

REVISTA URABÁ CIENCIA Y DESARROLLO



Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA
Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico
Grupo de investigación Abibe

Revista Urabá: Ciencia y desarrollo

Rev. Urabá Cienc. Desarro. Vol. 1. N° 1

Diciembre, 2017. ISSN 2590-5376

REVISTA URABÁ CIENCIA Y DESARROLLO

Periodicidad anual

ISSN 2590-5376

Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, Regional Antioquia
Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico
Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación-Sennova
Grupo de investigación
Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario de Urabá- Abibe

Km 1. Vía a Turbo. Apartadó
Teléfono: (94) 8280072 Ext. 44222
E-mail: revistauraba@sena.edu.co

Apartadó, Antioquia, Colombia





Revista Urabá
Ciencia y Desarrollo

ISSN:2590-5376
Periodicidad: anual
Servicio Nacional de Aprendizaje-Sena

Dirección de correspondencia
Km 1 vía a Turbo
Apartadó, Antioquia, Colombia

José Antonio Lizarazo Sarmiento
Director General (e) SENA

Emilio Eliécer Navia Zúñiga
**Coordinador del Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación
SENNOVA**

Juan Felipe Rendón Ochoa
Director Regional Antioquia

Elkin Humberto Granada Jiménez
**Subdirector Complejo Tecnológico
Agroindustrial Pecuario y Turístico**

Mónica Obregón Barrios
Líder Sennova de Centro

Editor: Mónica Obregón Barrios

COMITÉ CIENTÍFICO

Deyci Carolina Muñoz Agudelo. Ingeniera Agrónoma. Especialista en Formulación de proyectos. Master (E) en Biotecnología de Worcester State University. USA.

Lina María Sánchez Cardozo. Bióloga marina. Magíster en Acuicultura y ecología acuática tropical. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico- SENA.

Elvia Amparo Rosero Alpala. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias agrarias. PhD. En ciencias naturales con énfasis en fisiología. Universidad Carolina de Praga. Republica Checa. Corpoica.

Diana Ochoa Carreño. Microbióloga industrial. Magister en Administración. Universidad de Cundinamarca.

Jorge Mario Mesa Sánchez. Administrador de empresas. Especialista en gerencia de mercado. Master en PNL. Consultor y asesor empresarial.

Jaiver Danilo Sánchez Torres. Ingeniero Agrónomo. Magister en Ciencias agrarias-Fisiología. Líder técnico. Yara Colombia.

Sandra Jimena Valencia Cataño. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias Agrarias-Entomología. Centro de Internacional de Agricultura Tropical-CIAT.

Oscar Alejandro Castillo Reyes. Ingeniero Agrónomo. Director Agronómico. Bioplanta Palmera para el Desarrollo

COMITÉ EDITORIAL

Mónica Obregón Barrios
Nohora Margarita Amado Lemus

Tabla de Contenido

Editorial	Pág. 5
Elaboración de un biopolímero a partir de almidón de banano (<i>Musa sp.</i>) para usos agrícolas.	7
<i>Leidy Julieth Rentería Estrada</i>	
Las ventas por catálogo en el municipio de Apartadó- Antioquia: una alternativa para las mujeres cabeza de familia	22
<i>Andrés Fernando Jiménez Mejía y Darío Enrique Oquendo Gómez</i>	
El SENA y sus aportes al cultivo del aguacate (<i>Persea americana</i> Mill) frente a la problemática agronómica y fitosanitaria en Urabá, Antioquia	37
<i>Mónica Obregón Barrios. Eulises Manuel Garcés Gutiérrez y Felipe Arias Sánchez</i>	
Desarrollo de una aplicación con programación Android que optimice el entrenamiento deportivo en el fútbol.	47
<i>Jhoan David Galarcio Martínez</i>	
Diseño y elaboración de un destilador automatizado para la producción de alcohol etílico a partir de excedentes de banano.	57
<i>Carlos Emilio Restrepo Vélez. Kelly Jhojana Arteaga Mezquida. Hernán de Jesús Pulgarín Arcila y Slim Camilo Álvarez Alarcón</i>	
Dinámica de mantos freáticos en el cultivo de banano (<i>Musa sp.</i>) Apartadó – Colombia	70
<i>Juan Camilo Durango y Slim Camilo Álvarez Alarcón</i>	
Identificación de insectos plaga asociados al cultivo de palma de aceite “hibrido alto oleico” en Urabá y propuesta de manejo integrado.	86
<i>Cristian Camilo Argumedo Espitia. Rosa Indira Vásquez Vargas. Mónica Obregón Barrios. Slim Camilo Álvarez Alarcón y Yuber Arley Domínguez Asprilla</i>	
<i>Instrucciones para autores</i>	103



Editorial

Urabá “La tierra prometida” tierra de los Embera, Katíos y Chamies, de los Tule y los Zinues, como se le conoce, fue conquistada en 1502 por los españoles, quienes fundaron en este territorio a San Sebastián de Urabá en 1510, después de haber subsanado diferentes guerras con los nativos en búsqueda de la riqueza de nuestro territorio, como el oro, la fauna, la flora y la esclavitud de muchos pueblos indígenas, quienes perdieron el poder en su tierra y su libertad para moverse libremente a la brisa del aire y del mar.

Urabá, ubicada al noroccidente de Medellín se encuentra a 250 kilómetros de la capital del departamento de Antioquia, según cuenta la historia, en esta subregión el estado colombiano por medio del SENA inicia sus labores en el año 1965, y en el año 1971 se estableció como sede operativa el municipio de Apartadó, con el fin de atender en forma eficiente la zona con la implementación de la formación profesional integral, buscando la cualificación y competitividad del talento humano. Los primeros programas fueron agrícolas (cacao, café, plátano y maíz), otros programas como mecanografía, taquigrafía y contabilidad, los instructores se desplazaban desde Medellín y la formación se impartía en espacios facilitados por la Iglesia Católica. En 1976, se construyó en este mismo municipio la sede del Centro, con el nombre de Centro Multisectorial de Apartadó.

Durante los años 1981 – 1986 el SENA prestó asesoría empresarial en aspectos de gestión producción y comercialización de empresas de economía solidaria y microempresas, seminarios, talleres de desarrollo empresarial, calidad total y habilidad de dirección. En el año 1987 se trabajaron las metodologías de CAPACA (Capacitación para la capacitación campesina) y CIPACU (capacitación para la participación urbana).

En el año 1989, a través del superintendente de la época, se apoyó a los trabajadores bananeros para mejorar sus condiciones de vida. A petición de la comunidad urabaense se solicita cambiar el nombre de Centro Multisectorial de Apartadó por Centro Multisectorial de Urabá, ya que todas las acciones de formación estaban destinadas a la región en general.

Actualmente se denomina Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico, cuenta con programas de formación de nivel técnico, tecnólogo,

especializaciones tecnológicas, operarios, auxiliares y formación complementaria en diferentes áreas, con una cobertura de 17 municipios del Urabá Antioqueño, Chocoano y Cordobés. Se atiende los tres sectores productivos del sistema económico: Agropecuario, Industrial, Comercio y Servicios.

Para el siglo XXI el SENA desde la dirección general viene fortaleciendo la formación profesional integral con la implementación del registro calificado-calidad de la formación, modernización de los ambientes de aprendizaje, en la actualización del equipo de Instructores - Dinamizadores - Gestores - Facilitadores - Asesores - Investigadores, realizando convenios con diferentes empresas del sector privado como público tanto a nivel nacional como internacional, convenios con grandes Universidades para que nuestros egresados de nivel tecnológico y técnico terminen su cadena de formación. Todo lo anterior busca la cualificación y competitividad de nuestros egresados para que respondan en forma eficiente y eficaz ante los cambios de las organizaciones; organizaciones que están en un proceso de cambio permanente en su modelo de gestión administrativo, en sus modelos de producción, en sus relaciones de mercadeo y en sus relaciones internacionales.

El Complejo se debe preparar para responder a los nuevos cambios que vienen para Urabá, a los tres grandes puertos, a la doble calzada, al desarrollo del sector comercio y servicio con enfoque internacional, al desarrollo del sector rural, a la diversificación del sector agrícola, al subsector turismo, al subsector metalmecánico, a la investigación aplicada como a la investigación pedagógica, a 350 de kilómetros de costa que hacen parte tres grandes departamentos, Antioquia, Choco y Córdoba, debe responder con profesionales expertos en programación, en operaciones portuarias, en agroindustria con modelos de producción vertical, en construcción, en asistencia técnica y en transferencia de tecnología, en gerencia de nuevas organizaciones con enfoque diferencial, un profesional con mentalidad abierta para construir empresa, un profesional con vocación de generar espacios de discusión y de dialogo ante el proceso paz y posacuerdo, un egresado capaz de liderar cambios mentales, de desarrollo económico y social, conscientes del cuidado y protección del medio ambiente.

El SENA debe fortalecer la investigación aplicada como la pedagógica, la investigación como una actividad orientada a la obtención de nuevos

conocimientos y su aplicación para la solución a problemas o interrogantes de carácter científico con una finalidad, la generación y comprobación de conocimientos, la producción y adaptación de tecnologías para la búsqueda de soluciones a problemáticas y necesidades del entorno.

La investigación no solo debe responder a una actividad pedagógica para que el aprendiz apruebe una competencia o un resultado de aprendizaje, debe responder a una investigación que trascienda más allá de participación de los aprendices en grandes eventos nacionales o internacionales, se debe buscar que estas propuestas se conviertan en productos de ciencia y tecnología, en empresas exitosas e innovadoras de cambio social, para ello se debe fortalecer la investigación aplicada en todas áreas de la ciencia pero conectadas al centro de desarrollo empresarial, que esta práctica formativa se convierta en un centro de creación de empresas verticales no solo horizontales con valores universales como la innovación, que tengan su propia good will, que manejen tecnologías digitales y de punta, organizaciones con mentalidad abierta a nivel internacional, que estén dispuestas a los cambios permanentes, que tengan la capacidad de competir a los cambios económicos.

La subregión de Urabá es una zona dinámica y muy importante para el gobierno nacional, es una zona estratégica para la exportación e importación de mercancías para todos los sectores económicos, por eso se le considera la mejor esquina de las Américas por su ubicación estratégica para la movilidad de mercancías para el mercado local, departamental, nacional e internacional.

Para finalizar, se debe fortalecer a los profesionales para que respondan a la investigación en los tres grandes sectores económicos como es el primario y extractivo, sector secundario y sector terciario; profesionales que dinamicen los procesos productivos dentro de la innovación, el cambio social y la conservación del medio ambiente, de esta manera esta primera revista de investigación y divulgación de carácter técnico y científico, denominada Urabá Ciencia y Desarrollo, es un logro muy importante para el Complejo y para Urabá, es el aporte al desarrollo de ciencia y tecnología de la mano con la formación profesional integral, nuestros aprendices e instructores investigadores son el ejemplo para una sociedad que busca cambios.

Jairo León Lopera Noreña
Coordinador académico
Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y
Turístico

**Elaboración de biopolímero a partir de almidón de banano (*Musa sp.*) para usos agrícolas.****Elaboration of biopolymer from banana starch (*Musa sp.*) for agricultural uses**

Leidy Julieth Rentería Estrada. Tecnología en Agrobiotecnología. E-mail: Julieth030689@hotmail.com

Recibido: febrero 20 del 2017. Aceptado: noviembre 15 del 2017

Resumen

El almidón es un polisacárido abundante, de bajo costo, renovable y totalmente biodegradable (según la norma EN13432), que se encuentra en las plantas y frutos como el banano en su estado inmaduro, este último es un recurso abundante en la subregión de Urabá debido a los excedentes de las exportaciones de banano a Europa y EE.UU. Los biopolímeros derivados de almidón son materiales termoplásticos resultantes del procesamiento del almidón natural por medios químicos, térmicos o mecánicos con diversas aplicaciones en diferentes industrias como la agrícola. En esta investigación se realizó la extracción del almidón de bananos verdes (almidón nativo); el almidón se modificó químicamente con hipoclorito de sodio a una concentración del 1,5% (almidón oxidado) y se procedió a la preparación de las películas de almidón (nativo u oxidado), con glicerina, carboximetilcelulosa y ácido acético en diferentes concentraciones, mediante el método *Solvent casting*, obteniéndose cuatro tratamientos. Se evaluaron las propiedades mecánicas de las películas mediante los ensayos de tensión (ASTM D882-12), flexión (ASTM D790.10) e impacto (ASTM D256-10). La modificación del almidón en el tratamiento tres y cuatro permitieron mejorar las propiedades de tensión (1,16 – 1,01 N/mm²) y flexión (3,10- 3,54 N/mm²). En cuanto a la prueba de impacto el tratamiento que presentó mejor resultado (0.187 J) fue el T1. Esta investigación abre las puertas para futuras investigaciones en la obtención de bioplásticos a partir de almidón obtenido de banano de rechazo en la subregión de Urabá, y es el inicio para buscar alternativas de reemplazo de plásticos no biodegradables para usos agrícolas, especialmente en el cultivo de banano.

Palabras clave: bioplástico, almidón, banano de rechazo, Urabá.

Abstract

Starch is an abundant, low-cost, renewable and totally biodegradable polysaccharide (according to EN13432), which is found in plants and fruits such as banana in its immature state, the last one is an abundant resource in the subregion of Urabá due to the surplus of banana exports to Europe and the US. Biopolymers derived from starch are thermoplastic materials resulting from the processing of natural starch by chemical, thermal or mechanical means with diverse applications in different industries such as agriculture. In this research the starch was extracted from Green bananas (native starch), the starch was modified chemically with sodium hypochlorite with a concentration of 1.5% (oxidized starch) and it proceeded to the preparation of starch films (native or oxidized), with glycerin, carboxymethylcellulose and acetic acid in different concentrations by the *Solvent casting* method, obtaining four treatments. The mechanical properties of the films were evaluated by stress tests (ASTM D882-12), bending (ASTM D790.10) and impact (ASTM D256-10). The modification of the starch in the treatment three and four allowed to improve the properties of tension (1,16 - 1,01 N / mm²) and flexion (3,10- 3,54 N / mm²). In terms of impact test the treatment with the best result (0.187 J) was T1. This research opens doors for future researches for obtaining bioplastics from starch obtained from reject bananas in the sub-region of Urabá, and is the beginning to think about looking for new alternatives for replacing non-biodegradable plastics in agricultural uses, especially in the banana cultivation.

