que se han realizado en cuanto a inhibición bacteriana, ya que se ha demostrado que las bacterias Gram positivas son más susceptibles a diferentes tipos de aceites esenciales que las bacterias Gram negativas, esto se evidencia claramente en el resultado obtenido con la bacteria *Staphylococcus aureus* como bacteria Gram positiva; *Escherichia coli* fue más resistente frente a las concentraciones propuestas, sin embargo los aceites esenciales de eucalipto y mandarina lograron inhibir el crecimiento de esta como de otras bacterias Gram negativas [14].

La tendencia de consumo actual está inclinada hacia el reemplazo de los conservantes químicos por alternativas naturales que brinden seguridad alimentaria, en este sentido se propone la utilización de los aceites esenciales de plantas y frutos cítricos como

una solución para mejorar los métodos de conservación de alimentos en la industria alimentaria.

Los aceites esenciales de los cítricos se extraen de la piel de las frutas frescas, por lo tanto constituyen un subproducto de la industria alimentaria, y la utilización de estos como agentes antimicrobianos contra bacterias patógenas no solo proporcionan una alternativa de conservante natural, sino que también maximiza el uso de los recursos existentes y minimiza los efectos adversos de los subproductos en el medio ambiente.

Es conocido que un aceite esencial es una mezcla de numerosos componentes y su bioactividad se relaciona con su composición y las interacciones entre sus componentes, las cuales desempeñan un papel importante en cuanto al efecto bactericida, partiendo de esto,

numerosos estudios cromatográficos obtenidos en varios ensayos, confirman que el componente más abundante en los cítricos como la naranja, limón y mandarina es el limoneno, monoterpeno que representa el 65 al 97% del aceite, dependiendo de varios factores, principalmente del método de extracción, el tiempo de la recolección del material vegetal, y sobre todo, el origen geográfico del aceite; para el caso del eucalipto como principal componente se destaca el eucaliptol [15].

Los resultados obtenidos en cuanto a inhibición bacteriana tienen similitud con otros estudios realizados, ya que los aceites esenciales de cáscara de mandarina y eucalipto demostraron mayor eficacia bactericida frente a las bacterias estudiadas; sin embargo es importante tener en cuenta que la susceptibilidad de los microorganismos a los aceites esenciales se debe a diversos factores entre los cuales se destaca principalmente la composición del aceite esencial y la propia especie microbiana, es importante resaltar que la variabilidad en la composición química de los aceites esenciales puede cambiar de acuerdo a diferentes situaciones tales como: ambientales (clima, estaciones y posición geográfica), variaciones genéticas, el estado nutricional de la planta, el tiempo de la cosecha y el método de extracción [16].

Los aceites esenciales de las pruebas demostraron actividad antimicrobiana contra las bacterias transmitidas por alimentos, sin embargo *S. aureus* fue la bacteria más susceptible, mientras que *E. coli* mostró mayor resistencia. Algunos autores afirman que la mayor resistencia en las bacterias Gram-negativas podría atribuirse a las diferencias en la membrana celular de estos grupos de bacterias, de esta manera la membrana externa de las bacterias Gram-negativas tiene superficies altamente hidrofílicas, mientras que los extremos lipofílicos de la membrana celular de las bacterias Gram-positivas pueden facilitar la penetración por un compuesto hidrófobo [17].

El modo de acción de los aceites esenciales ha sido ampliamente estudiado, sin embargo no se tiene total claridad de ello, en algunos estudios se ha propuesto que la acción antimicrobiana de los aceites esenciales se puede atribuir a su capacidad de penetrar a través de membranas bacterianas y así interrumpir las propiedades funcionales de esta, interactuando con los orgánulos que constituyen el citoplasma de la célula bacteriana e interferir en el metabolismo celular [17].

Una de las características importantes de los aceites esenciales y sus componentes es la hidrofobicidad, ya que permite separar los lípidos de la membrana celular bacteriana y así hacerla más permeable. La interacción de los componentes de los aceites esenciales con membranas celulares microbianas permite la inhibición del crecimiento de algunas bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, por ejemplo en el primer grupo se destacan *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus* las cuales son más susceptibles a los aceites esenciales que las bacterias Gram-negativas como *Escherichia coli* y *Salmonella Enteritidis*, que son más resistentes a la acción de los aceites esenciales debido a que poseen una pared celular exterior hidrofílica, que ayuda a prevenir la penetración de compuestos hidrofóbicos [18].

Por otra parte la naturaleza fenólica de los aceites esenciales también provoca una respuesta antimicrobiana frente a bacterias patógenas; los compuestos fenólicos interrumpen la membrana celular e inhiben las propiedades funcionales de la célula provocando la muerte celular, de la misma manera los compuestos fenólicos pueden alterar la permeabilidad celular microbiana, dañar las membranas citoplasmáticas, interferir con la energía celular en el sistema de generación de ATP e interrumpir la fuerza motriz de protones, con la permeabilidad alterada de la membrana citoplasmática se puede provocar la muerte celular [19].

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió comparar la actividad antimicrobiana de tres tipos de aceites esenciales mediante el método de microdilución en caldo colorimétrico, la emulsión se obtuvo con una proporción 1:1 de aceite esencial y Tween 20 estable en 48 horas y con un diámetro de gota entre 40 y 63 micras.

Las concentraciones mínimas inhibitorias CMI y bactericidas CMB fueron: *Staphylococcus aureus*, con eucalipto y mandarina 6,8  $\mu\text{L}/\text{ml}$ , limón 7,6  $\mu\text{L}/\text{ml}$ . Con la bacteria *Escherichia coli*, eucalipto y mandarina 13,2  $\mu\text{L}/\text{mL}$  y limón 14,6  $\mu\text{L}/\text{mL}$ . Los resultados demostraron que los aceites esenciales de eucalipto, cascara de limón y mandarina tienen capacidad inhibitoria para las bacterias *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923).

Por último, el estudio señala el interés acerca del aprovechamiento de los productos de desecho de la industria de jugos y frutas, maximizando el uso de los recursos existentes y minimizar los efectos adversos de los subproductos en el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Pérdidas y desperdicio de alimentos el mundo. Roma (Italia): 2015, 42 p.
- [2] SHAH, M.K. *et al.* Efficacy of vacuum steam pasteurization for inactivation of Salmonella PT 30, *Escherichia coli* O157:H7 and *Enterococcus faecium* on low moisture foods. *Food Microbiology*, 244, 2017, p.111-118.
- [3] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Inocuidad de los alimentos (Nota descriptiva N° 399) [online]. 2015. Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/> [citado 20 de Marzo del 2017].
- [4] PRAKASH, B. *et al.* Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – potentials and challenges. *Food Control*, 47, 2015, p. 381–389.
- [5] PERDONES, A. *et al.* Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage. *Food Chemistry*, 197, 2016, p. 979-986.
- [6] AL-JABRI, N.N. and HOSSAIN, M.A. Chemical composition and antimicrobial potency of locally grown lemon essential oil against selected bacterial strains. *Journal of King Saud University – Science*, 60(30), 2016, p. 1-7.
- [7] CHEN LIN, P., LEE, J.J. and CHANG, I. Essential oils from Taiwan: Chemical composition and antibacterial activity against *Escherichia coli*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(3), 2016, p. 464-470.
- [8] MOHAMMADHOSSEINI, M., SARKER, S.D. and AKBARZADEH, A. Chemical composition of the essential oils and extracts of *Achillea* species and their biological activities: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 199, 2017, p. 257-315.
- [9] THE CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. Wayne (USA): Twenty-Second informational Supplement 2012, p. 32.
- [10] MCCLEMENTS, D.J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities. *Soft Matter*, 8, 2012, p. 1719–1729.
- [11] TAROCO, R., SEIJA, V. and VIGNOLI, R. Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica [online]. 2011. Disponible: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BacteCEFA36.pdf>. [citado 13 de Marzo del 2017].
- [12] FISHER, K. and PHILLIPS, C. The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6), 2006, p.1232–1240.
- [13] SULLO, A. and NORTON, I.T. Food Colloids and Emulsions. Reference Module in Food Science, from *Encyclopedia of Food and Health*, 2016, p. 7-15.
- [14] ANGELO, L. *et al.* Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Industrial Crops and Products*, 79, 2016, p. 274–282.
- [15] OULD SI SAID, Z.B. *et al.* Essential oils composition, antibacterial and antioxidant activities of hydrodistilled extract of *Eucalyptus globulus* fruits. *Industrial Crops and Products*, 89, 2016, p. 167-175 .
- [16] SULTANBAWA, Y. En: *Essential Oils in Food Applications: Australian Aspects. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. 1 ed. Canberra (Australia): Academic press, 2016, p.155-160
- [17] BASSANETTI, I. *et al.* Investigation of antibacterial activity of new classes of essential oils derivatives. *Food Control*, 73, 2017, p. 606-612.
- [18] RAVICHANDRAN, M. *et al.* Enhancement of antimicrobial activities of naturally occurring phenolic compounds by nanoscale delivery against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* in broth and chicken meat system. *Journal of Food Safety*, 31, 2011, p. 462–471.
- [19] AMBROSIO, C.M.S. *et al.* Antimicrobial activity of several essential oils on pathogenic and beneficial bacteria. *Industrial Crops and Products*, 97, 2017, p. 128-136.

## Evaluación fisicoquímica y sensorial de salchichas con inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)

## Physicochemical and sensory evaluation of sausage with inclusion of quinoa flour (*Chenopodium quinoa W.*)

## Avaliação físico-química e sensorial de salchichas incluindo farinha de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)

JOSÉ IGOR HLEAP-ZAPATA<sup>1</sup>, MARGOTH YAQUELINE BURBANO-PORTILLO<sup>2</sup>,  
JENNY MARICEL MORA-VERA<sup>2</sup>

### RESUMEN

*Las salchichas se elaboraron con sustancias ricas en proteína y en carbohidratos llamadas extensores. Nuevas alternativas que permitan obtener productos con mejores propiedades son necesarias. Esto podría lograrse utilizando determinados recursos vegetales. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de salchichas de carne de cerdo con inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*). Se realizaron cinco tratamientos: T1: 100% harina de trigo, T2: 75% harina de trigo y 25% harina de quinua, T3: 50% harina de trigo y 50% harina de quinua, T4: 25% harina de*

Recibido para evaluación: 29 de Mayo de 2016.

Aprobado para publicación: 17 de Julio de 2017.

- 1 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Grupo de Investigación Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico. Ph.D. Ingeniería de Alimentos. Palmira, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración. Ingeniería agroindustrial. Palmira, Colombia.

Correspondencia: jihleapz@unal.edu.co

trigo y 75% harina de quinua y T5: 100% harina de quinua. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorio con cinco tratamientos cada uno por triplicado. Se determinó análisis químico proximal, valor energético, color, merma por cocción y análisis sensorial, lo que permitió evaluar sabor, olor, color, textura y aceptabilidad, utilizando una escala hedónica de siete puntos. Entre los diferentes tratamientos no se apreciaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). T5 presentó contenido alto de proteína, fibra y cenizas y bajo en lípidos. No se detectaron diferencias sensoriales entre las formulaciones. La harina de quinua puede utilizarse como sustituta total de harina de trigo en embutidos, mejora la composición y afecta positivamente la aceptación.