Key words: bioplastic, starch, banana rejection, Urabá.

Introducción

El crecimiento en la producción y en el consumo de plásticos, sumado a su durabilidad, se ha convertido en un serio problema para el medio ambiente. El 99% del total de plásticos se produce a partir de combustibles fósiles provocando una excesiva presión sobre las ya limitadas fuentes de energía no renovables (Argenbio, 2015). La alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en unos residuos difíciles de eliminar convirtiéndose en un problema ambiental (Pacheco et al., 2014, p. 27).

Los polímeros sintéticos han sido ampliamente utilizados en todos los campos de la actividad humana, con el aumento de la población mundial crece también la demanda sobre la producción de alimentos, haciendo vital la búsqueda de estrategias que permitan cubrir dicha demanda sin hacer necesaria la expansión de la tierra cultivada. Actualmente se implementa la técnica del “mulching” o “acolchado” (cobertura de suelo plástica) que permite obtener un aumento en la producción y a su vez sirve para el control de malezas en fruticultura, horticultura y floricultura la cual ha dado excelentes resultados (Carluccio et al., 2012), el problema con la implementación de esta técnica es que las coberturas plásticas al ser de origen fósil son de lenta degradación. Los filmes o plásticos para acolchados constituyen la segunda aplicación en importancia (luego de invernaderos) por su volumen de los plásticos en las aplicaciones agrícolas. La superficie mundial bajo esta modalidad (mulching) es de 4.530.000 hectáreas (Berardocco, 2010, p. 6).

Es así como los plásticos utilizados en determinadas etapas de la producción en las diferentes agroindustrias se suman al consumo mundial anual de los plásticos sintéticos provenientes del petróleo de los cuales se reportan más de 200 millones de Ton, con un incremento anual del 5% (Siracusa et al., 2008, p. 634). La alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en unos residuos difíciles de eliminar convirtiéndose en un problema ambiental (Pacheco et al., 2014, p. 27).

Por lo tanto, desde la década de los 70's se ha dado mayor atención a los estudios sobre el desarrollo de materiales biodegradables (Lu et al., 2009, p. 366). Investigaciones recientes se han enfocado en el alivio del problema ambiental, principalmente por medio del desarrollo y uso de polímeros biodegradables. Entre los materiales biodegradables se encuentran la celulosa, el almidón, el poliláctico (PLA) y los poliésteres microbianos (PHAs), los cuales son

provenientes de fuentes renovables (Merchán et al., 2009, p. 39). El almidón es el principal polisacárido de reserva de los vegetales, se encuentra, principalmente, en semillas, frutos, legumbres, tubérculos y cereales (Latorre, 2008, p. 15). Este polisacárido ha sido considerado durante muchos años como un polímero con alto potencial para formar películas biodegradables, debido a que es un material de alta disponibilidad, bajo costo renovable y biodegradable (Stagner et al., 2012, p. 135).

En Colombia hay 47.272 Ha. en banano, en las zona bananera de Urabá se reporta 34.054 Ha., en Magdalena y Guajira se reportan 13.218 Ha (Augura, 2016); La producción bananera en Urabá genera alrededor de 250.000 Ton/año de banano de rechazo, de las cuales la tercera parte se destina al consumo interno como fruta fresca, otra parte se emplea como sustrato en la producción de fertilizantes orgánicos (compost) para el cultivo de la misma fruta y, una tercera parte continúa considerándose como residuo (Guevara et al., 2012; Yoshioka & Mosquera, 2007); son precisamente estos residuos los que pueden ser utilizados en procesos biotecnológicos para la producción de bioplásticos, ya que el banano en su estado inmaduro contiene entre un 70% y 80% de almidón (Soto, 2010, p. 195), lo que lo convierte en una excelente y abundante fuente para la extracción de almidón y su posterior transformación y usos en la mejora del rendimiento, la humedad y la fertilidad de suelos en camas para cultivos, a partir del uso de materiales compuestos biodegradables como acolchados.

Referente bibliográfico

Biopolímeros

Los biopolímeros, también conocidos como polímeros naturales o macromoléculas biológicas, las cuales se definen como aquellos que están contenidos en, y constituyen organismos vivos. Los principales polímeros de esta clase son las proteínas, los ácidos nucleicos y los polisacáridos. Los biopolímeros consisten en unidades estructurales repetitivas como ácidos aminos (proteínas), nucleótidos (ácidos nucleicos) y azúcar (polisacáridos), los cuales están enlazados por deshidratación (Pinilla, 2011, p. 23). Los biopolímeros naturales provienen de cuatro grandes fuentes: origen animal (colágeno/ gelatina), origen marino (quitina/ quitosano), origen vegetal (lípidos y grasas e hidrocoloides: proteínas y polisacáridos) y origen microbiano ácido poliláctico

(PLA) y polihidroxiclanoatos (PHA) (Tharanathan & Kittur, 2003).

Polisacáridos

Los polisacáridos forman uno de los grupos más importantes de compuestos macromoleculares. Estos compuestos forman los materiales estructurales y de reserva de la mayor parte de las plantas. Los polisacáridos están formados por muchas unidades de monosacáridos que constituyen cadenas largas (polímeros). Los polisacáridos más importantes son el almidón, la celulosa y la quitina, los polisacáridos son conocidos por su estructura compleja y diversidad funcional (Stawaskis & Jantas, 2003 citado por Villada et al., 2007, p. 184).

Celulosa

Es el principal componente de la pared celular de los vegetales. Se puede considerar como la molécula orgánica más abundante en la naturaleza. Es un polímero lineal de varios miles de glucosas unidas por enlaces (1 β -4). Tiene una estructura lineal o fibrosa, en la cual se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas, haciéndolas impenetrables al agua, y originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales (Reddy et al., 2013, p. 1659).

La celulosa natural se incrusta conteniendo fibras en matrices poliméricas biodegradables, se obtiene una nueva generación de materiales fibrosos conocidos como “biocompuestos”. Otro material derivado de la celulosa es el acetato de celulosa, el cual es un material termoplástico amorfo, traslúcido pertenece a la familia de los esteres; es obtenido introduciendo grupos acetilo en la celulosa (como algodón o fibras de madera) para producir un material plástico duro (Rubio & Guerrero, 2012, p. 176).

Quitina y Quitosano

Son elementos orgánicos producidos por invertebrados de agua dulce. En el medio salado son producidos fundamentalmente por crustáceos. La quitina es un biopolímero de N-acetilglucosamina y residuos de glucosamina que se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, y constituye la segunda sustancia más abundante en la misma, luego de la celulosa. Es un polisacárido no tóxico y biodegradable que forma una sustancia cornea y es el principal constituyente de exoesqueleto de insectos, crustáceos y arácnidos. El quitosano se encuentra en ciertos hongos pero se lo obtiene, por lo general,

desacetilando la quitina. Es el único biopolímero natural catiónico (López, 2010, p. 2).

El quitosano es, de hecho, un nombre colectivo que representa a una familia de quitinas acetiladas-de-N desacetilado en diferentes grados. Tanto la quitina / quitosano y sus derivados modificados encuentran amplias aplicaciones en la medicina, la agricultura, los alimentos y las industrias no alimentarias, así han surgido como una nueva clase de materiales fisiológicos de funciones altamente sofisticadas. Su versatilidad de aplicación es un gran reto para la comunidad científica y la industria. Todos estos son el resultado de su actividad biológica versátil, excelente biocompatibilidad y biodegradabilidad completa en combinación con su baja toxicidad (Tharanathan & Kittur, 2003).

La quitina y sus derivados son efectivos en el control de enfermedades y plagas vegetales. Sus mecanismos de acción están vinculados a su estructura química. Pueden actuar sobre el organismo patógeno, o inducir mecanismos resistentes a las plantas, contra varias enfermedades vegetales antes y después de la cosecha (Mármol et al., 2011; Ramírez et al., 2010).

Almidón

Es el principal polisacárido de reserva de los vegetales, se encuentra, principalmente, en semillas, frutos, legumbres, tubérculos y cereales. El almidón se sintetiza a partir de la glucosa generada en los procesos de fotosíntesis y se almacena en los amiloplastos. El contenido relativo de amilosa y amilopectina, así como las características de los granos, varía según la fuente del almidón (Latorre, 2008; Fang & Fowler, 2003). Este polisacárido ha sido considerado durante muchos años como un polímero con alto potencial para formar películas biodegradables, debido a que es un material de alta disponibilidad, bajo costo renovable y biodegradable (Stagner et al., 2012).

Hay muchos reportes acerca del uso de almidón como material industrial, su capacidad de gelificar permite moldearlo y formar películas (Rimsa & Tatarka, 2009). Este puede provenir del maíz, papa, trigo, sorgo, yuca, caña, frutos, entre otros y puede encontrarse en concentraciones entre el 30 y el 70 % de la composición polimérica (Tomka, 2000).

El almidón en su estado nativo (estado natural o que no ha sufrido ningún tipo de modificación) presenta ciertos inconvenientes que limitan su aplicación a nivel industrial, estas limitaciones se deben a su baja resistencia al esfuerzo cortante, degradación térmica,

alta retrogradación y sinéresis (Fang & Fowler, 2003). Para superar estas limitaciones y diversificar su aplicación, se realizan modificaciones químicas. La oxidación es un método de modificación química en el cual los grupos hidroxilo ($\text{OH}-$) de los carbonos C2, C3 y C6 de la unidad anhidroglucosa del almidón pueden ser sustituidos por grupos funcionales carbonilo (CHO) o carboxilo ($\text{COO}-$). Esta modificación permite obtener películas con mejores propiedades mecánicas que las que se obtienen con el almidón nativo, similares en propiedades mecánicas a los plásticos sintéticos, una vez que se mezclan con el quitosano para obtener películas compuestas (Zamudio-Flores & Bello- Pérez, 2013; Zamudio-Flores et al., 2010).

Según Long et al., (2008) algunos tipos de almidones modificados químicamente como el hidroxipropilado, tienen efectos positivos sobre las películas obtenidas a partir de éste, tales como aumento de la elongación y la resistencia al momento de ruptura, mayor flexibilidad, y, disminución de la permeabilidad al vapor de agua (Jansson & Järnström, 2009 citado por Enríquez et al., 2012, p. 184).

Por lo que las investigaciones más recientes se enfocan en las modificaciones del almidón, así como el manejo de la formulación de las sustancias (aditivos) necesarias para contrarrestar o evitar las limitaciones propias del almidón, con el fin de crear formulaciones filmogénicas capaces de generar películas cada vez más parecidas a las sintéticas controlando las propiedades de barrera al vapor de agua de las películas y su comportamiento mecánico con la finalidad de obtener materiales con diferentes posibilidades de aplicación (López, 2011).

Alginatos

Los alginatos son los polisacáridos más abundantes presentes en las algas marinas pardas (feofíceas), comprenden hasta 40% de su peso seco. Son los componentes estructurales de la pared celular de las algas, cuya función principal es dar rigidez, elasticidad, flexibilidad y capacidad de enlazar agua (Hernández et al., 2005). Los alginatos son extraídos principalmente de tres especies de algas, éstas incluyen *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum* y *Macrocystis pyrifera*. En su estado natural los alginatos se presentan como una mezcla de sales de cationes que comúnmente se localizan en el agua de mar, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ (Yabur et al., 2007).

En general, las aplicaciones de los alginatos se relacionan con su hidrofiliidad, su capacidad de formar geles y su biocompatibilidad. Tres de sus derivados son de importancia comercial: el alginato de sodio, el alginato de calcio y el alginato de propilenglicol. Su capacidad de formar geles es quizá su propiedad más resaltante, y la más explotada en la industria (Avendaño et al., 2013). Los alginatos tienen gran afinidad por cationes multivalentes, principalmente debido al efecto quelato de los bloques poligulurónicos del polímero, con lo cual se pueden formar geles por entrecruzamiento iónico. Los geles formados son resistentes a la temperatura, es decir, no se descomponen ni pierden su forma (Ayarza, 2014), tiene varias propiedades únicas que le han permitido a ser utilizado como una matriz para el atrapamiento y/o entrega de una variedad de agentes biológicos. (Gombotz & Wee, 2012, p. 194).

Proteínas

Una proteína es un copolímero al azar de diferentes aminoácidos. Generalmente, este biomaterial protéico se puede definir como una red polimérica estable 3D que se refuerza por interacciones hidrófobas y enlaces de hidrógeno. Las proteínas según su origen pueden ser clasificadas como proteínas vegetales (soja, guisante, canola, trigo) y proteínas animales (gelatina, suero de leche, caseína) (Verbeek & Van den Berg, 2010). Las proteínas globulares son solubles en agua y forman arreglos esféricos complejos; entre ellas están el gluten de trigo, la proteína de soja, la proteína del suero de leche y la caseína (Flieger et al., 2003).

Proteínas del suero lácteo

Las películas basadas en proteínas del suero cuando se procesa apropiadamente produce una película flexible, pero frágil con excelentes propiedades de barrera al O_2 (Tharanatha, 2003, Parzanese, 2013). Como solución a este inconveniente se detectó que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol. Para la fabricación de las películas y los recubrimientos se parte de un concentrado de proteínas al que se aplica calor para su desnaturalización (Verbeek & Van den Berg, 2010). La formación de la película con estas proteínas, se hace a través de enlaces moleculares disulfóxidos y anillos de hidrógeno (Villada et al., 2007).

Dentro de las primeras aplicaciones consideradas en fase de experimentación se puede nombrar su uso

como cobertura en productos sensibles al oxígeno, como nueces y maníes, para evitar su oxidación y prolongar su vida útil. También se investiga la formación de recubrimientos comestibles anti-moho para quesos, envases destinados a la leche en polvo y otros productos deshidratados, como barrera frente a la humedad y alternativas al colágeno de las coberturas empleadas en derivados cárnicos (Parzanese, 2013, p. 7).

Colágeno

Es el mayor constituyente de la piel, tendones y tejidos conectivos, y se encuentra extensamente distribuido en las proteínas fibrosas de los animales. Las películas de colágeno son usadas tradicionalmente en la preparación de envolturas comestibles. La gelatina resulta del hidrólisis parcial del colágeno, produce una película flexible y gruesa y las propiedades mecánicas mejoran cuando se utiliza cloruro de sodio (NaCl) en concentraciones bajas (Lee & Lucey, 2004).