## ABSTRACT

The sausages are made with substances rich in protein and carbohydrates called extenders. New alternatives that allow obtaining products with better properties are required. This could be achieved by using certain plant resources. The physico-chemical and sensory properties of sausages of pork with inclusion of quinoa flour (*Chenopodium quinoa W-*) was evaluated. Five treatments were evaluated: T1: 100% wheat flour, T2: 75% wheat flour and 25% quinoa flour, T3: 50% wheat flour and 50% quinoa flour, T4: 25% wheat flour and 75% quinoa flour and t5: 100% quinoa flour. A completely randomized experimental design with five treatments each in triplicate was used. Proximal chemical analysis, energy value, color, decrease by cooking and sensory analysis, which allowed to evaluate taste, odor, color, texture and acceptability, using a seven-point scale was determined. Between the different treatments there were not appreciated significant differences ( $p > 0.05$ ). T5 presented high content of protein, fiber and ash and low lipids. Sensory differences between formulations were not detected. Quinoa flour can be used as a total substitute for wheat flour in sausages, improves the composition and positively affects acceptance.

## PALABRAS CLAVE:

Alimentos preparados,  
Análisis sensorial,  
Embutido cárnico.

## KEYWORDS:

Processed foods,  
Sensory analysis,  
Meat sausage.

## PALAVRAS-CHAVE:

Alimentos preparados,  
Análise sensorial,  
salsicha.

## RESUMO

As salsichas são feitas com substâncias ricas em proteínas e carboidratos chamados extensores. Novas alternativas que permitam obter produtos com melhores propriedades são exigidas. Isto poderia ser conseguido usando certos recursos vegetais. Foram avaliadas as propriedades físico-químicas e sensoriais de salsichas de porco, incluindo farinha de quinua (*Chenopodium quinoa W.*). Foram avaliados cinco tratamentos: T1: farinha de trigo 100%, T2: Farinha de trigo 75% e farinha de quinua 25%, T3: farinha de trigo 50% e farinha de quinua 50%, T4: farinha de trigo 25% e farinha de quinua 75% e T5: farinha de quinua 100%. Delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos cada, em triplicado. Foi determinada análise de composição química, energia, cor, declínio de cozinhar e sensorial análise, que permitiu a avaliação de gosto, cheiro, cor, textura e aceitabilidade utilizando uma escala hedônica de sete pontos. Entre os diferentes tratamentos foi observada nenhuma diferença significativa ( $p > 0,05$ ). T5 apresentou alto teor de proteína, fibra e cinzas e baixa de lípidios. Não há diferenças sensoriais foram detectadas entre as formulações. Farinha de

*quinua pode ser utilizado como um substituto total da farinha de trigo em salsichas, melhora positivamente afeta composição e aceitação.*

## INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del hombre sobre la tierra, la alimentación ha sido tema de constante preocupación. Los alimentos proteicos y convenientes han jugado un papel importante en el desarrollo de la humanidad, y es tema que sigue siendo estudiado, investigado y evaluado en la actualidad. En este contexto, la industria cárnica experimenta transformaciones importantes como consecuencia de innovaciones tecnológicas continuas y cambios en las demandas de los consumidores, impulsados por los avances en los conocimientos en torno a la relación dieta-salud [1].

Los embutidos cárnicos se elaboran a partir de matrices proteicas coloidales complejas, en las cuales, la procedencia y las propiedades de las proteínas utilizadas definen las características funcionales de los productos finales. Con el objeto de reducir los costos de producción, en la formulación de algunos productos cárnicos, además de las proteínas de la carne, una variedad de ingredientes no cárnicos se ha utilizado como material de relleno, aglutinante, diluyente y extensor, para mejorar las características físicas, la nutrición y el sabor, para así complementar un aporte proteico y funciona [2,3]. Las sustancias que comúnmente se utilizan con este propósito son muy variadas; y son, las harinas obtenidas a partir de diferentes materiales vegetales (cereales principalmente) las más utilizadas. El almidón nativo es un estabilizador de buena textura y regulador en sistemas alimentarios, pero posee algunas limitaciones como la baja resistencia al corte, resistencia térmica, descomposición térmica y una alta tendencia a la retrogradación, lo cual limita su uso en algunas aplicaciones alimentarias [4]. Entre los extensores documentados en la literatura se encuentran algunos derivados del maíz, del arroz, de la soya y de otros vegetales en general [5,6,7,8,9,10]. Delgado (2014) [11] utilizó como extensor harinas de chachafruto (*Erythrina edulis*) y de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) con muy buenos resultados en las características sensoriales y texturales. De igual modo constan los estudios llevados a cabo por Morales *et al.* (2015) [12], quienes utilizaron harina de mesquite o trupillo (*Prosopis juliflora*) como extensor en salchichas cocidas, Torres *et al.* (2014) [13] quienes desarrollaron

salchichas tipo Frankfurt utilizando almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L.) y por Albarracín *et al.* (2010) [14] quienes utilizaron como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*) con muy buenos resultados en las características sensoriales y texturales.

La quinua (*Chenopodium quinoa* W.) es una planta dicotiledónea autóctona de la región de los Andes [15], con excelentes propiedades nutricionales que ha tenido un importante papel en la economía de los pueblos andinos durante, al menos, los tres últimos milenios [16,17,18,19]. La quinua se considera una de las mejores fuentes de proteína y podría ser un buen sustituto de otros cereales o incluirse en la formulación de diferentes productos cárnicos. Existen algunos trabajos desarrollados con el uso de la harina de quinua como aditivo en productos cárnicos [1,11,20]; sin embargo, usada como extensor no se ha estudiado lo suficientemente. Otro estudio reporta la elaboración de embutidos fortificados con proteína vegetal a base de quinua en los cuales se sustituyó un 30% de carne por dicho cereal y se obtuvieron excelentes resultados en cuanto a calidad, composición nutricional y costos de producción [21]. Estos estudios permiten prever la importancia que podría tener para la industria cárnica el uso de la quinua como elemento extensor en embutidos. Aunque es necesario considerar el hecho de que la máxima proporción alcanzable de un extensor en un producto cárnico está acotada por las diferencias entre las propiedades de la carne y la de los extensores con los que se la sustituye [14].

El conocimiento que se obtenga del uso de diferentes sustancias vegetales como extensores en productos cárnicos es importante ya que permitirá evaluar la aceptación sensorial y a su vez la calidad de dichos productos. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto de la adición de la harina de quinua, como elemento extensor, en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las salchichas elaboradas a base de carne de cerdo.

## MÉTODO

La elaboración de salchichas se llevó a cabo en los laboratorios de Tecnología de Carnes y Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, a partir de una formulación previamente desarrollada, validada y estandarizada en la propia universidad y de acuerdo con las prácticas industriales

estándar [22,23]. Para la elaboración de las salchichas se utilizó carne de cerdo (pH 6,5) y tocino (grasa dorsal), adquiridos en un supermercado de la ciudad de Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia. Como agentes extensores se utilizaron diferentes niveles de harina de quinua (en un 92% su partícula pasó por el tamiz 12xx, lo que equivale a un diámetro de 102 micras) adquirida en la empresa Molinos Nariño, Pasto, Colombia y harina de trigo comercial. Los insumos y aditivos se adquirieron en supermercados y empresas del sector alimentario de las ciudades de Palmira y Cali, y correspondieron a los aditivos tradicionalmente utilizados para productos alimenticios cárnicos y avalados por la Norma Técnica Colombiana NTC 1325 [24].

Se elaboraron cuatro tratamientos con inclusión de diferentes niveles de harina de trigo y de harina de quinua y un tratamiento control sin adición de harina de quinua (T1), manteniendo constante el porcentaje de los demás ingredientes, como se observa en el cuadro 1. Dicha formulación se llevó a cabo de acuerdo a la NTC 1325 [24].

Las pérdidas de humedad durante el escaldado se realizaron según la metodología propuesta por Choe *et al.* (2013) [25] mediante el cálculo de las diferencias de peso en las muestras antes y después del escaldado (80°C, 5 min). El proceso se llevó a cabo con 10 salchichas tomadas al azar para cada uno de los tratamientos evaluados. Las pérdidas se calcularon según la ecuación 1.

$$Pc = [(Wac - Wdc)/Wac] \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Pc: Pérdidas por cocción (% p/p);

Wac: Peso antes del escaldado (g);

Wdc: Peso después del escaldado (g).

El perfil del color se determinó utilizando un colorímetro marca Kónica Micolta (CHROMA METER CR 400, Japón) con la evaluación de los parámetros L, C y h y las coordenadas de color  $a^*$  y  $b^*$ . Se realizaron tres determinaciones por muestra para cada uno de los tratamientos. Se utilizó un iluminante D65 y observador 2° (equipo calibrado con una placa con valores de referencia  $Y = 89,5$ ;  $x = 0,3176$ ;  $y = 0,3340$ ). A partir

de estas coordenadas se calcularon los parámetros C (Croma) y h (tono), según las siguientes ecuaciones:

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$H = (\arctang \frac{b^*}{a^*}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Para el análisis químico proximal se determinaron los contenidos de humedad (AOAC No. 934.01), materia seca (AOAC No. 934.01), cenizas (AOAC No. 942.05), grasas (AOAC No. 920.30), proteína bruta (AOAC No. 940.25) [26], carbohidratos %, fibra dietaria según metodología propuesta por Morales *et al.* (2012) [27] y energía bruta, la cual se definió por el método de la bomba calorimétrica de Berthelot - Malher. Los análisis se hicieron por triplicado para cada uno de los tratamientos.

La evaluación sensorial se realizó a partir de la valoración de las características cualitativas de las salchichas tales como sabor, color, olor, textura y aceptabilidad. Para esto, las salchichas se cortaron en trozos de 1,5 cm de largo, sofritas en aceite vegetal neutro e identificadas con números aleatorios de tres cifras diferentes para cada uno de los tratamientos. Se aplicó una prueba de grado de satisfacción a 100 personas no especializadas de edades comprendidas entre 21 y 50 años, de ambos sexos y de todos los estratos sociales. Para esto se utilizó una encuesta con una escala hedónica de siete puntos (1 = me gusta muchísimo y 7 = me disgusta muchísimo) [28, 29]. Finalmente, las tres salchichas que obtuvieron los más altos puntajes se sometieron a una prueba de grado de preferencia, en la cual con la ayuda de 100 jueces evaluadores no entrenados se sometieron a un panel con el fin de obtener la apreciación final sobre la salchicha de mayor aceptación.