Zeína:

Es una prolamina y la principal proteína de reserva del maíz. Se caracteriza por ser un material relativamente hidrofóbico y termoplástico por lo cual forman películas fuertes, con brillo, resistentes al ataque microbiano, insolubles en agua; con propiedades antioxidantes y capacidad de adhesión (Parzanese, 2013, Ghanbarzadeh et al., 2007).

Lípidos

Hoy en día los aceites vegetales son una de las fuentes más importantes en la síntesis de biopolímeros. Los aceites vegetales pueden ser obtenidos de plantas y, en su mayoría, están compuestos por triglicéridos. Entre los aceites de triglicéridos que se utilizan en la preparación de biopolímeros se encuentran el de linaza, girasol, higuera, soja y palma. Algunos tipos de polímeros preparados a partir de aceites de triglicéridos se enumeran a continuación: poliésteres, poliuretanos, poliamidas, resinas acrílicas, resinas epoxi y poliéster amidas (Valero et al., 2013).

Polihidroxialcanatos PHA

Los Polihidroxialcanatos de alto peso molecular (PHA) son poliésteres termoplásticos sintetizados por diversos organismos, que se almacenan en el citoplasma de la célula como inclusiones insolubles en agua, incluyendo microorganismos procariotes y algunas plantas, que los acumulan como reserva de

carbono y energía (Serrano, 2010, Sudesh et al., 2000), son producidos bajo condiciones desbalanceadas de cultivo, es decir, con exceso en la fuente de carbono y limitación en los elementos esenciales (N, S, O, P, Mg) (Anderson & Dawes, 1990).

Constituyen biopolímeros importantes por su capacidad para ser producidos a partir de fuentes renovables, así como por su biodegradabilidad. Identificados en 1926 por Maurice Lemoigne (Trotsenko & Belova; 2000; Anderson & Dawes, 1990). Estos polímeros tienen propiedades que van desde plásticos rígidos y frágiles a materiales similares al caucho. Debido a su biodegradabilidad inherente, PHAs son considerados como una fuente atractiva para la producción de plásticos y elastómeros no contaminantes que se puede utilizar para la especialidad y las materias primas productos (Poirier et al., 1995).

El tiempo que demora la degradación depende de la naturaleza propia del polímero, así como también las condiciones ambientales a las que sean expuestos, se ha observado degradación de los PHAs en gran cantidad de ambientes incluyendo aerobios, anaerobios, salinos, marinos y otros (Ojumu et al., 2004).

Los PHA exhiben pesos moleculares relativamente altos, características termoplásticas o elastoméricas y otras propiedades físicas y mecánicas que los hacen candidatos para varias aplicaciones en la industria de empaques, medicina, farmacia, agricultura y alimentos, o como materias primas para la síntesis de químicos enantioméricamente puros y para la producción de pinturas (Babel y Steinbüchel 2001 citado por González et al., 2013, p. 83).

Aplicaciones de los biopolímeros

Existen grandes avances en la utilización de polímeros biodegradables como el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxialcanatos (PHA), y otros materiales obtenidos a partir de recursos como almidones, celulosa o quitina, los cuales ya son aplicados, con resultados muy favorables, en productos como empaques para alimentos frescos, botellas para agua, lácteos y otras bebidas no carbonatadas, material de embalaje, películas para uso agrícola, fibras para textiles, utensilios desechables, material biomédico, entre muchos otros (Bioplastics Magazine, 2007 citado por Pinilla, 2011).

En el área específica de aplicación de plásticos en la agricultura, o plasticultura los polímeros son utilizados

para invernaderos, acolchados, películas para almacenamiento, solarización y protección de suelos, geomembranas, bolsas para protección de frutos, bolsas para vivero, películas para cerramiento tipo túnel y sistemas de riego (Riggi et al., 2011). Además de sus propiedades mecánicas o de barreras también son aprovechadas sus propiedades bactericidas, fungicidas, nematocidas, bioestimulantes e inducción de resistencia de biopolímeros como la quitina y el quitosano (Lárez, 2008, p. 1).

Pacheco et al., (2014), reportan varios productos actualmente fabricados a base de biopolímeros, así como algunas de las empresas que los fabrican actualmente, en la tabla 1 se observan los tipos de bioplásticos producidos en Europa.

Tabla 1. Tipos de bioplásticos, marcas y aplicaciones en Europa

Bioplástico	Manufactureros	Marca	Aplicación
Almidón	Limagrain Cereales	Biolice	Bolsas, charolas, papel para envolver, material de empaque (cacahuates)
	DuPont	Biomax	
	Stanelco	Biome	
	BIOP	BIOPAR	
	Biopolymer		
	Biotech	Bioplas	
	Cardia	Cardia	
	Bioplastics		
	Cerestech	Cereloy	
	Cereplast	Cereplast	
		Compostables	
	IGV	GETREX	
	Grace Biotech	GRACE Bio	
	Novamont	Mater-Bi	
	POLYDEN	Mulchfolie	
Celulosa	Foilenfabrik		Películas flexibles
	Plantic Technologies	Plantic	
	Starch Tec	Re-NEW	
PLA	Rodenburg	Solanyl	Contenedores rígidos Películas
	Biopolymers		
	Wenstus Kunststoff	Wenterra	
PLA	Clarifoil	Carifoil	Películas flexibles
	Innovia Films	Nature Flex	
PLA	fkuR	Bio-flex	Contenedores rígidos Películas
	Kunststoff		

Fuente: Adaptado de www.nnfcc.co.uk

Metodología

La investigación se realizó en el laboratorio de agrobiotecnología del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico-Sena, Urabá, es un desarrollo experimental utilizando un diseño factorial con 27 tratamientos, planteados a partir de la

necesidad de aprovechar los excedentes de la fruta “rechazo” en el denominado eje bananero.

Materiales

Para la extracción del almidón se utilizó banano verde de rechazo (*Musa sp.*) cultivado en el municipio de Apartadó, departamento de Antioquia. El proceso de extracción se llevó a cabo aplicando el procedimiento reportado por (Flores et al., 2004). Para la elaboración de las películas se utilizó glicerina 99% como plastificante, carboximetilcelulosa (CMC) grado alimenticio como material de refuerzo, ácido acético 99% como agente antimicrobiano. En la figura 1 se muestra la obtención de las primeras muestras de bioplástico según procedimientos realizados en laboratorio.



Obtención del material vegetal en campo y pelado de la fruta.



Troceado y secado del material y obtención del almidón



Primeras muestras de bioplástico obtenidas a partir de almidón de banano

Fuente: El autor

Figura 1. Proceso de obtención de bioplástico en condiciones de laboratorio.

Métodos

Preparación del almidón modificado

La modificación química del almidón se llevó a cabo con hipoclorito de sodio a una concentración del 1,5% según lo reportado por (Zamudio-Flores et al., 2006), en un proceso previo.

Preparación de las películas

Las películas fueron preparadas aplicando el método de *solvent casting* que consiste en realizar una mezcla de almidón, glicerina, carboximetilcelulosa y ácido acético a 2000 rpm por 2 minutos, la mezcla se llevó a cocción en una plancha calentadora hasta alcanzar 90°C durante 5 minutos y luego se vació en placas de vidrio, posteriormente se secó en un horno a 65°C. Las películas obtenidas por triplicado, se almacenaron a 60% HR Y 24°C hasta su posterior evaluación. En la tabla 2 se muestra la composición de cada uno de los tratamientos evaluados.

Tabla 2. Composición de los tratamientos

Numero tratamiento	Tipo de almidón (p/v)	Componentes		
		Glicerina (p/v)	Ácido acético (v/v)	Carboximetilcelulosa (CMC) (p/v)
T1	Almidón nativo 10%	5%	3,5%	0
T2	Almidón nativo 10%	5%	3,5%	1,25%
T3	Almidón oxidado 10%	5%	3,5%	1,25%
T4	Almidón oxidado	5%	3,5%	0

Pruebas de caracterización

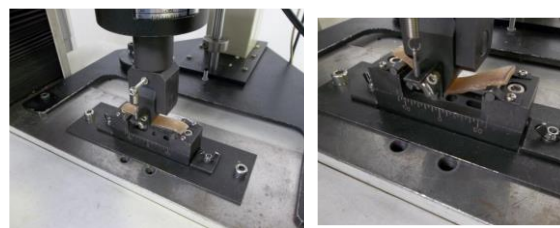
Las propiedades mecánicas de las películas se evaluaron mediante los siguientes ensayos. Los ensayos de tensión y flexión, se realizaron con una Máquina Universal de Ensayos marca Shimadzu® 5KN. Para el ensayo de tensión (figura 2) se utilizó una celda de carga de 1KN y la velocidad de cabezal del equipo se programó a 50 mm/min, como se sugiere en la “tabla 1” de la norma ASTM D882-12; las dimensiones de las probetas evaluadas fueron 2,3 mm de espesor, 16 mm de ancho y 50 mm de longitud calibrada. Para el ensayo de flexión (figura 3) se implementó una celda de carga de 1KN y la velocidad de cabezal del equipo se programó a 2,4 mm/min, como sugiere en el numeral 10.1.4 de la norma ASTM D790.10; las dimensiones de las probetas fueron 2,5

mm de espesor y 16 mm de ancho. El ensayo de impacto (figura 4) se realizó en una Máquina de Impacto Physical Test Solution - PTS, Model ITC-XJU-22. Para este ensayo se instaló un péndulo de 1,0 Jules; las dimensiones de las probetas fueron 3,5 mm de espesor, 16 mm de ancho y 22 mm de altura de la probeta en la zona de impacto. El instrumento con el que se registraron las dimensiones de las probetas, fue un Pie de Rey marca Mitutoyo, con una resolución de 0,05 mm.



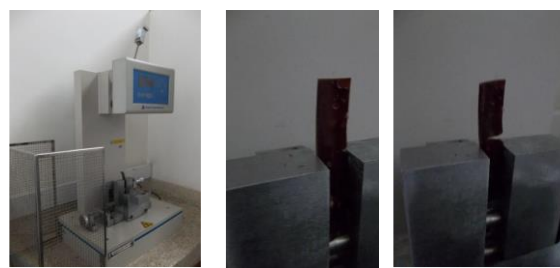
Fuente: Laboratorio interfacultades de ensayos mecánicos. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá

Figura 2. Imagen de la izquierda: Instalación de la Probeta. Imagen de la derecha: Probeta ensayada a Tensión.



Fuente: Laboratorio interfacultades de ensayos mecánicos. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá

Figura 3. Imagen de la izquierda: Instalación de la Probeta. Imagen de la derecha: Probeta ensayada



Fuente: Laboratorio interfacultades de ensayos mecánicos. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá

Figura 4. Imagen de la izquierda y centro: Instalación de la probeta. Imagen de la derecha: Muestra ensayada

Resultados y discusión

Después de elaborar las muestras de bioplástico en el Complejo y realizar las respectivas pruebas de ensayos de Tensión, Flexión e Impacto dirigidos por el laboratorio de ensayos mecánicos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, se pueden plantear los siguientes resultados presentados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultado de pruebas de ensayos de Tensión, Flexión e Impacto elaborados por el laboratorio de ensayos mecánicos

Tratamientos			Tensión				Flexión				Impacto	
T	Alm	C M C	Fmá x (N)	Des p (mm)	Esf max (N/mm ²)	Def Max (%)	Fmá x (N)	Des p (mm)	Esf max (N/mm ²)	Def Ma x (%)	Energía (J)	
1	0	0	27,1 0	5,13	0,74	10,2 5	3,20	25,9 2	2,89	10,8 0	0,11	
1	0	0	25,6 0	4,04	0,69	8,08	3,00	27,6 8	2,68	11,5 3	0,29	
1	0	0	33,5 0	10,6 2	0,91	21,2 4	3,90	29,2 2	3,48	12,1 8	0,22	
1	0	0	39,7 0	16,1 0	1,08	32,2 0	2,30	26,7 2	2,04	11,1 3	0,22	
1	0	0	39,6 0	11,9 2	1,08	23,8 4	4,60	17,4 1	4,11	7,25	0,10	
Promedio			33,1 0	9,56	0,90	19,1 2	3,40	25,3 9	3,04	10,5 8	0,19	
Desviación			6,67	4,99	0,18	9,98	0,88	4,63	0,79	1,93	0,08	
2	0	1	38,1 0	23,2 2	1,04	46,6 3	3,00	30,7 2	2,70	12,8 0	0,11	
2	0	1	31,6 0	18,5 6	0,86	37,1 2	2,70	27,8 8	2,43	11,6 2	0,14	
2	0	1	30,2 0	18,7 3	0,82	37,4 7	3,00	31,4 5	2,74	13,1 1	0,08	
2	0	1	26,1 0	10,2 6	0,71	20,5 3	2,50	26,2 5	2,28	10,9 4	0,15	
2	0	1	26,3 0	11,7 8	0,72	23,5 6	3,40	30,1 0	3,05	12,5 0	0,11	
Promedio			30,4 6	16,5 1	0,83	33,0 6	2,92	29,2 6	2,64	12,1 9	0,12	
Desviación			4,90	5,38	0,13	10,8 1	0,34	2,15	0,30	0,89	0,03	
3	1	1	46,2 0	14,3 2	1,25	28,6 3	3,10	26,0 6	2,78	10,8 6	0,15	
3	1	1	41,8 0	17,9 6	1,14	35,9 2	3,70	27,3 6	3,30	11,4 0	0,13	
3	1	1	45,5 0	23,8 9	1,24	47,7 8	3,40	24,8 2	3,02	10,3 4	0,18	
3	1	1	40,8 0	16,2 8	1,11	32,5 7	3,80	26,2 7	3,39	10,9 5	0,20	
3	1	1	38,4 0	16,7 7	1,04	33,5 4	3,40	28,9 5	3,03	12,0 6	0,22	
Promedio			42,5 4	17,8 4	1,16	35,6 9	3,48	26,6 9	3,10	11,1 2	0,18	
Desviación			3,27	3,63	0,09	7,25	0,28	1,55	0,24	0,65	0,04	
4	1	0	47,2 0	24,3 8	0,94	29,6 3	3,79	26,0 6	3,45	9,96	0,15	
4	1	0	45,8 0	17,9 6	1,14	34,2 2	3,96	24,1 6	3,67	10,4 3	0,16	
4	1	0	43,5 0	23,8 9	0,94	47,7 8	3,70	23,8 2	3,35	9,94	0,14	

4	1	0	45,8 0	25,2 8	1,11	32,7 7	3,89	24,2 7	3,78	10,2 5	0,16	
4	1	0	40,4 0	26,6 4	0,94	34,8 4	3,70	26,4 5	3,47	12,0 6	0,14	
Promedio			44,5 4	23,6 3	1,01	35,8 5	3,81	24,9 5	3,54	10,5 3	0,15	
Desviación			2,67	3,34	0,10	6,97	0,12	1,21	0,13	0,88	0,01	

*Alm= Almidón; CMC= Carboximetilcelulosa; Fmax= Fuerza máxima, Desp= Desplazamiento; Esfmax= Esfuerzo máximo; DefMax= Deformación máxima

Se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos al biopolímero según las mezclas realizadas para cada prueba (tensión, flexión e impacto) donde se pudo observar valores de significancia mayores a 5%; en la prueba de tensión específicamente para las variables de fuerza máxima, desplazamiento, esfuerzo máximo y deformación máxima con valores de 0.054, 0.329, 0.157 y 0.917 respectivamente, lo cual significa que no existe una diferencia significativa entre tratamientos por lo cual se corrobora la hipótesis nula indicando que los tratamientos son iguales.