Para los análisis fisicoquímicos, los resultados se presentan como promedio y desviación estándar de tres determinaciones, a excepción del análisis de pérdidas de humedad, en donde se aplicó la metodología a diez unidades por cada tratamiento. Para el análisis sensorial, los resultados de las encuestas, según la escala hedónica, se sometieron a análisis estadístico basado en estadística descriptiva, el análisis de varianza (AN-

**Cuadro 1.** Formulaciones de las salchichas con diferentes niveles de inclusión de harina de trigo y harina de quinua.

Ingredientes	%	Tratamientos				
		T1 control	T2	T3	T4	T5
Carne de cerdo	60,00	2000	2000	2000	2000	2000
Grasa de cerdo	12,00	240	240	240	240	240
Harina de trigo	4,00	80	60	40	200	0
Harina de quinua		0	20	40	60	80
Hielo	18,60	372	372	372	372	372
Sal	2,20	44	44	44	44	44
Condimento salchicha	1,00	20	20	20	20	20
Nuez moscada	0,10	2	2	2	2	2
Ajo	0,30	6	6	6	6	6
Comino	0,30	6	6	6	6	6
Cebolla	1,00	20	20	20	20	20
Humo líquido	0,15	3	3	3	3	3
Polifosfatos	0,30	6	6	6	6	6
Glutamato monosódico	0,05	1	1	1	1	1
Total	100,00	2800	2800	2800	2800	2800

DEVA) y la comparación de promedios utilizando la prueba de Tukey, con una probabilidad para diferencias significativas de  $p < 0,05$ . Estos valores se analizaron a través del software estadístico SPSS Statics 19, 2010.

## RESULTADOS

Los rendimientos obtenidos, medidos a través de las pérdidas de peso, se encontraron en un intervalo entre 0,772% para el tratamiento T2 y 1,279% para el tratamiento T5, como se aprecia en el cuadro 2. La baja pérdida de peso en el tratamiento observada en las salchichas se explica por la capacidad de retención de agua atribuida a la proteína miofibrilar presente en la carne [30,31,32] y a la adición de los extensores cárnicos, en este caso las harinas de quinua y de trigo [11,33,34].

T5 presentó la mayor pérdida de peso por escaldado, correspondiente al 1,279%, en comparación con el tratamiento T1, referente a 100% de harina de trigo, con un 0,970%. Estos valores concuerdan con los reportados por Tahmasebi *et al.* (2016) [2] y Salejda *et al.* (2016) [35]. Esto debido a que la harina de trigo tiene una mayor capacidad de retención de agua como consecuencia de la presencia de gluten comparada con la harina de quinua que no lo contiene. La ausencia de gluten disminuye notablemente la capacidad de captar agua del embutido.

A medida que aumentan los porcentajes de quinua en los tratamientos, también se presenta un incremento en la pérdida de humedad por cocción; esto se debe a que el porcentaje de inclusión de harina de quinua va aumentando en cada tratamiento, incremento muy similar a lo reportado Arroyave y Esguerra (2006) [36], quienes realizaron cinco ensayos haciendo sustituciones de harina de quinua de 0, 15, 20, 25 y 30% en pan molde y obtuvieron como resultado un aumento en el porcentaje de humedad, al aumentar el contenido de quinua. Dichos autores plantearon que a pesar de la quinua retiene menos agua que el trigo, cuyo valor se encuentra, según lo reportado por Turkut *et al.* (2016) [37], Mota *et al.* (2016) [38] y Delgado (2014) [11] entre 9,13% y 12,47%, el elevado contenido de la harina de trigo (12,57% y 12,90%), reduce el porcentaje de retención de agua.

**Cuadro 2.** Pérdidas de humedad durante el escaldado.

Tratamiento	Peso inicial, (g)	Peso final, (g)	Pérdidas por escaldado, % p/p
T1	515 ± 0,03	510 ± 0,02	0,970
T2	518 ± 0,01	514 ± 0,03	0,772
T3	538 ± 0,03	533 ± 0,01	0,929
T4	565 ± 0,02	559 ± 0,04	1,061
T5	547 ± 0,02	540 ± 0,02	1,279

El color final para las salchichas, para los cinco tratamientos, fue el característico de la carne de cerdo, el cual corresponde al rosado. En el cuadro 3 se aprecian los resultados del CIELAB para las salchichas elaboradas, tanto para la parte externa como para la parte interna de las mismas.

En los diferentes parámetros y coordenadas no se observó una diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos analizados. Se determinó que la luminosidad va aumentando en la medida que aumenta el contenido de harina de quinua. Los datos mostraron que el parámetro h se ubicó dentro de los valores esperados para salchichas elaboradas a base de carne de cerdo. Estos cambios pueden deberse a los diferentes porcentajes de harina de quinua y de trigo en cada uno de los tratamientos.

Una ausencia de harina de trigo en el T5 con relación a los otros tratamientos resultó en un color significativamente más oscuro y más rojo, en un aumento de los valores de luminosidad (L), así como también en

los valores de la coordenada  $a^*$ . Para los cinco tratamientos se notaron diferencias significativas entre las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ , así como también en los parámetros C y h al comparar las respectivas secciones externa e interna (la sección externa hace alusión a la superficie de la salchicha, mientras que la sección interna corresponde a la emulsión cárnica coagulada en el interior de la salchicha).

Los datos relacionados con el análisis químico proximal se observan en el cuadro 4. La comparación de las salchichas obtenidas basadas en las cuatro formulaciones con adición de harina de quinua frente a la formulación control, con solo harina de trigo, mostró que los mejores parámetros se presentan en las salchichas correspondientes al tratamiento T5 (100% harina de quinua).

El contenido de humedad se mantuvo en el intervalo que permite la NTC 1325 para productos cárnicos escaldados tipo Premium. El T5 fue el tratamiento que mayor proporción de humedad presentó. Di-

**Cuadro 3.** Parámetros y coordenadas CIELAB para los diferentes tratamientos de las salchichas en sus secciones externa e interna.

Tratamiento	Sección	L	$a^*$	$b^*$	C	h
T1	Externa	65,88 ± 1,31 <sup>a</sup>	4,29 ± 0,80 <sup>a</sup>	10,98 ± 0,69 <sup>a</sup>	11,98 ± 0,45 <sup>a</sup>	68,59 ± 4,65 <sup>a</sup>
	Interna	62,88 ± 2,53 <sup>c</sup>	8,79 ± 2,47 <sup>d</sup>	09,59 ± 0,93 <sup>c</sup>	13,16 ± 0,83 <sup>c</sup>	47,99 ± 9,20 <sup>c</sup>
T2	Externa	65,65 ± 0,39 <sup>b</sup>	3,27 ± 0,21 <sup>a</sup>	11,86 ± 0,45 <sup>a</sup>	12,30 ± 0,46 <sup>a</sup>	74,55 ± 0,90 <sup>b</sup>
	Interna	64,56 ± 1,30 <sup>d</sup>	5,68 ± 0,79 <sup>c</sup>	09,76 ± 0,28 <sup>c</sup>	11,31 ± 0,44 <sup>c</sup>	59,85 ± 3,67 <sup>d</sup>
T3	Externa	67,28 ± 0,81 <sup>b</sup>	4,24 ± 0,54 <sup>a</sup>	11,04 ± 0,36 <sup>a</sup>	11,84 ± 0,18 <sup>a</sup>	68,96 ± 3,04 <sup>b</sup>
	Interna	66,70 ± 0,41 <sup>d</sup>	4,57 ± 0,69 <sup>c</sup>	10,84 ± 0,14 <sup>c</sup>	11,77 ± 0,33 <sup>c</sup>	67,18 ± 3,06 <sup>d</sup>
T4	Externa	70,62 ± 1,01 <sup>b</sup>	4,13 ± 0,42 <sup>a</sup>	11,37 ± 0,24 <sup>a</sup>	12,10 ± 0,30 <sup>a</sup>	70,03 ± 1,81 <sup>b</sup>
	Interna	68,85 ± 0,57 <sup>d</sup>	5,00 ± 0,30 <sup>c</sup>	11,26 ± 0,20 <sup>c</sup>	12,32 ± 0,08 <sup>c</sup>	66,09 ± 1,65 <sup>d</sup>
T5	Externa	67,03 ± 0,09 <sup>b</sup>	4,32 ± 0,28 <sup>a</sup>	11,01 ± 0,14 <sup>a</sup>	11,83 ± 0,21 <sup>a</sup>	68,59 ± 1,18 <sup>b</sup>
	Interna	64,21 ± 0,82 <sup>d</sup>	6,34 ± 1,40 <sup>d</sup>	09,48 ± 1,21 <sup>d</sup>	11,49 ± 0,69 <sup>c</sup>	56,13 ± 8,76 <sup>c</sup>

**Nota:** Resultados reportados como media y desviación estándar para  $n = 3$ . Letras diferentes en cada columna (por separado sección externa y sección interna) indican que hay diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ )

**Cuadro 4.** Análisis químico proximal de los cinco tratamientos.

Parámetro analizado	T1	T2	T3	T4	T5
Humedad, %	67,18 ± 0,01 <sup>a</sup>	68,36 ± 0,02 <sup>a</sup>	68,39 ± 1,05 <sup>a</sup>	69,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	72,43 ± 0,01 <sup>a</sup>
Proteína, %	47,47 ± 1,57 <sup>a</sup>	48,43 ± 0,04 <sup>a</sup>	48,88 ± 0,76 <sup>a</sup>	49,27 ± 0,68 <sup>a</sup>	52,49 ± 0,28 <sup>b</sup>
Extracto etéreo, %	30,84 ± 1,20 <sup>a</sup>	31,57 ± 1,97 <sup>a</sup>	31,73 ± 1,21 <sup>a</sup>	29,53 ± 0,50 <sup>a</sup>	27,82 ± 0,06 <sup>a</sup>
Cenizas, %	9,82 ± 0,04 <sup>a</sup>	9,96 ± 0,03 <sup>a</sup>	9,84 ± 0,11 <sup>a</sup>	10,14 ± 0,03 <sup>a</sup>	10,41 ± 0,10 <sup>a</sup>
Carbohidratos, %	6,16 ± 0,64 <sup>a</sup>	4,13 ± 2,42 <sup>b</sup>	2,91 ± 2,30 <sup>b</sup>	5,14 ± 0,20 <sup>a</sup>	3,34 ± 0,03 <sup>b</sup>
Fibra dietaria, %	5,70 ± 0,23 <sup>a</sup>	5,91 ± 0,38 <sup>a</sup>	6,62 ± 0,22 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,43 <sup>a</sup>	5,94 ± 0,28 <sup>a</sup>
Energía bruta, cal g <sup>-1</sup>	6171,9 ± 103,6 <sup>a</sup>	6190,5 ± 124,4 <sup>a</sup>	6259,9 ± 232,3 <sup>a</sup>	5974,1 ± 148,8 <sup>b</sup>	5879 ± 116,0 <sup>b</sup>

cho contenido se encuentra estrechamente relacionado con el tipo de ingredientes y extensores cárnicos utilizados para su elaboración, los cuales se clasifican de acuerdo a su capacidad de retención de agua, es decir con su mayor o menor tendencia a perder agua durante el tratamiento térmico [1,39]. La harina de quinua tiene una mayor capacidad de retención de agua, como consecuencia de la ausencia de gluten comparada con la harina de trigo que, si lo contiene, lo que seguramente afecta las propiedades de textura y jugosidad de las salchichas [40]. Con relación al contenido de proteína, el comportamiento de los cinco tratamientos (incluido el tratamiento control) fue creciente, lo cual es consecuencia directa del mayor aporte de ésta en la harina de trigo. El contenido de proteína es muy variable en las diferentes harinas secas, siendo la de quinua una de las de más alto valor proteico [15,41,42,43]. Según los aportes de Ferreira (2015) [18], la calidad nutricional de la proteína la determina la proporción de los aminoácidos esenciales presentes en la quinua, la cual está cerca del equilibrio ideal de proteínas recomendado por la FAO y es similar a la proteína de la leche. Los datos de proteína reportados se encuentran dentro del intervalo estipulado por la Norma ICONTEC 1325 que determina un mínimo de 12% de proteína para embutidos tipo Premium [24].