De igual manera se presenta valores mayores de significancia 5% para la prueba de flexión en cada uno de los tratamientos y variables de 0.529, 0.440, 0.673 y 0.540 respectivamente, de igual manera la prueba de impactos presenta un valor de 0.824 lo que indica que para ambas pruebas se acepta la hipótesis nula en donde se observa que los tratamientos son iguales, además la presencia de Carboximetilcelulosa -CMC no presenta ventaja estadística en ninguna de las pruebas, ya que al analizar los valores de significancia de estos compuestos todos son mayores al 5%.

Teniendo en cuenta que no se encuentra diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos, se procede a analizar los promedios presentados en la tabla 3, se observa que el tratamiento 3 presento mejores propiedades en cuanto a los ensayos de tensión, en donde se evaluaron fuerza máxima, desplazamiento, esfuerzo máximo y deformación máxima con valores de 42,54 N, 17,84mm, 1,16n/mm² y 35,69% respectivamente, siendo inferior al reportado por Navia et al., (2013), que lograron resultados de resistencia última al esfuerzo de tensión y flexión de 1,8 ± 0,2 MPa y 3,5 ± 0,2 MPa, respectivamente en películas de almidón de yuca variedad MPER 183; mientras que López et al., (2014), evaluaron el uso potencial de la cáscara de banano verde de rechazo en la elaboración de un bioplástico, obteniendo esfuerzos de 0.5994 MPa (bioplástico) inferiores a los alcanzados en la presente investigación, aunque los promedios más bajos los presentaban los tratamientos 1 y 2 en donde el almidón utilizado no se encontraba oxidado, lo que indica que

al utilizar almidón oxidado aumenta las características de tensión.

En general, la adición de almidón oxidado provocó un aumento en la tensión y redujo la deformación de todas las formulaciones, indicando una interacción química de niveles de oxidación del almidón. Existen algunas publicaciones que respaldan el argumento de la interacción existente entre los grupos carboxilos del almidón oxidado con los grupos de otras moléculas los cuales refuerzan la estructura de la película (Zamudio-Flores et al., 2010; Wu et al., 2010). De acuerdo a la aplicación del almidón modificado, se preferirá que el contenido de grupos carboxilo sea máximo ya que éstos influyen en la estabilización de las moléculas de amilosa y en la minimización de la retrogradación (Parovuori et al., 1995).

Analizando los resultados de flexión en la tabla número 3, al tratarse de la fuerza máxima se observa que es necesario implementar menos fuerza en los tratamientos 2 y 1, 2,92 N y 3,40 N respectivamente, indicando que estas mezclas permiten o le dan características de elasticidad, es importante destacar el comportamiento de los datos al estudiar los dos tipos de almidones por separado, para el almidón nativo al igual que el oxidado los tratamientos con presencia de Carboximetilcelulosa- CMC, su promedios son menores a los tratamientos que no tienen en sus mezcla CMC; de igual manera se observa los tratamientos sin CMC 1 y 4 presenta valores menores en desplazamientos a los tratamientos 2 y 3 29,26mm y 26,69 mm respectivamente, indicando la facilidad de expansión del polímero conferido por la CMC, ya que algunos compuestos cumplen la función de extensores dentro de la mezcla. En la mayoría de las pastas para biopolímeros se recomiendan agentes espesantes como los polisacáridos carboximetilcelulosa e hidroxietilcelulosa (Andersen & Hodson, 1997). Según Meneses et al., (2007), en una investigación realizada con almidón de yuca, el material que presenta las mejores propiedades es el que proviene de Almiyuca 2, con una resistencia a la tracción de 3,249 MPa, la cual es superior a la encontrada en esta investigación, los mismos autores además concluyen que la inclusión de aditivos al plástico es importante, debido a que mejora su desempeño. Por esto es fundamental a la hora de adicionar productos al plástico tener en cuenta su composición, su toxicidad y su degradabilidad, ya que todo insumo que se adicione al polímero debe ser biodegradable y ambientalmente asimilable, con el objeto de que no entorpezca el comportamiento final del plástico después de ser desechado.

En cuanto a la prueba de impacto el tratamiento 1 fue el que presento mejor resultado 0.187 J/m. Resultando inferior al reportado por Navia et al., (2013), que fue de $21,2 \pm 0,1$ J/m con almidón de yuca. En la composición de las películas de los tratamientos de esta investigación se incluyó carboximetilcelulosa, ya que según Ghanbarzadeh, et al., (2010), la adición aumenta la resistencia a la tensión de las películas obtenidas, lo que no se evidenció en los resultados obtenidos en esta investigación puesto que al comparar resultados de los ensayos de tensión el T2 (0, 83 N/mm²) con el T1 (0, 9 N/mm²), este último presentó mejores resultados. El ensayo T3 que contenía el almidón oxidado fue el que arrojó mejores resultados en esta evaluación.

La mayoría de los plásticos, en la actualidad, son a base de petróleo y no se degradan durante muchas décadas en condiciones ambientales normales. Como resultado, desde hace varias décadas se han desarrollado investigaciones para la fabricación de plásticos biodegradables “plásticos verdes”, evaluando diversas fuentes renovables, como los biopolímeros (almidón, proteínas, celulosa, PHA's, PHB's, entre otros) para la producción de estos, logrando así, que los esfuerzos dirigidos hacia la protección del medio ambiente y el desarrollo de productos con diversas aplicaciones comerciales, hayan adquirido un impulso significativo en los últimos años. También, debido a la dificultad para el procesamiento de los biopolímeros, muchos estudios se han dado en función de lograr mezclas entre biopolímeros y otros aditivos para reforzar los materiales plásticos mejorando sus propiedades mecánicas y de barrera, facilitar el procesamiento de estos, y así aplicar el método más eficiente para la producción industrial (extrusión) de los mismos (Zamudio-Flores et al., 2015; Verbeek & Van den Berg, 2010; Ban et al., 2006; Lodha & Netravali, 2005; Avérous, 2004; Fang & Fowler, 2003; Rouilly & Rigal, 2002; Zhong & Sun, 2001; Otaigbe et al., 1999; Jane et al., 1994, Otey & Mark, 1976). En la figura 5 se muestra las primeras muestras de bioplástico obtenidas a partir de almidón de banano y otros compuestos, proceso que debe ser sometido a mejorar de acuerdo a los resultados preliminares de las pruebas de tensión, flexión e impacto.



Fuente: El autor

Figura 5. Bioplástico obtenido en condiciones de laboratorio del Complejo

Esta investigación es el primer avance que se hace en la subregión de Urabá respecto al aprovechamiento de los excedentes de banano “fruta de rechazo” para la producción de un bioplástico, lo cual se debe seguir explorando teniendo en cuenta los resultados aquí planteados y las potencialidades que puede tener el producto para usos agrícolas, como es el embolsado de racimos en banano, identificación de la fruta, acolchado “mulch” para suelos, bolsas para vivero, entre otros. Es necesario continuar con la investigación haciendo otro tipo de mezclas y nuevas pruebas con el fin de encontrar el procedimiento ideal que pueda ser sometido a procesos de extrusión.

Conclusiones y recomendaciones

- La preparación de la película plástica con almidón oxidado permite mejorar las propiedades mecánicas de tensión y flexión según los resultados obtenidos de esta investigación, sin embargo, estadísticamente no hay diferencias para ninguno de los tratamientos en referencia a las pruebas de ensayo realizadas, lo que implica

continuar con las investigaciones para desarrollar nuevos materiales de bioplástico.

- Luego de la medición de las propiedades del polímero obtenido a partir del almidón, puede concluirse que es viable realizar un producto que no requiera una resistencia a la tracción muy alta y no debe estar expuesto al agua ni a unas condiciones de humedad elevadas; por lo tanto, la potencial fabricación de bolsas plásticas es uno de los usos que podrían darse al polímero como iniciativa para sustituir un producto cuya generación de residuos es masiva, con el fin de tratar de solucionar la no biodegradabilidad de los plásticos convencionales.
- La subregión de Urabá cuenta con una abundante fuente de materia prima para la obtención de almidón de banano verde de rechazo y posterior transformación en un bioplástico con aplicaciones agrícolas. El almidón como único componente para la elaboración de bioplásticos dificulta su transformación, por lo que se hace necesaria la incorporación de plastificantes. Además, se hace necesaria la incorporación de un material de refuerzo que permita que la matriz obtenida con solo almidón sea reforzada y mejore propiedades mecánicas como la resistencia a la fuerza.
- Los materiales plásticos obtenidos en esta investigación presentaron ciertos inconvenientes debido a la falta de los equipos adecuados para su elaboración, por lo que recomendamos para el procesamiento de los componentes una extrusora de doble tornillo que permitirá alcanzar los valores necesarios de temperatura y homogenización de los componentes.

Referentes bibliográficos

- Andersen, P. J. & Simon K. Hodson. (1997). *Starch-based compositions having uniformly dispersed fibers used to manufacture high strength articles having a fiber-reinforced, starch-bound cellular matrix*. US Patent 5,679,145, 1997. Recuperado de <https://www.google.com/patents/US5679145> [Noviembre 10, 2017]
- Anderson, A.J. & Dawes, E. A. (1990). *Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates*. Microbiological reviews. Vol. 54(4). pp. 450-472. Recuperado de:



- <http://mmbr.asm.org/content/54/4/450.short> [Junio 3, 2015]
- Argenbio. (2015). *Por qué Biotecnología*. Recuperado de: <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=48> [Junio 3, 2015]
- Avendaño, G; López, A. & Palou, E. (2013). *Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos*. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol. 7(1). pp.87-96. Recuperado de: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Avendano-Romero-et-al-2013.pdf> [Junio 4, 2015]
- Avérous, L. (2004). *Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review*. Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews. Vol. 44. pp.231-274. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/MC-200029326>. [Enero 12, 2015]
- Ayarza, J. (2014). *Los alginatos: 20000 usos de las algas submarinas*. Revista Química PUCP. Perú. Vol. 28 (1-2). pp.19-23. ISSN: 1012-3946. Recuperado de: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/viewFile/10413/10863> [Junio 4, 2015]
- Ban, W., Song, J. & Argyropoulos, D. S. (2006). *Improving the physical and chemical functionality of starch-derived films with biopolymers*. Journal of Applied. Vol. 100 (3). pp. 2542-2548. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.23698/full>. [Mayo 2, 2015]
- Berardocco, H. G. (2010). *Acolchado plástico*. Departamento técnico Inplex Venados S A. Recuperado de: www.inplexvenados.com. [Agosto 13, 2015]
- Carluccio, C., Lenscak, M., Pabelo, M; Colombo, M., Cáceres, S., Molina, N., Scaglia, E. & Pernuzzi, C. (2012). *Desarrollo Actual de los Cultivos Protegidos en la República Argentina*. Recuperado de: <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2008/10/cultivos-forzados-en-la-argentina-no-actualizado.pdf> [Septiembre 13, 2015]
- Enríquez, M., Velasco, R. & Ortiz, V. (2012). *Composición y Procesamiento de Películas Biodegradables Basadas en Almidón*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 10 N° 1. pp.182 – 192. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf> [Junio 13, 2015]
- Fang, J. & Fowler, P. (2003). *The use of starch and its derivatives as biopolymer sources of packaging materials*. Journal of Food Agriculture and Environment. Vol. 1 (3&4). pp.82-84. Recuperado de: http://world-food.net/download/journals/2003-issue_3%264/food-15.pdf [Abril 6, 2015]
- Flieger, M., Kantorova, M., Prell, A. Řezanka, T. & Votruba, J. (2003). *Biodegradable plastics from renewable sources*. Folia microbiológica. Vol. 48 (1). pp.27-44. Recuperado de: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02931273#page-1> [Agosto 14, 2015]
- Flores, E., García, F., Flores, E., Nuñez, M., González, R. & Bello, L. (2004). *Rendimiento del proceso de extracción de almidón de frutos de plátano (Musa paradisiaca). Estudio en planta piloto*. Acta Científica. Venezuela. Vol. 55. pp.86-90. Recuperado de: http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-55042004000100011&lng=es&nrm=i [Junio 13, 2015]
- Ghanbarzadeh, B., Oromiehie, A. R., Musavi, M., Falcone, P. M. & Rad, E. R. (2007). *Study of mechanical properties, oxygen permeability and AFM topography of zein films plasticized by polyols*. Packaging Technology and Science. Vol. 20 (3). pp.155-163. DOI: 10.1002/pts.750 [Junio 12, 2015]
- Ghanbarzadeh, B. Almasi, H. & Entezami, A. A. (2010). *Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films*. Innovative Food Science & Emerging Technologies. Vol. 11 (4). pp.697-702. DOI: 10.1016/j.jfset.2010.06.001 [Junio 12, 2015]
- Gombotz, W. R & Wee, S. F. (2012). *Protein release from alginate matrices*. Advanced Drug Delivery Reviews. Vol. 64. pp.194-205. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169409X12002670> [Junio 12, 2015]
- González, Y; Meza, J. González, O. & Córdova, J. (2013). *Síntesis y biodegradación de*

- polihidroxicanoatos: plásticos de origen microbiano*. Contaminación Ambiental. Vol. 29 (1). pp.77-115. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n1/v29n1a7.pdf> [Mayo 6, 2015]
- Guevara, C. A., Arenas, H. A., Mejía, A & Peláez, C. A. (2012). *Obtención de etanol y biogás a partir de banano de rechazo*. Información tecnológica. Vol. 23(2). pp.19-30. ISSN 0718-0764. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000200004> [Julio 1, 2015]
- Hernández, M., López, G. & García, A. (2005). *Evaluación de derivados carboximetilados del alginato de sodio como superabsorbente*. Revista Cubana de Química. Vol. 17(3). pp.239-240. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543687096> [Enero 12, 2015]
- Jane, J., Lim, S; Paetau, I., Spence, K. & Wang, S. (1994). *Biodegradable plastics made from agricultural biopolymers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. Recuperado de: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?request_locale=es&recordID=US9620605&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField= [Enero 13, 2015]
- Latorre, L. (2008). *Análisis Estructural y Modificación Funcional de la Glucoamilasa de Saccharomyces cerevisiae var. diastaticus*. Tesis Doctoral. Universitat de València. Departamento de Bioquímica & Biología Molecular. Recuperado de: <http://www.tesisenxarxa.net/handle/10803/9556;jsessionid=B1C6BC7F65128D6C9871873B3D80BB8A.tdx1> [Junio 14, 2015]
- Lárez, C. (2008). *Algunas de las potencialidades de la quitina y el quitosano para uso relacionado con la agricultura en Latinoamérica*. 22p. Recuperado de: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08002> [abril 23, 2015]
- Lee, W. J. & Lucey, J. A. (2004). *Structure and physical properties of yogurt gels: Effect of inoculation rate and incubation temperature*. Journal of dairy science. Vol. 87 (10). pp. 3153-3164. Recuperado de: [http://doi10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73450-5](http://doi10.3168/jds.S0022-0302(04)73450-5) [Abril 23, 2015]
- Lodha, P. & Netravali, A. N. (2005). *Thermal and mechanical properties of environment-friendly 'green' plastics from stearic acid modified-soy protein isolate*. Industrial Crops and Products. Vol. 21 (1). pp.49-64. Recuperado de: <http://doi10.1016/j.indcrop.2003.12.006> [Abril 23, 2015]
- López, J., Cuarán, J., Arenas, L. & Flórez, L. (2014). *Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales-RECIA-SENA. Vol. 1. pp.7-21. ISSN 2422-4456. Recuperado de: <http://www.metarevistas.org/index.php/recia/article/view/109> [Abril 23, 2015]
- López, N. (2010). *Extracción biotecnológica de quitina para la producción de quitosanos: caracterización y aplicación*. Food and Nutrition. Universite Claude Bernard - Lyon I. Universidad Autónoma Metropolitana. 160p. Recuperado de: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00807945/document> [Abril 23, 2015]
- López, O. (2011). *Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. La Plata. 263p. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2651> [Abril 26, 2015]
- Lörcks J. (1998). *Polymer Degradation and Stability*. Vol. 59. Pp.245-249. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391097001687> [Abril 24, 2015]
- Lu, D; Xiao, C. & Xu, S. (2009). *Starch-based completely biodegradable polymer materials*. Express polymer letters. Vol. 3 (6). pp.366-375. DOI: 10.3144/expresspolymlett.2009.46 [Abril 23, 2015]
- Meneses, J., Corrales, C. M. y Valencia, M. (2007). *Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca*. Rev. EIA. Esc. Ing. Antioq. N°8 Envigado July/Dec. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006 [Noviembre 20, 2017]
- Mármol, Z., Páez, G; Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C; Chandler, C & Gutiérrez, E. (2011). *Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de*

sus aplicaciones/Chitin and Chitosan friendly polymer. A review of their applications. Revista Tecnocientífica URU. Vol. 1. pp.53-58. Recuperado de: <http://200.35.84.134/ojs-2.4.2/index.php/rtcu/article/view/20/16> [Abril 26, 2015]

Navia, D; Villada, H; Ayala, A. (2013). *Evaluación mecánica de Bioplásticos semirrígidos elaborados con harina de yuca.* Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición Especial No. 2. pp.77- 84. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11n_esp09.pdf [Abril 28, 2015]

Otaigbe, J. Goel, H. Babcock, T & Jane, J. (1999). *Processability and Properties of Biodegradable Plastics Made from Agricultural Biopolymers.* Journal of Elastomers and Plastics. Vol. 31 (1). pp.56-71. Recuperado de: <http://jep.sagepub.com/content/31/1/56.short?rss=1&ssource=mfr> [Abril 2, 2015]

Otey, F. H., & Mark, A. M. (1976). U.S. Patent No. 3,949,145. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Recuperado de: <https://www.google.com/patents/US3949145> [Abril 2, 2015]

Pacheco, G., Flores, N., Rodríguez, R. (2014). *Bioplásticos.* Departamento de Biología Molecular y Biotecnología. Instituto de Investigaciones Biomédicas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Biotecnología. Vol. 18(2). pp.27-36. Recuperado de: http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2014_2/bioplasticos.pdf [Marzo 4, 2015]

Parovuori, P., Hamunen, A., Forssell, P., Autio, K., & Poutanen, K. (1995). *Oxidation of Potato Starch by Hydrogen Peroxide.* Starch, 47(1). Pp.19-23. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1002/star.19950470106>. [Noviembre 11, 2017]

Parzanese, M. (2013). *Películas y recubrimientos comestibles ficha N° 7.* Alimentos Argentinos-MinAgri. 11p. Recuperado de: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_07_PelículaComestible.pdf [marzo 24, 2015]

Pinilla, A. (2011). *Efecto del quitosano en la resistencia al envejecimiento de películas de biopolímeros*

obtenidos a partir de almidón de yuca reforzado con arcillas modificadas. Tesis de Maestría en Ingeniería de Materiales. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería físico-químicas. Bucaramanga. Recuperado de: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7670/2/141034.pdf> [Marzo 22, 2015]

Poirier, Y; Nawrath, C & Somerville, C. (1995). *Production of polyhydroxyalkanoates, a family of biodegradable plastics and elastomers, in bacteria and plants.* Nature Biotechnology. Vol. 13 (2). pp.142-150. Recuperado de: <http://www.nature.com/nbt/journal/v13/n2/abs/nbt0295-142.html> [Marzo 24, 2015]

Ramírez, M., Rodríguez, A., Alfonso, L. & Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. Biotecnología aplicada. Vol.27(4). pp. 270-276. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-28522010000400002 [Marzo 28, 2015]

Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K. & Mohanty, A. K. (2013). *Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities.* Progress in Polymer Science. Vol. 38(10). pp.1653-1689. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2013.05.006 [Marzo 18, 2015]

Riggi, E., Santagata, G. & Malinconico, M. (2001). *Bio-based and biodegradable plastics for use in crop production.* Recent Pat Food Nutr Agric. Vol. 3 (1). P. 49-63. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21114467> [agosto 21, 2015]

Rimsa, S., & Tatarka, P. (2009). U.S. Patent No. 7,517,924. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Recuperado de: <http://www.google.co.ug/patents/US7517924> [Agosto 21, 2015]

Rivera, L; Nevárez, G. (2009). *Fuentes de carbono económicas para la producción de bioplásticos bacterianos.* TECNOCENCIA. Chihuahua. Vol. 3(2). pp.58-63. Recuperado de: http://tecnocencia.uach.mx/numeros/v3n2/data/Fuentes_de_carbono_economicas_para_la_produccion_de_bioplasticos_bacterianos.pdf [Agosto 21, 2015]



- Rosales, J. (2008). *Comportamiento de un Copoliéster Alifático-Aromático Biodegradable como acolchado en la producción de Piña (Ananas comosus L.)*. Universidad EARTH. Costa Rica. 41p. Recuperado de: [http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/ColeccionVirtual/pdf/PG33-2008_RosalesJ\[1\].pdf](http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/ColeccionVirtual/pdf/PG33-2008_RosalesJ[1].pdf) [Agosto 21, 2015]
- Rouilly, A. & Rigal, L. (2002). *Agro-materials: a bibliographic review*. Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews. Vol. 42 (4). pp. 441-479. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/MC-120015987>. [Mayo 11, 2015]
- Rubio, M. & Guerrero, J. (2012). *Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables*. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Vol. (6-2). pp. 175-181. Recuperado de: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf> [Agosto 21, 2015]
- Serrano, Y. (2010). *Polihidroxialcanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos. Una solución frente a la contaminación del medio ambiente*. Teoría y Praxis Investigativa. Vol. 5 (2). pp.79-84. Recuperado de: <http://web.udlap.mx/dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3702404.pdf> [Julio 1, 2015]
- Segura, D., Noguez, R., Espín, G. (2007). *Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables*. México. 12p. Recuperado de: http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/30542702/capitulo_31.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1483141043&Signature=ibtBkcGEZQn4DLaTMhuUXHcEO54%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DContaminacion_ambiental_y_bacterias_prod.pdf [Julio 8, 2015]
- Siracusa, V; Rocculi, P; Romani, S & Dalla Rosa, M. (2008). *Biodegradable polymers for food packaging: a review*. Trends in Food Science & Technology. Vol. 19 (12). pp.634-643. Doi: 10.1016/j.tifs.2008.07.003 [Julio 1, 2015]
- Soto, V. (2010). *Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (Musa cavendishii) y banana verde (Musa paradisíaca)*. Revista Bolivariana de Química. Vol. 27. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Bioquímica y Farmacia. Cochabamba-Bolivia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339674004> [Julio 5, 2015]
- Sudesh, K; Abe, H & Doi, Y. (2000). *Synthesis, structure and properties of polyhydroxyalkanoates: biological polyesters*. Progress in Polymer Science. Vol. 25 (10). pp. 1503-1555. DOI: 10.1016/S0079-6700(00)00035-6 [Julio 8, 2015]
- Stagner, J. A., Dias, V. & Narayan, R. (2012). *Application and Performance of Maleated Thermoplastic Starch-Poly (butylene adipate-co-terephthalate) Blends for Films*. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 126. pp.135-142. DOI 10.1002/app.34876 [Septiembre 5, 2015]
- Tharanathan, R.N. & Kittur, F. S. (2003). *Chitin — The Undisputed Biomolecule of Great Potential*. Food Science and Nutrition. Vol. 43 (1). pp. 61-87. DOI: 10.1080/10408690390826455 [Septiembre 5, 2015]
- Tomka, I. (2000). *U.S. Patent No. 6,117,925*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Recuperado de: <http://es.patents.com/us-6117925.html> [Septiembre 5, 2015]
- Trotsenko, Y & Belova, L. (2000). *Biosynthesis of poly (3-Hydroxybutyrate) and poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) and its regulation in bacteria*. Microbiology. Vol.69 (6). pp.635-645. Recuperado de: <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1026641821583#page-1> [Septiembre 8, 2015]
- Valero, M., Ortegón, Y. & Uscategui, Y. (2013). *Biopolímeros: avances y perspectivas*. Dyna. Vol. 80 (181). pp.171-180. Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/1677423272?pq-origsite=gscholar> [Septiembre 8, 2015]
- Verbeek, C. & Van den Berg, L. (2010). *Extrusion Processing and Properties of Protein-Based Thermoplastics*. Macromolecular Materials and Engineering. Vol. 295 (1). pp.10-21. DOI: 10.1002/mame.200900167 [Septiembre 9, 2015]
- Villada, H., Acosta, H. y Velasco, R. (2007). *Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables*. Temas Agrarios. Vol. 12. (2). pp. 5-13. Recuperado de:



<http://revistas.unicordoba.edu.co/ojs/index.php/temasagrarios/article/view/440> [Septiembre 8, 2015]

- Wu, H., Liu, C., Chen, J., Chen, Y., Anderson, D. P. & Chang, P. R (2010). *Oxidized pea starch/chitosan composite films: Structural characterization and properties*. J. Appl. Polym. Sci., 118 (5), pp.3082-3088. Recuperado de <http://www.agr.gc.ca/eng/abstract/?id=2059400000117> [Noviembre 10, 2017]
- Yabur, R., Bashan, Y. & Hernández, G. (2007). *Alginate from the macroalgae Sargassum sinicola as a novel source for microbial immobilization material in wastewater treatment and plant growth promotion*. Journal of Applied Phycology. Vol. 19(1). pp.43-53. DOI:10.1007/s10811-006-9109-8 [Septiembre 10, 2015]
- Yoshioka, I. C. & Mosquera, Y. (2007). *Proceso de compostaje de los residuos orgánicos*. Augura-SENA-Banatura. Medellín. 30p. [Octubre 1, 2015]
- Zamudio-Flores, P. B., Vargas-Torres, J. Pérez-González, E. Bosquez-Molina, A. & Bello-Pérez, L. A. (2006). *Films prepared with oxidized banana starch: Mechanical and barrier properties*. Starch/Stärke 58: pp.274-282. Recuperado <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.200500474/full> [Marzo 12, 2017]
- Zamudio-Flores, P. B., Vargas-Torres, A., Salgado-Delgado, R., Bello-Pérez, L. A. (2010). *Influence of the oxidation and acetylation of banana starch on the mechanical and water barrier properties of modified starch and modified starch/chitosan blend films*. Journal of applied polymer science. Vol. 115 (2). pp. 991-998. Recuperado de: DOI: 10.1002/app.31047 [Octubre 1, 2015]
- Zamudio-Flores, P. & Bello-Pérez, L. (2013). *Elaboración y caracterización de películas de glicoproteínas obtenidas mediante reacción de Maillard utilizando almidón acetilado y aislado proteico de suero lácteo*. Revista mexicana de ingeniería química. Vol.12 (3). pp.401-413. ISSN 1665-2738. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382013000300004 [Septiembre 10, 2015]
- Zamudio-Flores, P. B., Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J., Tirado-Gallegos, J. M.; Bello-Pérez, L. A.; Rubio-Ríos, A. & Cárdenas-Felix, R. G. (2015). *Caracterización fisicoquímica, mecánica y estructural de películas de almidones oxidados de a vena y plátano adicionadas con betalaínas*. Agrociencia. Vol. 49. N° 5. Julio-agosto. 2015, pp. 483-498. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/302/30240678002.pdf> [Noviembre 11, 2017]
- Zhong, Z. & Sun, X. (2001). *Properties of soy protein isolate/polycaprolactone blends compatibilized by methylene diphenyl diisocyanate*. Polymer. Vol. 42 (16). pp.6961-6969. Recuperado de: DOI: 10.1016/S0032-3861(01)00118-5. [Septiembre 10, 2015]