Con relación al extracto etéreo, en cada uno de los tratamientos se pudo establecer que existe un comportamiento inversamente proporcional con respecto al contenido de proteína. Se pudo observar que a medida que se in-

Figura 1. Análisis de los atributos sensoriales evaluados.

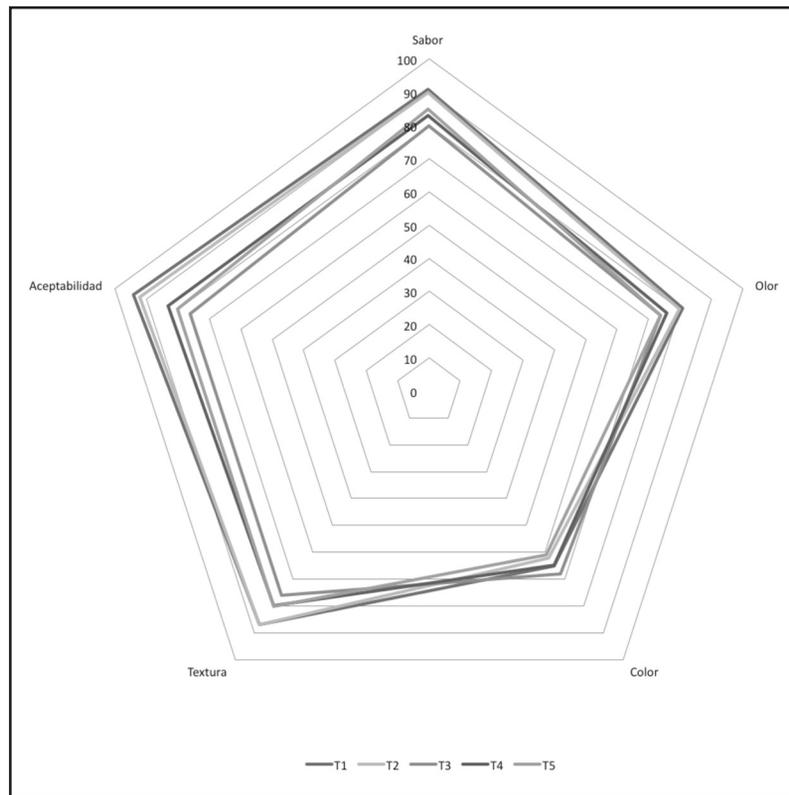
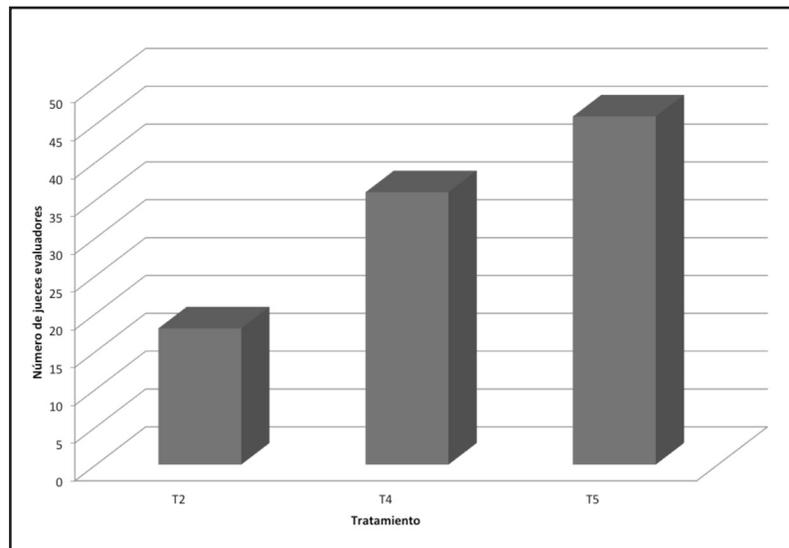


Figura 2. Resultado de la prueba de preferencia.



crementaron los niveles de harina de quinua el contenido de grasa decreció después del tratamiento T3. El grano de quinua contiene

un porcentaje mayor de grasa que el grano de trigo [40,44], pero a pesar de esto en el proceso de elaboración de las salchichas de

cerdo se presenta menor cantidad de grasa en el producto elaborado con harina, la cual no permite una retención adecuada de grasa [45]. Dentro de los parámetros establecidos para los productos cárnicos escaldados en la norma ICONTEC 1325 las salchichas deben presentar un contenido de grasa máximo del 28%, el único tratamiento que cumple este parámetro es el tratamiento T5 [24]. Es evidente que el nivel de grasa encontrado en las salchichas formuladas se encuentra entre los contenidos reportados para salchichas elaboradas con carne de res, carnero, pollo y cerdo, para las que se reportan valores en el contenido de grasa que oscila entre 24 y 45% [46,47].

Se observó que el tratamiento con mayor porcentaje de cenizas fue el tratamiento con mayor nivel de quinua. El contenido de cenizas de T5 fue mayor que en las otras muestras y su composición fue superior debido a que en la quinua se encuentra, en mayor proporción que en la mayoría de los cereales, potasio, fósforo, magnesio y calcio que prevalece, y además, la harina de quinua es alta en hierro y zinc [40].

El mayor contenido de carbohidratos se encontró en T1, tratamiento control con 100% de harina de trigo. La mayor presencia de amilosa y amilopectina en la harina de trigo, probablemente justifica dicho aporte de carbohidratos, en relación a los otros tratamientos en donde hay sucesivamente mayor presencia de harina de quinua, la cual es baja en dichos componentes [21].

La energía bruta fue más alta en las salchichas T3, en donde hubo un aporte por igual de harina de trigo y harina de quinua. El tratamiento T5 presentó el menor valor energético, lo cual puede considerarse como un aporte favorable para este tipo de productos cárnicos gracias a que aporta menor cantidad de calorías por gramo de unidad consumida.

Los atributos sensoriales se muestran en la figura 1. De la escala hedónica se tuvieron en cuenta los resultados de los puntos: 1 – Me gusta muchísimo, 2 – Me gusta mucho, 3 – Me gusta ligeramente. Para cada uno de los atributos se sumaron los resultados en estos tres niveles. Como evaluación final en este trabajo, las tres salchichas con mayor aceptación (T2, T4 y T5) se sometieron a una prueba final de preferencia, cuyos resultados se aprecian en la figura 2. La mayor preferencia por parte del panel de jueces evaluadores fue para la salchicha con adición de 100% de harina de quinua como sustituto del total de la harina de trigo.

## CONCLUSIONES

Las diferentes formulaciones de salchichas evaluadas no presentaron diferencias sensoriales significativas, por lo que la harina de quinua puede ser usada como elemento extensor sustituto de la harina de trigo.

Los análisis fisicoquímico y sensorial de las salchichas elaboradas mostraron que la adición de harina de quinua aumenta la cantidad de proteína en el producto final sin alterar las características sensoriales del mismo.

De los tratamientos evaluados, la formulación con inclusión de 100% de harina de quinua fue la que mostró mejores resultados en cuanto a valor nutricional y valoración sensorial, además de cumplir con los requisitos exigidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 1325, para productos cárnicos procesados, cocidos y embutidos.

## REFERENCIAS

- [1] PEÑA, M.A., MÉNDEZ, BO., GUERRA, M.A. y PEÑA, S.A. Desarrollo de productos cárnicos funcionales: utilización de harina de quinua. *Alimentos, Ciencia e Investigación*, 23(1), 2015, p. 21-36.
- [2] TAHMASEBI, M., LABBAFI, M., EMAM-DJOMEH, Z. and SAEED, M. Manufacturing the novel sausages with reduced quantity of meat and fat: The product development, formulation, optimization, emulsion stability and textural characterization. *LWT – Food Science and Technology*, 68, 2016, p. 76-84.
- [3] GONZÁLEZ, D.M., GIRALDO, L. and RESTREPO, D.A. Effect of postproduction heating on texture properties of a standard sausage that contains a chicken paste meat extender. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 68(2), 2015, p. 7713-7720.
- [4] SINGH, J., KAUR, L. and Mc CARTHY, O.J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – A review. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 2007, p. 1-22.
- [5] UTRILLA-COELLO, R.G., HERNÁNDEZ-JAÍMES, C., CARRILLO-NAVAS, H., GONZÁLEZ, F., RODRÍGUEZ, E., BELLO-PÉREZ, L.A., VERNON-CARTER, E.J. and ÁLVAREZ-RAMÍREZ, J. Acid hydrolysis of native corn starch: Morphology, crystallinity, rheological and thermal properties. *Carbohydrate Polymers*, 103, 2014, p. 596-602.