**Las ventas por el sistema de catálogos en el municipio de Apartadó, una alternativa para las mujeres cabeza de familia****Sales through the catalog system in the municipality of Apartadó, an alternative for female heads of household**

Andrés Fernando Jiménez Mejía. *Instructor de la Red Comercio y ventas. Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico. SENA. E-mail: andresjmejia@misena.edu.co*

Darío Enrique Oquendo Gómez. *Líder de la Red Administrativa y Financiera. Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico. SENA. E-mail: doquendo@sena.edu.co*

Recibido: agosto 13 de 2017. Aceptado: diciembre 11 del 2017

Resumen

En este documento se da a conocer el proyecto de investigación relacionado con la venta por el sistema de catálogos en la zona Urbana, municipio de Apartadó-Antioquia, realizado por el semillero de investigación en mercadeo y ventas - Simark; semillero conformado por aprendices e instructores de la red de Comercio y ventas del Complejo Tecnológico, Agroindustrial, Pecuario y Turístico- SENA. El objetivo general de esta investigación consistió en identificar el mercado compuesto por los vendedores que ejercían las ventas por el sistema de catálogos en la zona urbana de Apartadó-Antioquia durante el año 2015, con el propósito de identificar una población con necesidades en materia de formación para el trabajo. Referente a la metodología, esta investigación fue de tipo estructural y social ya que buscó profundizar e impactar de manera directa un tipo de mercado específico, para un diseño de investigación analítico-descriptiva. Los datos fueron recolectados mediante encuestas personales en sitio a 400 personas. Como resultados relevantes, se encontró entre los productos más vendidos la perfumería como cabeza de lista, el vestuario, el maquillaje, la ropa interior y artículos para el cuidado personal. El 97% de las personas que ejercen esta labor son mujeres, la mayoría mujeres cabeza de familia. Se encontró que para el 73% de los encuestados, esta ocupación es tomada como una fuente secundaria de ingresos. De otro lado se encontró que el medio más usado para realizar las ventas por catálogo fue puerta a puerta, seguido del voz a voz o sistema de referidos. La forma de pago más usada por las empresas para las comisiones fue a través de descuentos, así lo afirmaron el 60% de los encuestados. Finalmente, el tema de capacitación más solicitado al SENA, fue en Mercadeo y ventas con el 34%, seguido del tema de servicio al cliente con el 23%. Con la primera fase, se buscó identificar a la población urbana involucrada con el modelo de negocio, junto con un análisis de la prestación de servicios, compra y venta de productos por catálogo. En tanto que la segunda fase tenía como objetivo intervenir dicha población mediante programas de capacitación bajo la modalidad de oferta cerrada.

Palabras claves: Mercadeo, catálogos, productos de catálogo, Apartadó

Abstract

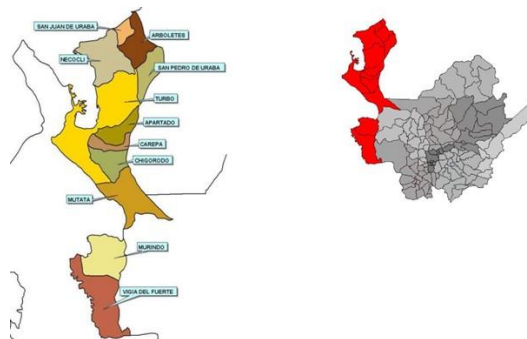
This document discloses the research project related to the sale by catalog system in the Urban zone of the municipality of Apartadó-Antioquia, this study was carried out by the seedbed of research in marketing and sales Simark; in the Complejo Tecnológico, Agroindustrial, Pecuario y Turístico- SENA. The general objective of this research was to identify the market composed of sellers who were doing the sales work through the catalog system in the urban area of Apartadó during 2015. Regarding to the methodology, this research was of structural and social type since it sought to deepen and directly impact a specific type of market, with a broad social role for an analytical-descriptive research design. The data was collected through personal surveys in the workplace to 400 people. As relevant results, it was found that among the best-selling products is the perfumery as the head of the list, followed by clothing, make-up, underwear and personal care items. 97% of the people who perform this work are women, most women head of household, usually in need of income to help to afford the household bills. It was found that for 73% of the respondents this occupation is taken as a secondary source of incomes. On the other hand it was found that the most used means to carry out sales was door to door, followed by voice to voice or referral system. and that the form of payment most used by the companies to the vendors was through discounts. Finally, the most requested training topic for SENA was Marketing and sales with 34%, followed by customer service with 23%. With the first phase, we sought to identify the urban population that works under this business model, while the second phase was aimed at intervening this population with training programs through Sena.

Key words: Marketing, catalogs, catalog products, Apartadó

Introducción

El trabajo investigativo abordó a 400 personas afiliadas a diversas revistas de catálogos. En su mayoría mujeres cabeza de hogar localizadas en barrios urbanos del municipio de Apartadó con la finalidad de hacer una caracterización detallada y conocer entre otros los motivos que le ha llevado a vender por catálogo, el tiempo que lleva ejerciendo dicha actividad de manera continua, el tipo o los tipos de catálogos que ofrece, cuál o cuáles productos rota o vende más, cuál le deja mayor rentabilidad, en qué invierte sus ganancias, qué tipo de incentivos le ofrecen las empresas y de manera especial qué tipo de formación o tema requiere para que el SENA le capacite.

El proyecto tuvo lugar en Apartadó; municipio ubicado en la región occidental del departamento de Antioquia – Colombia; De acuerdo con la alcaldía del municipio, la ciudad cuenta con 189.325 habitantes en su mayoría en el casco urbano. Este municipio por su ubicación y desarrollo, reúne un significativo número de las empresas que llegan a ofrecer sus productos y servicios a los municipios de la región. Población que en su totalidad sobrepasa actualmente los 700 mil habitantes. Está conformada por 11 municipios, los cuales, dadas las diferentes dinámicas económicas, ambientales, culturales y niveles de articulación, les definen características especiales. Urabá posee gran biodiversidad y una posición geoestratégica privilegiada, lo cual asociado a su dinamismo económico social y a los grandes proyectos que se tienen planteados en este territorio, le permitirá avanzar ostensiblemente en sus estándares de desarrollo durante los próximos años. (Cámara de Comercio de Urabá, 2016). En la figura 1 se muestra la ubicación del municipio de Apartadó en la subregión de Urabá.



Fuente: www.gobernaciondeantioquia.gov.co

Figura 1. Ubicación del municipio de Apartadó en la subregión de Urabá y Antioquia

La necesidad a investigar consistió en que el mercado conformado por vendedores de productos y servicios a través del sistema de catálogos de la zona urbana del municipio de Apartadó, se encontraba sin identificar. Se observó que la principal causa del desconocimiento del sector de ventas directas por catálogo en la ciudad de Apartadó, era la falta de proyectos de investigación relacionados con el estudio de esa modalidad de negocios. Otra causa del problema era la informalidad que se ha manejado por años en dicho sector comercial. Desconocer aspectos relevantes como el número de personas dedicadas al trabajo de la venta directa por medio de catálogos, el volumen de ventas, el portafolio ofrecido, las empresas que venden bajo esta modalidad, entre otros, ha generado como resultado, una exclusión de parte de las instituciones públicas y privadas, hacia los programas, seguimiento, apoyo y/o acompañamiento a los trabajadores informales del sector.

La pregunta problema que justificó la necesidad del estudio fue: *¿Cómo identificar el mercado de las personas que trabajan como vendedores bajo la modalidad de ventas por catálogo?* El trabajo investigativo tuvo como objetivo general: Identificar el mercado de las ventas por el sistema de catálogos en la ciudad de



Apartadó, con el propósito de impartir formación a través del Sena a la población involucrada en este renglón económico.

Con la información obtenida, el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico pudo en primer lugar acceder a una base de datos significativa para luego proceder a programar y ejecutar diversos temas de formación a la medida y posteriormente acercarse al sector empresarial formal tanto público como privado a esta población la cual representa un alto porcentaje de la sociedad y que demanda unas necesidades propias de su quehacer ocupacional, en especial necesitada en fortalecer los temas de mercadeo y de servicio al cliente. Para este segundo tema se buscó apoyo en la colección publicada por la editorial McGraw – Hill titulada Servicio al cliente. Serie compuesta por 4 libros. El primer tomo titulado: clientes para siempre, el segundo: Dirección por servicio; el tercer tomo: La calidad del servicio a la conquista del cliente y finalmente el cuarto tomo La satisfacción total del cliente.

Referente bibliográfico

La información más cercana y complementaria relativa a una intervención similar al nicho de mercado comprendido por vendedores por catálogo se encontró en Medellín - Colombia en el documento No. 74 publicado por la Escuela Nacional Sindical ENS en el año 2008. Para el estudio realizado en la ciudad de Medellín y el área Metropolitana, se definió una muestra no probabilística, estableciendo como criterios para su conformación: estratos, tipo de empresa y tipo de organización de ventas. Se tomaron e intervinieron empresas multinacionales tradicionales; nacionales con productos tradicionales y las mismas con productos no tradicionales; más otros canales de venta, de tipo multinivel. Con una muestra de 400 encuestados, pudieron determinar que su conformación correspondía, en su mayoría, a mujeres en este caso el 96%, mientras que solo el 4% eran hombres. Así la situación principal de las mujeres encuestadas es que su trabajo era complementario, pues su actividad se

combinaba con otros trabajos remunerados y con el trabajo doméstico no remunerado; es decir, con trabajos de limpieza, cuidado y crianza de los hijos más el cuidado de personas enfermas o discapacitadas en su familia (Ramírez & Rúa, 2008, p. 16).

La venta directa es un sistema de distribución que pasa por encima de los canales tradicionales. Las empresas organizan grupos de vendedores independientes, quienes se encargan de promover los productos en sus propias redes sociales. El sistema tiene una amplia tradición en Estados Unidos. Avon, que es quizás la más antigua entre las grandes empresas del sector, nació en 1886. Sin embargo, el mayor impulso para el modelo llegó en los años 50, cuando nacieron empresas como Tupperware y Amway, que hoy siguen siendo líderes internacionales (Saldarriaga 2008, p. 34).

De acuerdo con Ayala (2013), la historia de las ventas directas en Colombia es muy reciente, en 1995 un grupo de compañías conformado por Yanbal, Jafra, Votré Passion, Avon y Ebel, se reunieron informalmente con el objetivo de crear una Asociación de empresas de venta Directa. El 5 de marzo de 1996 se constituyeron como persona jurídica sin ánimo de lucro (Asociación Colombiana de Venta Directa-Acovedi). En septiembre del mismo año, fue admitida ante la Federación Mundial de Asociaciones de Venta Directa (WFDSA). A principios de 1997 se autorizó estatutariamente la admisión de empresas diferentes a las fundadoras (miembros adherentes). Actualmente participan de esta asociación compañías como: Amelissa, Amway, AVON, Carmel, Cristian Lay, Dolce S.A.S, Duprée, L'bel – Esika – Cyzone, Gano Excel S.A., Herbalife, Industrias Fuller Pinto S.A., La Santé Vital Ltda, Lebon, Marketing Personal, Múscari International S.A., Natura, Nature's Sunshine, Nikken, Niviglobal S.A.S., Novaventa S.A.S., Nu Skin, Omnilife, Oriflame, Rena Ware de Colombia S.A., SwissJust, Tupperware Colombia S.A.S., Yanbal, 4 Life. Cabe anotar que en un gran porcentaje las compañías que en



Colombia utilizan este sistema de comercialización y distribución son extranjeras.

Según la Asociación Colombiana de venta directa (2017), la venta directa es un canal de distribución al por menor, que se expande rápidamente, y que se basa principalmente en ser un negocio que requiere el contacto personal de los vendedores independientes con el consumidor, por lo que ha sido calificada como un "Negocio de Gente". La Venta Directa tiene larga historia y un crecimiento reciente que la hace ser considerada hoy por hoy, como un canal de distribución que presenta una valiosa alternativa frente a los canales tradicionales. Es la comercialización de bienes de consumo y servicios directamente a los consumidores, generalmente en sus hogares, en el domicilio de otros o en su lugar de trabajo, siempre por fuera de locales comerciales establecidos. Usualmente se realiza a través de una explicación o demostración de dichos bienes o servicios por parte de una fuerza de ventas independiente. Las principales características de la venta directos son: se hace fuera de un local comercial, domicilio del consumidor, contacto personal, no hay relación laboral con la fuerza de ventas, altos niveles de servicio al cliente, es una fuente de ingresos adicionales sin restricción de sexo, edad, nivel educacional o experiencia previa que ofrece una flexibilidad de horario y metas de crecimiento propias de cada vendedor

Es esencial, además, tener una oferta diferenciada de productos. "Las marcas y las características de la oferta en un catálogo de venta directa deben ser diferentes a las que los consumidores pueden encontrar en canales tradicionales" (Saldarriaga, 2008, p. 32). No pueden ser ni muy baratos, ni genéricos. Finalmente, la innovación y el desarrollo de productos nuevos juegan un papel fundamental. Hay que llevar novedades cada 21 días a los consumidores debido a que los catálogos deben renovarse, y se hace porque es el tiempo suficiente para hacer las entregas de los pedidos, hacer promoción de los nuevos productos y tomar los pedidos del nuevo catálogo.

El reto principal que tiene esta táctica es la gran diversidad de productos que se pueden ofrecer dentro de la línea por catálogo. Acomodar los diferentes tipos de artículos en peso, medida, color, y otras características principales hacen que la compañía deba tener un sistema logístico eficaz y sin duda eficiente. El éxito de la empresa de venta por catálogo depende de la capacidad que tenga para administrar su base de datos, ya que uno de los principales problemas que enfrenta este modelo de negocio es la alta tasa de devolución, así como tener que proyectar una imagen única y diferente a la competencia (Kotler y Keller, 2012, p. 610).

De acuerdo con datos presentados por el periódico portafolio en su edición del 4 de junio de 2017, Colombia se convirtió en el cuarto país de América Latina, después de Brasil, México y Argentina con mayor facturación de productos a través de las ventas por catálogo. Relata el informe que, en el primer trimestre del 2017, las compañías de venta directa registraron ventas por \$1,2 billones, es decir 1,4% más que en igual período del año anterior. El consolidado del 2016 muestra que el sector creció 5,7% frente al 2015, con una facturación acumulada de \$5,1 billones. Uno de los detalles que muestra el estudio es que aumentan los hombres y los jóvenes que participan en esta actividad.

"El comportamiento es favorable frente al desempeño del PIB del país y las expectativas de crecimiento hacia otros sectores", afirmó la directora ejecutiva de la Asociación Colombiana de Venta Directa (Acovedi), Patricia Cerra. Consideró que las estadísticas muestran la generación de 2.188.267 vendedores independientes y 14.000 empleos directos, gracias a que varias firmas tienen producción local. De los vendedores, 85% corresponde a mujeres y 15% a hombres, con un aumento del género masculino, teniendo en cuenta que en el 2015 era de 13%. Los jóvenes entre 18 y 24 años van ganando participación entre los vendedores independientes, con una participación del 10%. Por su parte, los rangos de edad entre 35 y 54 años participan con un



52%. Por categoría de productos, los cosméticos y de cuidado personal facturan 44% del mercado, y un 33% lo tiene la categoría de ropa y accesorios. Las empresas dedicadas a la venta directa han aprovechado herramientas tecnológicas para facilitar la gestión de pedidos. Esto ha permitido que las órdenes de pedidos sean realizadas en un 67.7% a través de dispositivos móviles, como celulares inteligentes. Dentro de la cadena de valor que promueve la venta directa, lo genera a través de los cerca de 4.514 eventos que desarrolla en el año para sus vendedores independientes, con una asistencia promedio anual de 509.000 personas. Lo aportado en filantropía y responsabilidad social en Colombia por las compañías de Acovedi supera los \$4.200 millones, además de cerca de \$3.000 millones en donaciones en especie para diferentes causas sociales (Portafolio, 2017).

Un negocio que no para de crecer: En años recientes, la venta directa se ha vuelto un negocio muy popular en el mundo. El principal mercado es Asia Pacífico con un 44 % de participación, luego Estados Unidos con el 19%. Brasil es el líder en Latinoamérica con ventas que alcanzan hasta los US\$10 billones por año y con 2 millones de personas en este negocio. En Colombia las ventas por catálogo se han convertido en una fuente de ingresos para muchas familias, 14.000 colombianos más dependen de esta industria. Según datos registrados por la Asociación Colombiana de Venta Directa -Acovedi, esa es la cifra de empleos directos que genera el sector. Además, la Asociación añade que en el país los productos de cosméticos y cuidado personal equivalen al 59 % del mercado. La venta directa tiene presencia en Colombia desde hace unos 26 años, pero ha sido en la última década donde ha tomado mayor fuerza, con dos principales esquemas: la venta plana y el multinivel (Vergel, 2014).

Así como en el punto de venta se hace necesario mantener un stock de material publicitario o material POP, así también las personas que venden por catálogo deben llevar consigo

diversas herramientas que estimulen e incidan en el proceso de la compra. De esta manera cuentan con material publicitario, material o publicidad exterior, publicidad en los empaques, más presentes contramarcados con el nombre de la empresa.

En la denominada venta directa, influyen otros aspectos humanos, personales, sociales, en los que en muchos casos ya no solo importa dar a conocer y vender el producto, sino también algo más noble: *entrar en contacto con el otro*. De este modo, la venta directa trasciende lo meramente comercial para conceder una gran importancia al lado humano, y aquí está la clave. Millones de personas en todo el mundo deben a la venta directa el haber conocido a su pareja, haber ampliado su círculo de relaciones, haber desarrollado sus potencialidades personales, haber tenido, en suma, un motivo para la esperanza (Ongallo, 2007 p.8).

La revista Dinero en su edición del 7 de junio de 2017 señala los resultados obtenidos en 2016 por una empresa en Colombia, describiendo los siguientes para la compañía de venta directa Marketing Personal: Sus ingresos se acercaron a los \$500.000 millones, y alcanzaron un crecimiento de 22% en un año en que la economía colombiana apenas tuvo un destemplado aumento de 2% en su PIB. Su fuerza de ventas sumó 20.000 personas más y cerró en cerca de 100.000 asesoras de imagen, como se conocen en la empresa. Arrancó el año con pie derecho su proyecto de expansión en Panamá, que sirve como punta de lanza para la internacionalización de la compañía hacia otros países de América Latina.

Metodología

Teniendo en cuenta, que la investigación pretendió caracterizar una de las diversas dinámicas del marketing, como lo son las ventas directas por el sistema de catálogos en el municipio de Apartadó-Antioquia, el trabajo se



orientó dentro del tipo de investigación exploratoria.

Diseño de la investigación: investigación analítica

Población - muestra: 400 personas vinculadas a algún tipo de catálogo, con código de afiliación.

Técnica de recolección de datos: Observación directa y a través de encuestas personales.

Para el marco de la muestra poblacional se tomó la población infinita, con un nivel de confianza del 95%, una probabilidad de éxito del 50% y con un margen de error del 5%, según metodología adaptada de Triola, (2008).

Notación

Σ denota la *sumatoria* de un conjunto de valores

x es la *variable* que suele utilizarse para representar los valores de datos individuales

n representa el *número de valores* de una *muestra*

N representa el *número de valores* de una *población*

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

es la media de un conjunto de valores muestrales

$$\mu = \frac{\sum x}{N}$$

es la media de todos los valores de una población.

Procedimiento

El semillero de investigación en marketing Simark, llevó a cabo la investigación con los vendedores de ventas por catálogo donde la muestra fue de 400 encuestas, aplicadas al

mismo número de personas, una a una en sus casas. Se plantearon 23 interrogantes con el fin de conocer e identificar las características que estas manejan, fue llevada a cabo en las siguientes comunas de la zona urbana de Apartadó.

Comuna uno - Bernardo Jaramillo Ossa: conformada por los barrios: 20 de enero, La Paz, Policarpa Salavarrieta, Alfonso López, El concejo, La arboleda, La alborada, Antonio Roldan Betancur, San Fernando y Santa María.

Comuna dos - Ocho de Febrero: conformada por los barrios: Primero de mayo, Obrero y Brisas

Comuna tres - Pueblo Nuevo: conformada por los barrios Pueblo Nuevo, La Esperanza, San Judas, 9 de octubre, La Cadena, La Esmeralda, Parroquial, Las Playas, Manzanares y La Navarra.

Comuna cuatro - José Joaquín Vélez: conformada por tres subsectores:

Primer subsector José Joaquín Vélez: barrios Vélez Simón Bolívar, Las Flores, Laureles, La libertad, Serranía, Nueva Civilización: Gualcala y El estadio.

Segundo subsector Chinita: barrios: Chinita, El Rosal y Corrugados del Darién.

Tercer subsector Jaime Ortiz Betancur: con los barrios El Amparo, Fundadores, Villa del Río, Los Pinos, Nuevo Apartadó, Pueblo quemado, Ortiz, los Almendros y Los Álamos.

Resultados y discusión



En la tabla 1 se muestra las marcas de catálogos identificados en Apartadó, de acuerdo a las encuestas y el trabajo de campo realizados

Tabla 1. Marcas de catálogos identificados en el municipio de Apartadó

Cuarella	Bonieve	Dejate querer	Gianni Garetti	Milano	Pisame
Aborigene	Bucaramanga	Dior	Juana bonita	Moda internacional	Roberto verino
Alberto calle	California	Dolce	L'bel	Napoli	San Jerónimo
Amelisa	Carmel	Dominio	Lemarswimwear	Natura	Sante vital
Amway	Color mix	Dupre	Lennnova	Nivi	Santorini
Amor	Cristian lay	Esika	Leonisa	Nova venta	Tania
Armet	Dafiti	Eva castillo	Levon	Nydj	Tarrao
Avon	Dakotta	Éxito	Linnova	Offcors	Teens
Bésame	Danny	Feria del brasear	Magnolia moda	Oriflam e	Totto
Bblm	Deflores	Full 10	Marketing Personal	Pacifik	Unicentro Palmira
Vélez	Victorio	Vista la moda	Xira	Yanbal	Zyzone

El estudio pudo determinar que las empresas de este sector en Apartadó, optaron por esta modalidad para llegar a nuevos públicos estimulando los ingresos complementarios de las mujeres cabeza de familia. Dado que estos ingresos, cuando las circunstancias lo ameritan, pueden ser destinados a gastos suntuarios, generando una relación directa entre empresa, productos y consumidor; muchas afiliadas optan por realizar el pedido mínimo y así aprovechar para sí mismas los precios más bajos que la empresa otorga a la vendedora. Ello significa que, en muchas ocasiones, las ganancias de las ventas terminan siendo en especie y no en dinero, lo cual se traduce en mayores niveles de venta para la compañía promotora de productos a través de la venta directa o de catálogos.

Entrevista a una vendedora

Luisa es una vendedora en la zona de Apartadó que aproximadamente vende 13 catálogos diferentes en el municipio. Estas fueron algunas respuestas de la entrevista:

¿Cuéntenos cuanto lleva vendiendo catálogos?

- Hace 7 años comencé sola y hoy somos 3 integrantes de la familia en el negocio.

¿Cuáles fueron los primeros catálogos?

- Érika y Avon

¿Qué la ha motivado a vender por catálogo?

- La motivación son los premios, las ganancias, los descuentos y un sustento para la familia.

¿Si tuvieras la oportunidad de escoger tres catálogos no más, cuáles escogerías?

- Me quedaría con Leonisa, Marketing y Yanbal.

¿Por qué con esas tres?

- Porque esas son las que más porcentajes dejan y por la calidad ya que es muy buena, y son catálogos que se venden bastante, además los clientes hablan muy bien de ellas. Yanbal por las lociones y cosméticos, Leonisa por su ropa interior y Marketing Personal por la ropa en general y zapatos.

Análisis de los datos recolectados bajo el método de encuestas personalizadas a cada vendedor



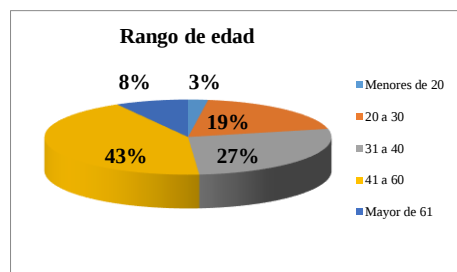
El 97% de las personas que ejercen esta labor en la zona urbana de la ciudad de Apartadó son mujeres, la mayoría mujeres cabeza de familia, generalmente mujeres necesitadas en obtener ingresos para ayudar al sustento del hogar. Se encontró que para el 73% de los encuestados, esta ocupación es tomada como una fuente secundaria de ingresos, dado que la primera fuente proviene del ingreso del cónyuge o de los padres cuando se vive con ellos, sin embargo, para Ramírez y Rúa (2008), en el estudio realizado en la ciudad de Medellín las mujeres suelen combinar la venta directa por catálogo con el trabajo doméstico: limpieza, cuidado y crianza de hijos/as, y otros trabajos remunerados, con el fin de complementar los ingresos.

En la presente investigación el mayor porcentaje de las personas afiliadas en Apartadó se encuentran en el rango de los 30 - 40 años de edad con una representación del 62%. Considerando que la población de Apartadó es una población joven, así lo demuestran también los grados de estudios de los vendedores o asesores de imagen como se les conoce en la mayoría de revistas: El más alto grado de escolaridad de los participantes son bachilleres, así lo reportó el 60% de los encuestados. El 65% de los encuestados manifestaron que este oficio lo vienen realizando desde hace menos de 5 años, situación que indica que es un oficio en auge y relativamente nuevo. Además, se demostró que a la mayoría de las personas afiliadas solo les interesa vender o consumir, son ellas el 74%, resultado que demuestra que esta ocupación de las ventas por catálogo es una forma secundaria para percibir ingresos y beneficios.

Son muchas las marcas nacionales e internacionales que usan este método de distribución comercial. Los tres catálogos más vendidos en Apartadó arrojados por la prueba piloto en su orden son: Avon, Yanbal y Esika. Por líneas de productos es la perfumería la que encabeza la lista en ventas, le siguen el vestuario, el maquillaje y la ropa interior en su orden; estudios similares demuestran esta tendencia en Colombia (Ramírez y Rúa, 2008, p.10).

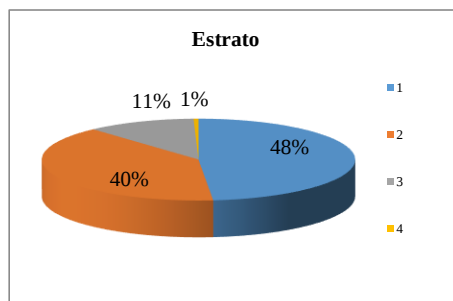
El medio más usado para realizar las ventas por catálogo es la puerta a puerta, seguido del plan de referidos, entre otros y las ganancias producidas por la venta de catálogo son destinadas en primer lugar para cubrir gastos de la canasta básica familiar, seguido del consumo de los mismos productos, entre otros.

Finalmente, el tema más solicitado para que el SENA capacite al personal involucrado en las ventas por catálogo es en *Mercadeo y Ventas*, así lo solicita el 34% de los encuestados, seguido del tema de *Servicio al cliente* con el 23%, dato que suma el 57%, el resto solicitan temas varios como contabilidad, manejo de las matemáticas, del paquete office y de archivo entre otros. A continuación, se muestran los resultados en algunas de las respuestas del trabajo de investigación. En la figura 2 y 3 se puede observar el rango de edad en el cual se distribuyen los vendedores encuestados y el estrato al que pertenecen.