- [6] LIU, K., VAN DER LINDEN, E. and VAN DE VELDE, F. Tribiological properties of rice starch in liquid and semi-solid food model systems. *Food Hydrocolloids*, 58, 2016, p. 184-193.
- [7] SHURTLEFF, W. and AOYAGI, A. History of soybeans and soyfoods in France (1665-2015): extensively annotated. Lafayette, CA (USA): Soyinfo Center, 2015, p. 19-1113.
- [8] MALAV, O.P., SHARMA, B.D., TALUKDER, S. and KUMAR, R.R. Economics of preparation of restructured chicken meat blocks extended with different vegetative extenders. *Food Processing & Technology*, 4(12), 2013, p. 282-284.
- [9] MBOUGUENG, P.D., TENIN, D., TCHIÉGANG, C. and SCHER, J. Effect of starch type on the physicochemical and textural properties of beef patties formulated with local spices. *American Journal of Food Science and Technology*, 3(2), 2015, p. 33-39.
- [10] SOLTANIZADEH, N. and GHASI-ESFAHANI, H. Qualitative improvement of low meat beef burger using *Aloe vera*. *Meat Science*, 99, 2015, p. 75-80.
- [11] DELGADO, J.N. Evaluación de harinas de chafruto (*Erythrina edulis*) y quinua (*Chenopodium quinoa* W) como extensores en el proceso de elaboración de salchichas tipo Frankfurt [Ms.C. Tesis Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, 2014, 138 p.
- [12] MORALES, J.J., TORRES, J.D. y SEVERICHE, C.A. Análisis de la calidad de un producto cárnico escaldado elaborado con harina de *Prosopis juliflora*. *Ingenium*, 9(26), 2015, p. 21-28.
- [13] TORRES-RAPELO, A.L., MONTERO-CASTILLO, P.M. y JULIO-GONZÁLEZ, L.C. Utilización del almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 2014, p. 97-105.
- [14] ALBARRACÍN, W., ACOSTA, L.F. y SÁNCHEZ, I.C. Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). *Vitae*, 17, 2010, p. 264-271.
- [15] NOWAK, V., DU, J. and CHARRONDIÈRE, R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 193, 2016, p. 47-54.
- [16] NAVRUZ-VARLI, S. and SANLER, N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*, 69, 2016, p. 371-376.
- [17] MOTA, C., SANTOS, M., MAURO, R., SAMMAN-MATOS, A.S., TORRES, D. and CAS-TANHEIRA, I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 2016, p. 55-61.
- [18] FERREIRA, D.S., PALLONE, J.A.L. and POPPI, R.J. Direct analysis of the main chemical constituents in *Chenopodium quinoa* grain using Fourier transform near-infrared spectroscopy. *Food Control*, 48, 2015, p. 91-95.
- [19] LI, G., WANG, S. and ZHU, F. Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, 137, 2016, p. 328-338.
- [20] PETRACCI, M., BIANCHI, M., MUDALAL, S. and CAVANI, C. Functional ingredients for poultry products. *Trends in Food Science & Technology*, 33, 2013, p. 27-39.
- [21] MALDONADO, P. Embutidos fortificados con proteína vegetal a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Enfoque UTE 1*, 2010, p. 26-45.
- [22] HLEAP, J.I. y VELASCO, V.A. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 2010, p. 46-56.
- [23] PINZÓN-ZÁRATE, L.X., HLEAP-ZAPATA, J.I. y ORDOÑEZ-SANTOS, L.E. Análisis de los parámetros de color en salchichas Frankfurt adicionadas con extracto oleoso de residuos de chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Información Tecnológica*, 26(5), 2015, p. 45-54.
- [24] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 1325: Industrias alimentarias, productos cárnicos procesados no enlatados. Bogotá (Colombia): 2008, 38 p.
- [25] CHOE, J.H., KIM, H.Y., LEE, J.M., KIM, Y.J. and KIM, C.J. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Science*, 93, 2013, 849-854.
- [26] AOAC INTERNACIONAL. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL [online]. 2012. Disponible [http://www.aoac.org/iMIS15\\_Prod/AOAC\\_Member/PUBSCF/OMACF/OMAP\\_M.aspx?&WebsiteKey](http://www.aoac.org/iMIS15_Prod/AOAC_Member/PUBSCF/OMACF/OMAP_M.aspx?&WebsiteKey). [citado 28 de junio de 2015].
- [27] MORALES, C., NIETO, A., QUIROGA, L. y QUICAZÁN, M. Validación del método y determinación de fibra dietética soluble e insoluble en harina de trigo y pan. *Vitae*, 19(1), 2012, p. 340-342.
- [28] DUIZER, L.M. and WALKER, S.B. The application of sensory Science to the evaluation of

- grain-based foods. Encyclopedia of food grains (Second Edition), 3, 2016, p. 144-153.
- [29] BABA, Y., KALLAS, Z., COSTA-FONT, M., GIL, J.M. and REALINI, C.E. Impact of hedonic evaluation on consumers preferences for beef attributes including its enrichment with n-3 and CLA fatty acids. Meat Science, 111, 2016, p. 9-17.
- [30] DIAO, X., GUAN, H., ZHAO, X., CHEN, Q. and KONG, B. Properties and oxidative stability of emulsions prepared with myofibrillar protein and lard diacylglycerols. Meat Science, 115, 2016, p. 16-23.
- [31] GROSSI, A., OLSEN, K., BOLUMAR, T., RINNAN, A., OGENDAL, L.H. and ORLIEN, V. The effect of high pressure on the functional properties of pork myofibrillar proteins. Food Chemistry, 196, 2016, p. 1005-1015.
- [32] NI, N., WANG, Z., HE, F., WANG, L. PAN, H. and LI, X. Gel properties and molecular forces of lamb myofibrillar protein during heat induction at different pH values. Process Biochemistry, 49(4), 2014, p. 631-636.
- [33] ELSOHAIMY, S.A., REFAY, T.M. and ZAYTOUN, M.A.M. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. Annals of Agricultural Science, 60(2), 2015, p. 297-305.
- [34] GRIFFITH, O. Recent advances in the functionality of non-animal-sourced proteins contributing to their use in meat analogs. Current Opinion in Food Science, 7, 2016, p. 7-13.
- [35] SALEJDA, A.M. Effect of walnut green husk addition on some quality properties of cooked sausages. LWT – Food Science and Technology, 65, 2016, p. 751-757.
- [36] ARROYAVE, L.M. y ESGUERRA, C. Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en el proceso de panificación. [MS.C. Tesis Ingeniería de Alimentos]. Bogotá (Colombia): Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería de Alimentos, 2006, 119 p.
- [37] TURKUT, G. ÇAKMAK, H., KUMCUOĞLU, S. and TAVMAN, S. Effect of quinoa flour on gluten-free batter rheology and bread quality. Journal of Cereal Science, 69, 2016, p. 174-181.
- [38] MOTA, C., NASCIMENTO, A.C., SANTOS, M., DELGADO, I., COELHO, I., REGO, A., MATOS, A.S., TORRES, D. and CASTANHEIRA, I. The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Journal of Food Composition and Analysis, 49, 2016, p. 57-64.
- [39] KIM, H., LEE, Y.J. and BRAD, Y.H. Efficacy of pectin and insoluble fiber extracted from soy hulls as a functional non-meat ingredient. LWT – Food Science and Technology, 64, 2015, p. 1071-1077.
- [40] PADRÓN, C.A., OROPEZA, R.A. y MONTES, 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.
- [41] RAMOS, J.M., SUURONEN, J.P., DEEGAN, K., SERIMAA, R., TUORILA, H. 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.
- [42] NASCIMENTO, A.C., MOTA, C., COELHO, I., GUEIFAO, S., SANTOS, M., MATOS, A.S., GIMENEZ, A., LOBO, M., SAMMAN, N. and CASTANHEIRA, I. Characterization of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the north of Argentina: proximates, minerals and trace elements. Food Chemistry, 148, 2014, p. 420-426.
- [43] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Quinoa 2013. Año Internacional. Un futuro sembrado hace miles de años [online]. 2013. Disponible: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/> [citado 25 de junio de 2015].
- [44] ARZAPALO, D., HUAMÁN, K., QUISPE, M. y ESPINOZA, C. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra, collana, pasankalla roja y blanca Junín. Revista de la Sociedad Química del Perú, 81(1), 2015, p. 44-54.
- [45] HAGER, A.S., WOLTER, A., JACOB, F., ZANINI, E. and ARENDT, E.K. Nutritional properties and ultrastructure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. Journal of Cereal Science 56(2), 2012, p. 239-247.
- [46] RAMOS, D., SAN MARTÍN, V., REBATA, M., ARBAIZA, T., SALVÁ, B., CARO, I. y MATEO, J. Características fisicoquímicas de la salchicha de cerdo del departamento de Tumbes, Perú. Salud y Tecnología Veterinaria 2, 2014, p. 120-128.

- [47] MARCOS, C., VIEGAS, C., ALMEIDA, A. and GUERRA, M.M. Portuguese traditional sausages: different types, nutritional composition, and novel trends. *Journal of Ethnic Foods*, 3, 2016, p. 51-60.

## Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*)

## Phenolic compound recovery from isabella grape's waste (*Vitis labrusca*)

## Obtenção de compostos fenólicos a partir de resíduos de uva isabella (*Vitis labrusca*)

ANGELA VIVIANA RUALES-SALCEDO<sup>1</sup>, ANDRÉS FELIPE ROJAS-GONZÁLEZ<sup>2</sup>,  
CARLOS ARIEL CARDONA-ALZATE<sup>3</sup>

### RESUMEN

*Los residuos de la agroindustria presentan un gran potencial como fuente de compuestos de valor agregado. El presente estudio evalúa la caracterización química de residuos generados en el cultivo (sarmientos) y en la producción (i.e. semillas, hollejos y escobajos) de pulpa de uva Isabella. La caracterización se realiza cuantificando los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante. Los resultados mostraron que los escobajos y las semillas presentan mayor concentración de compuestos fenólicos totales ( $22,08 \pm 0,20$  y  $10,62 \pm 0,17$  mg de equivalente de ácido gálico/g) y*

**Recibido para evaluación:** 8 de Julio de 2016.

**Aprobado para publicación:** 25 de Septiembre de 2017.

- 1 Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Aprovechamiento de Residuos. MSc. Manizales, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Aprovechamiento de Residuos. PhD. Manizales, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Investigación en Procesos Químicos, Catalíticos y Biotecnológicos. PhD. Manizales, Colombia.

**Correspondencia:** avruales@unal.edu.co

mayor actividad antioxidante ( $0,29 \pm 0,01$  y  $0,63 \pm 0,01$ ), respectivamente. Como conclusión, los escobajos y las semillas tienen potencial como materia prima para la obtención de compuestos con actividad antioxidante que podrían ser empleados en la formulación de: cremas, alimentos funcionales y alimentos enriquecidos. Sin embargo, las bondades de los componentes con actividad antioxidante de las semillas son más conocidas y reconocidas que las de los escobajos. Por tanto, el reto para aprovechar el potencial de las semillas está enfocado en cómo realizar la extracción industrialmente. De otro lado, se necesitan más investigaciones para entender las bondades y aplicación de los compuestos fenólicos de los escobajos

## ABSTRACT

The food industry waste has a great potential as a source of high value-added components. In this research, it is evaluated the chemical characterization of waste produced in the cultivation (vine shoots) and production (i.e skins, stalks and seeds) of Isabella grape juice. The waste is characterized through the quantification of the total phenolic compounds and the antioxidant activity. The analysis showed that the stalks and the seeds have the highest concentration of total phenolic components ( $22,08 \pm 0,20$  y  $10,62 \pm 0,17$  mg gallic acid equivalent/g) and the highest antioxidant activity ( $0,29 \pm 0,01$  y  $0,63 \pm 0,01$ ), respectively. As a conclusion, the stalks and seeds have great potential as raw material for the recovery of antioxidant activity components, which could be used in: creams, functional foods and fortified foods formulation. However, the goodness of the components with antioxidant activity from seeds is better known and recognized than from the stalks. Therefore, the challenge to exploit the seeds potential is in how to extract it industrially. On the other hand, more research is required understand the goodness and application of phenolic components from the stalks.

## RESUMO

Os resíduos da agroindústria apresentam grande potencial como fonte de compostos de valor agregado. O presente estudo avalia a caracterização química de resíduos gerados na cultura (sarmentos) e na produção (i.e. casca, talos e sementes) de polpa de uva Isabella. A caracterização é realizada quantificando os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante. Os resultados mostraram que os talos e as sementes apresentam maior concentração de compostos fenólicos totais ( $22,08 \pm 0,20$  y  $10,62 \pm 0,17$  mg de equivalente de ácido gálico/g) e maior atividade antioxidante ( $0,29 \pm 0,01$  y  $0,63 \pm 0,01$ ), respectivamente. Como conclusão, os talos e as sementes têm potenciais como matéria-prima para a obtenção de compostos com atividade antioxidante que poderiam ser empregados na formulação de: cremes, alimentos funcionais e alimentos enriquecidos. Porém, as bondades dos componentes com atividade antioxidante das sementes são mais conhecidas e reconhecidas que as dos caules. Por tanto, o desafio para aproveitar o potencial das sementes é focado em como realizar a extração industrialmente. Por outro lado, são necessárias mais pesquisas para compreender as bondades e aplicação dos compostos fenólicos dos talos.

## PALABRAS CLAVES:

Actividad antioxidante, Caracterización de residuos, Escobajos, Semillas de uva.

## KEY WORDS:

Antioxidant activity, Waste characterization, Grape seeds, Grape stalks.

## PALAVRAS-CHAVE:

Atividade antioxidante, Caracterização de resíduos, Talos, Sementes de uva.

## INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos de plantas (fitofenoles) se definen como metabolitos secundarios sintetizados por las rutas metabólicas Shikimato/fenilpropanoide o acetato-malonato/policétida [1]. Los fitofenoles son ampliamente conocidos por los efectos benéficos que tienen en la salud, debido a que son antioxidantes potenciales, capaces de romper la cadena de propagación de los radicales libres, mediante la donación de un átomo de hidrógeno [2]. De esta manera, los fitofenoles pueden actuar como anticancerígenos, antidiabéticos, antibacterianos, protectores contra trastornos cardiovasculares y de daño hepático [3]. Por lo anterior, la industria farmacéutica y alimentaria tiene gran interés en este tipo de compuestos para el desarrollo de nutraceuticos de tipo suplemento dietético (ej. píldoras, cápsulas, comprimidos) y alimento funcional [3].

La industria alimentaria es considerada una fuente de extracción de compuestos fitoquímicos, los cuales pueden ser obtenidos de los residuos que se generan en el procesamiento de frutas y hortalizas. Este enfoque es beneficioso para los productores de la industria alimentaria, ya que genera una ventaja económica al emplear todo el tejido de las frutas y hortalizas [4]. En las plantas, los fitoquímicos se encuentran en diferentes proporciones, dependiendo de la variedad y de la parte (hojas, tallos, semillas y frutos) de la cual se extraen [5]. En el caso de los residuos, la composición de los fitoquímicos puede presentar modificaciones (perder la actividad antioxidante), dependiendo de los procesos físicos y químicos a los cuales se sometan las frutas u hortalizas. Por este motivo, es necesario realizar estudios cualitativos y cuantitativos, que permitan determinar la viabilidad de un residuo como materia prima de compuestos fitoquímicos.

En Colombia, la producción anual de uva es de 25600 toneladas aproximadamente [6], la cual es destinada a la producción de pulpas, zumos, mermeladas, bebidas alcohólicas y consumo en fresco. En la actualidad, los residuos generados en estos procesos de transformación son de poco valor económico debido a que no se realiza un aprovechamiento importante de ellos. Se sabe que la uva tiene compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos que son de gran valor comercial [7]. Sin embargo, los estudios disponibles en la literatura sobre este tema, son principalmente de residuos de la producción de vino empleando variedades de

uva que no son cultivadas en el país [8-9]. Colombia no es un gran productor ni consumidor de vino, pero en su lugar la población colombiana tiene involucrado en su dieta el consumo de jugos naturales. Por tanto, la generación de residuos a partir de la producción de pulpa y jugos de fruta pueden representar una fuente importante de compuestos bioactivos.

La mayoría de estudios relacionados con compuestos bioactivos como los fenoles, se enfocan en la caracterización, cuantificación, extracción y estudios biomédicos *in vivo* o *in vitro* [3, 10]. Con la finalidad de iniciar estudios en los residuos de uva generados en Colombia, el presente documento tiene como objetivo evaluar la caracterización química de residuos generados en el cultivo y en la producción de pulpa de uva Isabella (*Vitis labrusca*), en términos de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante. Los residuos de la producción de pulpa de uva son: escobajos, hollejos (cáscaras) y semillas, y los residuos del cultivo de uva son los sarmientos, los cuales se generan en las labores de poda del cultivo de uva después de la cosecha. La metodología que se desarrolla en este trabajo consta de cuatro etapas principales: adecuación de los residuos, extracción de los compuestos fenólicos, cuantificación de compuestos fenólicos totales y cuantificación de la actividad antioxidante. En la discusión de los resultados se comparan las características encontradas de cada uno de los residuos y se examina la viabilidad de emplear estos residuos como materia prima de extractos ricos en compuestos fenólicos.

## MÉTODO

### Obtención y adecuación de los residuos

Los residuos: escobajos (Es), hollejos (Ho) semillas (Sm) y sarmientos (Sr), se obtuvieron de una empresa productora de pulpa y de labores de poda de un cultivo de uva, localizados en el Valle del Cauca. Todos los residuos se recolectaron inmediatamente después de su producción y se almacenaron a -20°C hasta su análisis. Previo a la extracción de compuestos fenólicos, los Es, Ho y Sm almacenados se dejaron descongelar a temperatura ambiente y se maceraron en un mortero de porcelana. Los Sr se redujeron de tamaño con la ayuda de un bisturí hasta obtener tamaños de 1,0 cm de largo por 0,4 cm de ancho, aproximadamente. Posterior a la adecuación de tamaño, los Sr se maceraron igual que es resto de residuos.

## Extracción de compuestos fenólicos

En la extracción de los compuestos fenólicos, se pesaron 250 mg de cada residuo macerado en un tubo para centrífuga y se adicionó 1 mL de metanol al 80%. El tubo con la muestra se agitó en un vortex durante 1 minuto y se centrifugó a 10000 rpm durante 15 minutos, donde se obtuvo un sobrenadante y un precipitado. El sobrenadante se recuperó en un microtubo de centrífuga de 2 mL. Con el precipitado se realizó una segunda extracción adicionando 500  $\mu$ L de metanol al 99,8% y agitando en el vortex. Esta segunda extracción se centrifugó con las mismas condiciones previamente mencionadas. El sobrenadante obtenido se unió con el de la primera extracción y el precipitado se descartó. Al microtubo que contiene los sobrenadantes se adicionó metanol al 80% hasta completar 2 mL. El metanol se utilizó como solvente debido a que es más eficaz en la extracción de compuestos fenólicos en comparación con etanol y agua [11]. Todo el procedimiento se realizó por triplicado y en ausencia de luz.

## Compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron siguiendo la metodología de Follin-Ciocalteu mencionada por Da Porto *et al.* (2013) [12], con algunas modificaciones. Para el desarrollo de esta metodología se construyó una curva de calibración con la lectura de las absorbancias a 765 nm de 50, 100, 200, 350 y 500 mg/L de ácido gálico. Se utilizó agua destilada como blanco, la cual corresponde a la coordenada 0,0 en la curva de calibración. Los extractos de cada uno de los residuos se diluyeron en agua destilada hasta alcanzar un factor de dilución de 5 y se tomaron 60  $\mu$ L para adicionarlos a 4,75 ml de agua destilada en un tubo de ensayo. Posteriormente, se adicionaron 300  $\mu$ L de reactivo Follin 1N al tubo de ensayo y se dejó reaccionar durante 8 min. Transcurrido este tiempo se agregaron 900  $\mu$ L de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%, se dejó reaccionar durante 2h y se leyó la absorbancia a 765 nm. El resultado se remitió a la ecuación obtenida de la curva de calibración y se expresó como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por g de muestra en base seca. El cálculo en base seca se realizó empleando el porcentaje de materia seca total presentado en Rojas *et al.* (2015) [13]. Todo este procedimiento se llevó a cabo por triplicado y en ausencia de luz.

## Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante se evaluó siguiendo la metodología de radicales libres propuesta por Spatafora *et al.* (2013) [14]. En el desarrollo de este análisis se realizaron entre 5 y 7 diluciones del extracto metanólico, utilizando factores de dilución en un rango de 3 a 300, dependiendo de la muestra. De cada dilución se tomaron 150  $\mu$ L y se adicionaron a un tubo de ensayo que contenía 3 mL de 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) a una concentración de  $6 \times 10^{-5}$  mol/l. Inmediatamente se realizó la lectura de las absorbancias en un espectrofotómetro a 515 nm, en diferentes tiempos (0, 1, 15, 30 y 45 min), hasta que el valor de las absorbancias se estabilizó. El blanco se obtuvo con la misma metodología descrita utilizando agua destilada como muestra. Posteriormente, se identificó el tiempo en el cual todos los valores de las absorbancias fueron estables para calcular el porcentaje de inhibición por medio de (Ec.1) y se eligieron las diluciones que presentaron inhibición entre 20 y 80%. Con estos datos se construyó un gráfico de inhibición contra concentración para hallar la ecuación y calcular el  $\text{IC}_{50}$ , el cual representa la concentración de muestra necesaria para obtener una inhibición del 50% de los radicales libres (DPPH). Los resultados se presentaron en  $\mu$ g de muestra/mL de solución. Esta determinación se realizó por triplicado.

$$\%Inh = 1 - \frac{Abs_{Dnl}}{Abs_{Bl}} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

*Inh*: inhibición;

$Abs_{Dnl}$ : absorbancia de la dilución;

$Abs_{Bl}$ : absorbancia del blanco

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante se realizó en Excel. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

### Compuestos fenólicos totales de los residuos

Los compuestos fenólicos totales se determinan por el método espectrofotométrico de Follin-Ciocalteu. La curva de calibración se realiza con seis concentraciones diferentes de ácido gálico, por medio de las cuales se obtiene (Ecuación 2), con un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 0,9958.

$$mg \text{ EAG} / l = \frac{Abs_{765nm}}{0,0023} \quad (\text{Ec. 2})$$

En el Cuadro 1 se presentan los compuestos fenólicos totales de los Sr, Es, Ho y Sm, al igual que datos reportados en la literatura. Aquí se observa que el contenido de fenoles totales de los residuos se encontró en un rango de 4,18 a 22,08 mg EAG/g, donde los Es (22,08 mg EAG/g) y Sm (10,62 mg EAG/g) presentaron la mayor concentración. Como se observa en el cuadro, los datos de la literatura se presentan en un rango de concentraciones para cada residuo. Este rango muestra la menor y la mayor concentración de EAG reportada en la literatura consultada, para un mismo tipo de residuo. Cetin *et al.* (2011) [15] al igual que Anastasiadi *et al.* (2012) [16] evaluaron diferentes variedades de sarmientos y escobajos, respectivamente, encontrando diferencias significativas en la concentración de fenólicos totales. De otro lado, Da Porto *et al.* (2013) [12] evaluaron diferentes métodos de extracción para la misma variedad de semilla observando diferencias significativas en la cantidad de fenólicos totales. Al comparar los resultados de los fenólicos totales del presente estudio con los datos de la literatura (Cuadro 1), se observa que los Es se encuentran por encima del rango reportado por Anastasiadi *et al.* (2012) [16]. Mientras que los resultados obtenidos para los Sr, Ho y Sm son inferiores a los publicados por Cetin *et al.* (2011) [15], Deng *et al.* (2011) [17], Santos *et al.* (2011) [18] y Da Porto *et al.* (2013) [12]. Esto posiblemente se debe a que en la metodología de extracción utilizada, la maceración no logra fracturar efectivamente materiales duros como los Sr y Sm, lo cual limita la superficie de contacto entre el material y el solvente, generando como consecuencia un rendimiento bajo de extracción. Otro factor que puede influir en la baja extracción

de los fenólicos totales es que los residuos no son presecados antes del proceso de extracción, y por lo regular tanto los compuestos fenólicos totales como la actividad antioxidante aumentan a mayor deshidratación de la muestra [9].

### Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los residuos se determinó por la metodología espectrofotométrica de los radiales libres. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los análisis, expresados en términos del  $IC_{50}$  y datos de la literatura. En el cuadro se observa que Es (0,29 mg/mL) y Sm (0,63 mg/mL) reportan la concentración más baja capaz de inhibir el 50% del DPPH, mientras que los Sr (10,91 mg/mL) muestran la mayor concentración. Este comportamiento está relacionado con el contenido de compuestos fenólicos (Cuadro 1) donde Es y Sm muestran los mayores valores y Sr los menores. La actividad antioxidante de Es muestra congruencia con estudios previos realizados por Spatafora *et al.* (2013) [14]. Mientras que los resultados de Ho y Sm se encuentran por encima del rango reportado en la literatura [18]. Esto quiere decir que se necesita mayor cantidad de Ho y Sm del presente estudio, para inhibir el 50% del DPPH.

### Perspectiva de los compuestos fenólicos de uva

Según los resultados anteriormente presentados, Sm y Es son los residuos con mayor concentración de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante. Los resultados previamente publicados por Rojas

**Cuadro 1.** Compuestos fenólicos totales de los residuos de uva.

Res.	Fenólicos Totales		
	Presente estudio	Literatura	
	mg EAG/g muestra b.s.	mg EAG/g muestra b.s.	Ref.
Sr	4,18 ± 0,11	25,36 - 36,56	[15]
Es	22,08 ± 0,20	6,10 - 14,34	[16]
Ho	6,69 ± 0,02	11,20 - 26,70	[17]
Sm	10,62 ± 0,17	91,53 - 122,35 89,47 - 104,19	[18] [18]

Res.: residuos. b.s.: base seca. EAG: Equivalentes de ácido gálico. Sr: Sarmientos, Es: Escobajos, Ho: Hollejos, Sm: Semillas.

*et al.* (2015) [13], muestran que en la producción de pulpa de uva se generan 2,6 y 1,1% (base seca) de residuos de Sm y Es, respectivamente. Teniendo en cuenta esta información, se espera que de 100 kg de uva procesada para la producción de pulpa, se obtenga aproximadamente 57,4 g EAG a partir de los residuos Sm y 11,7 g EAG de los residuos Es. Aunque la cantidad de compuestos fenólicos que se puede obtener a partir de los residuos es aparentemente baja, es de tener en cuenta que este tipo de compuestos se comercializan con base en la actividad o el beneficio que tienen en la salud. Las Sm de uva son ampliamente reconocidas por tener efectos benéficos en la salud, debido a que contiene altas concentraciones de compuesto fenólicos, vitamina E y ácido linoléico [19]. Estudios han demostrado que los extractos de uva tienen actividad contra el VIH por inhibición de la expresión y replicación del virus [20], anticancerígena [10] y como cardioprotector [21]. El estudio de los escobajos como fuente de compuestos de valor agregado es más reciente [22-24].

Como se muestra en el Cuadro 2, la actividad antioxidante de los Es puede ser comparable, o en algunos casos mejor, que la de Sm. Amico *et al.* (2009) [25] demostraron que extractos de Es contienen compuestos fenólicos y no fenólicos con actividad antiproliferativa en células de carcinoma mamario. Sin embargo, este tipo de estudios, donde se evalúa los beneficios que tienen los extractos de Es en la salud, son escasos [25]. Los Es se caracterizan por tener altas cantidades de compuestos fenólicos tipo taninos

condensados (proantocianidinas) [26], y en menor cantidad flavonoles, derivados del ácido hidroxicinámico y antocianinas [23]. Los polifenoles condensados se pueden convertir en productos químicos de alto valor, debido a que son moléculas químicamente radioactivas capaces de reaccionar con agentes nucleofílicos, electrofílicos, proteínas o por medio de reacciones de autocondensación [27]. Bajo estas condiciones, es claro que el reto con los extractos de Sm está en el diseño de procesos de extracción que se caractericen por ser económicos, de alta productividad, y amigable con el medio ambiente, capaces de ser competitivos en el mercado. En el caso de los extractos de Es, es necesario tener más información sobre su efecto benéfico en la salud, así como en la metodología de extracción que se debe implementar, teniendo en cuenta su uso [28].

## CONCLUSIONES

Los escobajos y semillas obtenidos como residuos de la producción de pulpa de uva, tienen mayor potencial de ser empleados como materia prima de productos que requieran actividad antioxidante en su formulación (ej. cremas, alimentos funcionales y alimentos enriquecidos), en comparación con los hollejos y semillas. Sin embargo, el reto de los escobajos y las semillas para desarrollar su potencial e incrementar su valor económico es diferente. Las semillas ya son reconocidas por los efectos benéficos que tiene en la salud. Por tanto, el reto está orientado a diseñar un proceso que permita ser competitivo frente a la oferta del mercado. Mientras que el reto de los escobajos se dirige a averiguar los efectos benéficos que puede tener, ya sea en la salud o como un antioxidante de la industria alimentaria. Como consecuencia, el aprovechamiento del potencial bioactivo que tienen los escobajos en el área de la salud se alcanzaría a largo plazo, comparado con el desarrollo del potencial que presentan las semillas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo económico al proyecto con código 18921 y al Instituto de Biotecnología y Agroindustria por el soporte experimental.

**Cuadro 2.** Concentración de muestra para inhibir el 50 % de DPPH (IC<sub>50</sub>) de diferentes residuos de uva.

Res.	Actividad antioxidante		
	Presente estudio	Literatura	
	mg b.s./mL extracto	mg b.s./mL extracto	Ref.
Sr	10,91 ± 0,02		
Es	0,29 ± 0,01	0,03 - 0,30	[14]
Ho	1,33 ± 0,04	0,23 - 0,33	[18]
Sm	0,63 ± 0,01	0,02 - 0,07	[18]

Res.: residuos. b.s.: Base seca. Algunas unidades se modificaron de los artículos originales para facilitar la comparación con los resultados.

## REFERENCIAS

- [1] QUIDEAU, S., DEFFIEUX, D., DOUAT-CASASUS C. and POUYSÉGU, L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 2011, p. 586-621.
- [2] BAYDAR, N.G. and BAYDAR, H. Phenolic compounds, antiradical activity and antioxidant capacity of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 41, 2013, p. 375-380.
- [3] ROUTRAY, W. and ORSAT, V. Preparative extraction and separation of phenolic compounds. *Natural Products*. 1ed. Berlin (Alemania): Springer, 2013, p. 2013-2045.
- [4] SILVA, L.M., FIGUEIREDO, E.A., RICARDO, N.M., VIEIRA, I.G., FIGUEIREDO, R.W., BRASIL, I.M. and GOMES, C.L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 2014, p. 398-404.
- [5] AZMIR, J., ZAIDUL, I.S.M., RAHMAN, M.M., SHARIF, K.M., MOHAMED, A., SAHENA, F., JAHURUL, M.H.A., GHAFOR, K., NORULAINI, N.A.N. and OMAR, A.K.M. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 117, 2013, p. 426-436.
- [6] AGRONET. Producción nacional por producto [Online]. 2013. Disponible: [http://207.239.251.112/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16\\_2011.aspx?cod=16](http://207.239.251.112/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16_2011.aspx?cod=16). [Citado: 7 febrero de 2016].
- [7] DOSHI, P., ADSULE, P., BANERJEE, K. and OULKAR, D. Phenolic compounds, antioxidant activity and insulinotropic effect of extracts prepared from grape (*Vitis vinifera* L) by products. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 2015, p. 181-190.
- [8] BRAHIM, M., GAMBIER, F. and BROSSE, N. Optimization of polyphenols extraction from grape residues in water medium. *Industrial Crops and Products*, 52, 2014, p. 18-22.
- [9] LÓPEZ DE LERMA, N., PEINADO, J. and PEINADO, R.A. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of musts and skin extracts from off-vine dried *Vitis vinifera* cv. "tempranillo" grapes. *Journal of Functional Foods*, 5, 2013 p. 914-922.
- [10] VAID, M., SINGH, T., PRASAD, R., KAPPES, J.C. and KATIYAR, S.K. Therapeutic intervention of proanthocyanidins on the migration capacity of melanoma cells is mediated through PGE2 receptors and  $\beta$ -catenin signaling molecules. *American Journal of Cancer Research*, 15(5), 2015, p. 3325-3338.
- [11] CERÓN, I., HIGUITA, J.C. y CARDONA, C.A. Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 5, 2010, p. 17- 26.
- [12] DA PORTO, C., PORRETTO, E. and DECORTI, D. Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 2013, p. 1076-1080.
- [13] ROJAS, A.F., RUALES, A.V. y VELASCO, V. Características energéticas de combustibles densificados de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca* L.). *Mutis*, 5(2), 2015 p. 5-15.
- [14] SPATAFORA, C., BARBAGALLO, E., AMICO, V. and TRINGALI, C. Grape stems from Sicilian *Vitis vinifera* cultivars as a source of polyphenol-enriched fractions with enhanced antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 54, 2013, p. 542-548.
- [15] CETIN, E.S., ALTINOZ, D., TARCAN, E. and BAYDAR, N.G. Chemical composition of grape canes. *Industrial Crops and Products*, 34, 2011, p. 994-998.
- [16] ANASTASIADI, M., PRATSINIS, H., KLETSAS, D., SKALTSOUNIS, A.L. and HAROUTOUNIAN, S.A. Grape stem extracts: polyphenolic content and assessment of their *in vitro* antioxidant properties. *Food Science and Technology*, 48, 2012, p. 316-322.
- [17] DENG, Q., PENNER, M.H. and ZHAO, Y. Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins. *Food Research International*, 44, 2011 p. 2712-2720.
- [18] SANTOS, L.P., MORAIS, D.R., SOUZA, N.E., COTTICA, S.M., BOROSKI, M. and VISENTAINER, J.V. Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International*, 44, 2011, p. 1414-1418.
- [19] REDDY, G.V.B., SEN, A.R., NAIR, P.N., REDDY, K.S., REDDY, K.K. and KONDAIAH, N. Effects of grape seed extract on the oxidative and microbial stability of restructured mutton slices. *Meat Science*, 95, 2013, p. 288-294.
- [20] NAIR, M.P., KANDASWAMI, C. and MAHAJAN, S. Grape seed extract proanthocyanidins down regulate HIV-1 entry coreceptors, CCR2b,

- CCR3 and CCR5 gene expression by normal peripheral blood mononuclear cells. *Biology Research*, 35(3-4), 2002, p. 421-431.
- [21] AKABERI, M. and HOSSEINZADEH, H. Grapes (*Vitis vinifera*) as a potencial candidate for the therapy of the metabolic syndrome. *Phytotherapy Research*, 30(4), 2016, p. 540-556.
- [22] SPIGNO, G., MAGGI, L., AMENDOLA, D., DRAGONI, M. and DE FAVERI, D.M. Influence of cultivar on the lignocellulosic fractionation of grape stalks. *Industrial Crops and Products*, 46, 2013, p. 283-289.
- [23] BARROS, A., GIRONÉS-VILAPLANA, A., TEIXEIRA, A., COLLADO-GONZÁLEZ, J., MORENO D.A., GIL-IZQUIERDO, A., ROSA, E. and DOMÍNGUEZ-PERLES, R. Evaluation of grape (*Vitis vinifera* L.) stems from Portuguese varieties as a resource of (poly) phenolic compounds: A comparative study. *Food Research International*, 65, 2014, p. 375-384.
- [24] RUALES-SALCEDO, A.V. Evaluación del potencial energético y bioactivo de los residuos generados por la producción y transformación de la uva [Tesis de Maestría en Ingeniería]. Manizales (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, 2015, 117 p.
- [25] AMICO, V., BARRESI, V., CHILLEM, R., CONDORELLI, D.F., SCIUTO, S., SPATAFORA, C. and TRINGALI, C. Bioassay-guided isolation of anti-proliferative compounds from grape (*Vitis vinifera*) stems. *Natural Product Communications*, 4(1), 2009, p. 27-34.
- [26] SOUQUET, J.M., LABARBE, B., LE GUERNEVE, C., CHEYNIER, V. and MOUTOUNET, M. Phenolic composition of grape stems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 2000, p. 1076-1080.
- [27] PIZZI, A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 20(8), 2006, p. 829-846.
- [28] DOMÍNGUEZ-PERLES R., TEIXEIRA A.I., ROSA, E. and BARROS A.I. Assessment of (poly)phenols in grape (*Vitis vinifera* L.) stems by using food/pharma industry compatible solvents and response surface methodology. *Food Chemistry*, 164, 2014, p. 339-346.

## 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)  
Edición Especial No 2 (Julio a Diciembre 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 Buritica, 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 Pastana 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.

- CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*// Tofiño-Rivera, Adriana, Ortega-Cuadros Mailen, Herrera-Hinojosa Belkis Katina, Fragosó-Castilla Pedro, Pedraza-Claros Bertilda// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.P 28-39.

### 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 brevipetiolata 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 Taborada Ocampo, Omar Tapasco Alzate // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.76-84.
- COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE LA FRACCIÓN PROTEÍCA 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 Enríquez 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.
- ESTABILIDAD DEL POLVO DE AGUACATE ADICIONADO CON COMPONENTES ACTIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO// Marilza Miedad Ruiz-Ruiz, Misael Cortes-Rodríguez, Jesus Humberto Gil-Gonzalez// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p 40-49.

- EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE SALCHIICHAS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.)// José Igor Hleap-Zapata, Margoth Yaqueline Burbano-Portillo, Jenny Maricel Mora-Vera// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p59-69.

## 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.
- EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*// Francisco Emilio Argote-Vega, Zully Jimena Suarez-Montenegro, Magaly Elizabeth Tobar Delgado, Jose Angel Perez-Alvarez, Andres Mauricio Hurtado-Benavides, Johannes Delgado-Ospina// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 50-58.
- OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE RESIDUOS DE UVA ISABELLA (*Vitis labrusca*)// Angela Viviana Ruales-Salcedo, Andrés Felipe Rojas-González, Carlos Ariel Cardona-Alzate// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 70-77

## CIENCIAS AGRÍCOLAS

- 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 No 1, 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.
- ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD FENOTÍPICA EN CULTIVARES DE FRÍJOL CAUPÍ EN EL CARIBE HÚMEDO COLOMBIANO// Hermes Araméndiz-Tatis, Miguel Espitia Camacho, Carlos Cardona Ayala// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p. 12-20

## 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.

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.
- CUANTIFICACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTUARIO DEL RÍO RANCHERÍA// Geomar Enrique Molina Bolívar, Iris Agustina Jiménez – Pitre, Diofanor Acevedo Correa// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2. P.21-27

## 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 Sánchez 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

## ÍNDICE DE AUTORES

Volumen 15, No 1 (Enero – Junio de 2017)  
Edición Especial No 1 (Enero a Junio 2017)  
Volumen 15, No 2 (Julio – Diciembre de 2017)  
Edición Especial No 2 (Julio a Diciembre 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 BUFALA Y VACA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario 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 brevipetiolata* van der Werff), MUNICIPIO 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 Biotecnología 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 PITA HAYA AMARILLA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 2, p.22-29.

#### **Arboleda Pino Lizeth Yurany**

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.

#### **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 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.

#### **Araméndiz Hermes Tatis**

ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD FENOTÍPICA EN CULTIVARES DE FRÍJOL CAUPÍ EN EL CARIBE HÚMEDO COLOMBIANO// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. Edición Especial No 2, p. 12-20.

**Argote Emilio Vega**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 50-58.

**B**

**Bejarano Toro Edinson Eliécer**

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.

**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.

**Burbano Portillo Margoth Yaqueline**

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE SALCHIICHAS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p59-69.

**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), MUNICIPIO 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 MOLIEDA ABRASIVA DEL GRANO DE AMARANTO PARA LA OBTENCIÓN DE DOS FRACCIONES CON POTENCIAL INDUSTRIAL // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 1, 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 No 1, 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.

**Cardona Alzate Carlos Ariel**

OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE RESIDUOS DE UVA ISABELLA (*Vitis labrusca*)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 70-77.

**Cortes Rodriguez Misael**

ESTABILIDAD DEL POLVO DE AGUACATE ADICIONADO CON COMPONENTES ACTIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 40-49.

**Cardona Alzate Carlos Ariel**

OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE RESIDUOS DE UVA ISABELLA (*Vitis labrusca*)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 70-77.

## 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**

EFFECTO ANTIMICROBIANO DEL CLAVO Y LA CAÑELA 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.

**Delgado Ospina Johannes**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 50-58.

## 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.

**Espitia Camacho Miguel**

ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD FENOTÍPICA EN CULTIVARES DE FRÍJOL CAUPÍ EN EL CARIBE HÚMEDO COLOMBIANO// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p. 12-20

**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.

**Fragoso Castilla Pedro**

CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.P 28-39.

**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 BUFALA 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.

**Geomar Enrique Molina Bolivar**

CUANTIFICACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTUARIO DEL RÍO RANCHERÍA// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2. P.21-27.

**Gil González Jesús Humberto**

ESTABILIDAD DEL POLVO DE AGUACATE ADICIONADO CON COMPONENTES ACTIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 40-49.

**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.

**Hleap Zapata José Igor**

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE SALCHIICHAS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p.59-69.

**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.

**Herrera Hinojosa Belkis Katina**

CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p.28-39.

**Hurtado Benavides Andres Mauricio**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2, p.50-58.

**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.

**J**

**Jurado Gámez Henry**

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.

**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 ADSORÇÃO 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 Franciso**

ISOTERMAS E CALOR ISOTÉRMICO DE ADSORCIÓN 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.

BIA/ // 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.

**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 1, p.11-18.

logía 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 Mamián 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**

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.

**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 SINTÉTICOS// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

**Mora Vera Jenny Maricela**

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE SALCHIICHAS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.)// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p59-69.

**O**

**Orduz Sergio**

ACTIVIDAD LIPOLÍTICA 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 SINTÉTICOS, // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.49-58.

**Ortega Cuadros Mailen**

CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.P 28-39.

**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 Yenís Ibeth**

EFEECTO 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 ÁCIDAS 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.

**Prado Cerón Fabio Alonso**

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.

**Pitre Iris Agustina Jiménez**

CUANTIFICACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTUARIO DEL RÍO RANCHERÍA// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2. P.21-27.

**Pedraza Claros Bertilda**

CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES Eugenia caryophyllata Y Thymus vulgaris// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.P 28-39.

**Pérez Alvarez Jose Angel**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN Staphylococcus aureus Y Escherichia coli// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 50-58.

## R

**Ramos Pumacahua Augusto**

ISOTERMAS E CALOR ISOSTÉRICO DE ADSORCIÓN DA ÁGUA DO AMIDO DE QUINOA // En Biología 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 Biología 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 Biología 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 Biología 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 Biología 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 Biología 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 Biología 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 Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial, p.95-66.

**Ruiz Ruiz Marilza Miedad**

ESTABILIDAD DEL POLVO DE AGUACATE ADICIONADO CON COMPONENTES ACTIVOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 40-49.

**Ruales Salcedo Angela Viviana**

OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE RESIDUOS DE UVA ISABELLA (Vitis labrusca)// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 70-77.

**Rojas González Andrés Felipe**

OBTENCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE RESIDUOS DE UVA ISABELLA (Vitis labrusca)// En Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 70-77.

## S

**Sepúlveda Valencia José**

CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS AUTÓCTONAS AISLADAS DE QUESO DOBLE CREMA Y QUESILLO COLOMBIA-

NO // 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 AMARILLA // 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.

**Suarez Montenegro Zully Jimena**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE ACEITES ESENCIALES EN *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.p 50-58.

## 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-ÁCIDDA // En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 15 No 1, p.123-130.

**Telis Romero Javier**

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.

**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.

**Tofiño Rivera Adriana**

CONSERVACIÓN MICROBIOLÓGICA DE EMBUTIDO CARNICO ARTESANAL CON ACEITES ESENCIALES *Eugenia caryophyllata* Y *Thymus vulgaris*// En Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial No 2.P 28-39.

## 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 com-

petencia 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 brevipetiolata* 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.