Fuente: Los autores

Figura 2. Distribución rango de edad de vendedores

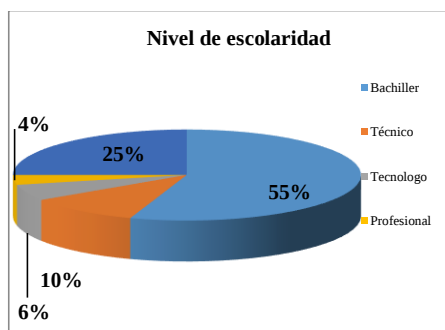


Fuente: Los autores

Figura 3. Estrato al cual pertenecen los vendedores

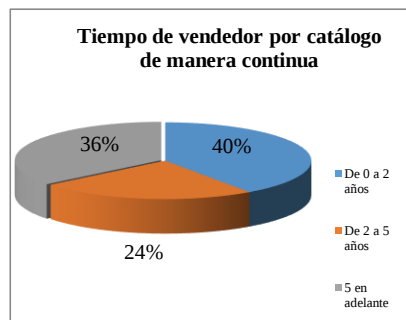
Según la figura 2 y de acuerdo con los resultados de las encuestas personalizadas, se puede concluir que el rango más influenciado para realizar las ventas por catálogo es de 41 a 60 años, ya que este cuenta con mujeres cabeza de familia que dedican la mayor parte del tiempo en estar en sus hogares. La mayoría cuenta entre 1 y 2 hijos. Y en el caso de la figura 3 se observa que el 48% igual a 194 personas son de estrato 1, y el 40% que equivale a 159 personas son de estrato 2. En el municipio de Apartadó hay estratos socio económicos del 1 al 4 sin embargo se encontró que la mayoría de las personas que ejercen esta labor, se encuentran concentradas en los estratos 1 y 2 y gracias a este medio pueden obtener ingresos importantes para ellos y sus familias.

En la figura 4 se muestra el nivel de escolaridad y en la figura 5 se observan las respuestas de los vendedores, a la pregunta del tiempo que llevan vendiendo el catálogo de manera continua.



Fuente: Los autores

Figura 4. Nivel de escolaridad de los vendedores

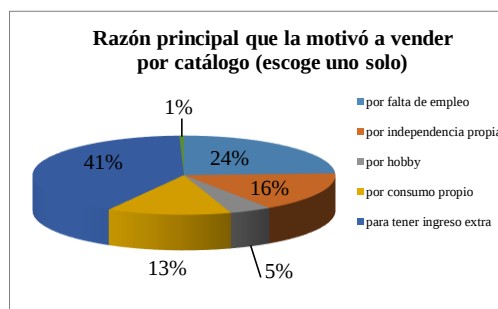


Fuente: Los autores

Figura 5. Tiempo de permanencia como vendedor de productos de catálogo

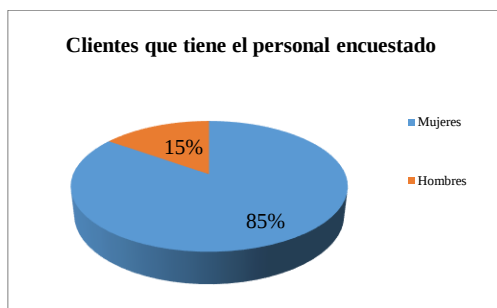
En la figura 4 se muestra que el 55% igual a 221 personas, son bachilleres académicos, 100 personas que son el 25% respondieron que tienen otro nivel de escolaridad menor, ya que solo cursaron primaria y algunas inclusive no realizaron ni la primaria básica. Mientras que en la figura 5 se observa que, a partir de la información obtenida, el 40% equivalente a 161 vendedores, de las personas aclaran que, llevan 0 a 2 años vendiendo por catálogos de manera continua, el 36% igual a 143 vendedores, señalan que llevan 5 años en adelante vendiendo y el 24% correspondiente a 96 vendedores, llevan realizando estas ventas de 2 a 5 años de manera continua.

En la figura 6 y 7 se muestra cual fue la razón principal que la motivó a vender por catálogo y el tipo de cliente según el sexo.



Fuente: Los autores

Figura 6. Motivo por el cual vende productos de catálogo



Fuente: Los autores

Figura 7. Tipo de cliente según el sexo

Con base a la información recolectada y representada en la figura 6, el 41% correspondiente a 165 personas, siendo el mayor porcentaje afirmaron que se sintieron motivados por tener un ingreso extra, 24% equivalente a 97 personas optaron por la falta de empleo, el 16% igual a 65 personas, respondieron que fue por independencia propia.

Las 400 personas encuestadas concluyen que la falta de empleo no es la razón principal por la que la mayoría de las personas optan por este tipo de actividad sino para tener un ingreso extra y poder lograr de alguna manera una independencia económica. Mientras que en la figura 7, a partir de estos resultados se puede determinar, que la mayoría de los compradores por catálogo son mujeres, como podemos observar en la gráfica el 85% corresponde a 3388 personas que son clientes de las personas encuestadas y equivalen al género femenino, el otro 15% igual a 607 personas que son clientes de las personas encuestadas correspondientes al género masculino.

Los resultados para las preguntas sobre el cargo que ocupa en la empresa y a cuántos catálogos se encuentra afiliado se muestran en la figura 8 y 9.

¿Qué cargo ocupa dentro de la empresa?

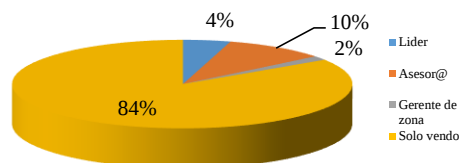
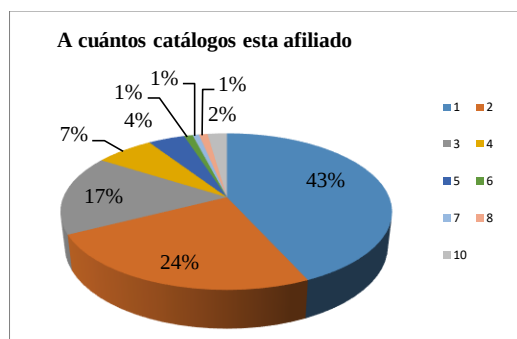


Figura 8. Cargo que ocupa en la empresa



Fuente: Los autores

Figura 9. Catálogos a los cuales se encuentra afiliado

Teniendo en cuenta la información obtenida, en la figura 8 se puede observar que las personas que tienen relación con catálogos de venta directa es del 84% igual a 337 personas, solo venden, mientras que el 10% que equivalen a 39 personas, son asesoras.

En la figura 9 se muestra que el mayor número de catálogos que puede llegar a vender una persona es 10 de catálogos por hogar, teniendo en cuenta la gráfica el 43% igual a 173 personas, venden solo un catálogo, el 24% equivalente a 97 personas, venden dos catálogos diferentes, el 17% semejante a 66 personas, vende en sus hogares 3 catálogos. En conclusión, el 84% de los encuestados venden entre 1 y 3 catálogos. Preferencialmente lo hacen bajo un solo catálogo, así lo hace el 43% de los afiliados encuestados. Según Vergel (2014), la venta por

De acuerdo con la información recolectada y mostrada en la figura 12, se identificó que la línea más vendida por catálogo, son los perfumes con un 43% correspondiente a 171 personas que venden por este medio, el segundo producto más vendido es la ropa exterior, con un 27% en la venta por catálogo, y este equivale

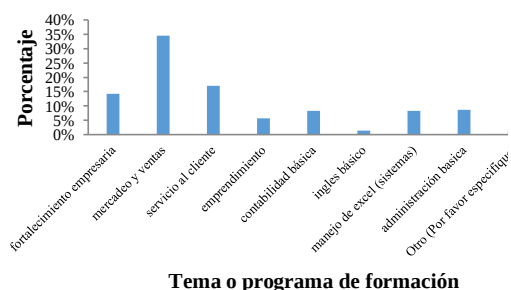
a 108 vendedores por este mercado, el tercer producto más vendido, es el maquillaje con un 10% igual 40 vendedoras por catálogo.

El producto más vendido en la zona urbana de Apartadó, es la línea de los perfumes, ya que este es el mayor productor de ingresos para cada una de las vendedoras, le siguen en su orden ropa exterior, maquillaje y ropa interior. En cuanto al valor promedio del pedido en la última campaña, como los valores son tan relativos, se sacó el promedio en general, dando como resultado que las vendedoras por catálogo en su última campaña pasaron pedidos por un valor promedio de \$400.716 pesos colombianos, unos 130 dólares.

En cuanto a ganancias (en pesos y en productos): Las vendedoras por catálogo obtienen sus ganancias en pesos dependiendo del porcentaje que da su catálogo por vender los productos que hay en ellos, y en una forma general obtuvimos el valor promedio de \$155.919 pesos que son las ganancias adquiridas en su última campaña.

Las ganancias obtenidas en productos, en forma general fue equivalente a \$76.710 pesos que son los regalos o paquetes comprados por las mismas vendedoras para un ingreso extra.

Además, en el área o tema que requiere que el SENA le capacite como vendedor para mejorar sus capacidades se reportan en la figura 13:



Fuente: Los autores

Figura 13. Área o tema que requiere que el SENA le capacite como vendedor para mejorar sus capacidades

En el municipio de Apartadó se tomó una muestra de la población, donde se quería identificar, en qué área o temática solicitaban un fortalecimiento, el 34% requiere capacitación en mercadeo y ventas que equivalen a 138 vendedoras de la zona urbana de Apartadó. Un 17% le gustaría recibir capacitación en servicio al cliente, que es igual a 68 vendedoras, porque este conocimiento les complementa mejor para sus negocios, y otro porcentaje ven la necesidad de fortalecer su conocimiento empresarial.

En la figura 14 se muestra el acercamiento del SENA hacia los vendedores para recoger inquietudes y brindar formación a la medida.



Capacitación a equipo de encuestadores y acercamiento hacia vendedores



Observación y entrevistas en lanzamiento de campañas

Fuente: Los autores

Figura 14. Acercamiento del SENA para recoger las solicitudes de formación complementaria, técnica y tecnológica

Según Vergel (2014), voceros de la Asociación Colombiana de Venta Directa-Acovedi, señalan



entre las ventajas de la venta directa se encuentran:

1. La oportunidad para hombres y mujeres de organizar su vida económica como lo deseen
2. La posibilidad de obtener ingresos adicionales
3. Flexibilidad en los horarios
4. Baja inversión

Sin embargo, la rentabilidad del negocio es proporcional al tiempo de dedicación, a la capacidad de venta de los consultores, a su nivel de convencimiento para atrapar nuevos clientes, al buen manejo de las cobranzas y a las metas personales propuestas.

Según entrevistas de algunas vendedoras realizadas por Vergel (2014) para el periódico El País, las ventas directas por catálogo se pueden convertir en una oportunidad económica generosa que ofrece muchas posibilidades financieras, efectivas y reales, además es una megatendencia; para las empresarias, la esencia del negocio está en soñar en grande y querer un mejor estilo de vida. Lo más importante son las aspiraciones, además la disponibilidad de tiempo para compartir con la familia y estar mayor tiempo en casa, no cumplir horarios, ni tener que ir a una oficina y mantener buenas relaciones públicas con gente de todos los medios donde esté en contacto para vender.

Según Vergel (2014), la Acovedi representa a más 33 compañías de venta directa en Colombia. Entre las ventajas de pertenecer a la Asociación está la de trabajar proactivamente frente a las posibles amenazas del sector, posicionar la imagen de las compañías ante diversos tipos de públicos y ser invitado a eventos nacionales e internacionales de capacitación.

Por otra parte, desde diciembre fue sancionada la Ley 1700 de 2013, que posesiona la imagen del sector de venta directa bajo el marco legal

colombiano, definiendo y regulando el desarrollo de las actividades ejercidas por este mercado. La preferencia por este tipo de comercio está en la relación cliente - vendedor. Aunque es un negocio de riesgo como cualquier otro, el éxito depende de la paciencia y esfuerzo de cada emprendedor.

Teniendo en cuenta lo anterior la pertinencia de la presente investigación es válida porque permite abrir espacios académicos y formativos desde el SENA, donde se involucra una temática común y de importancia para la población, en este caso las ventas directas que tiene gran importancia sobre todo para las madres cabeza de familia y sus aspiraciones en formación profesional y personal, teniendo como fuente de ingresos principal u opcional las ventas por catálogo.

Finalmente, como investigadores en formación en el área de mercadeo, en distintos espacios surge la pregunta sobre el papel que juega el instructor y si tiene las competencias o no para educar a los aprendices de hoy.

La nueva era del conocimiento, así como la globalización tanto de la economía como todo lo inherente a ella, entre otros, la educación, requiere de educadores centrados y permanentemente actualizados, teniendo presente el contexto en que se mueve y vive el aprendiz, por esta y otras razones se hace necesario implementar ejercicios de investigación aplicada y formativa para desarrollar capacidades en los aprendices y hacer de este tipo de actividades, estrategias de formación profesional integral para lograr aprendices más críticos.

Conclusiones y recomendaciones

- Al procesar la información de la prueba piloto se pudo evidenciar la magnitud y la importancia que tiene para muchas mujeres cabeza de familia en la ciudad de



Apartadó, ocuparse bajo la modalidad de ventas por catálogo. Así lo demuestran varias consideraciones: la facilidad en la afiliación, la alta tasa de desempleo, el bajo nivel de escolaridad y sobre todo la necesidad que para muchas mujeres en su condición de madres ya sea con pareja o solteras, implica asumir la obligación de aportar.

- Con la información obtenida, el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico pudo acceder a una base de datos significativa para proceder a programar y ejecutar diversos programas de formación a la medida de una población que demanda unas necesidades propias en especial en fortalecer los temas de mercadeo y de servicio al cliente.
- El estudio pudo determinar que las empresas de este sector en Apartadó, optaron por esta modalidad para llegar a nuevos públicos estimulando los ingresos complementarios de las mujeres cabeza de familia, generando una relación directa entre empresas, productos y consumidor; muchas afiliadas optan por realizar el pedido mínimo y así aprovechar para sí mismas los precios más bajos que la empresa otorga a la vendedora.
- Las ventas por catálogo son un oficio que llevan en promedio 30 años en el mundo, sin embargo, en la zona esta modalidad de distribución comercial apenas está empezando. La mayoría de los encuestados llevan menos de cinco años en esta labor. Razón que amerita un estudio detallado y una intervención como la pretende realizar el SENA en el Complejo Tecnológico, Agroindustrial, Pecuario y Turístico.
- El 97% de las personas que ejercen esta labor son mujeres y la mayoría cabeza de familia, y toman estas ventas como una alternativa para generar ingresos.
- El mayor porcentaje de afiliadas se encuentran en el rango entre los 30 y los 40 años de edad.

- El más alto grado de escolaridad de las participantes son bachilleres
- El 65% de los encuestados llevan vendiendo menos de 5 años, situación que indica que es un oficio en auge y relativamente nuevo.
- A la mayoría de las personas afiliadas solo les interesa vender o consumir y los catálogos más vendidos arrojados por el estudio en su orden son: Avon, Yanbal y Esika.
- Por productos es la perfumería la que encabeza la lista de ventas, le siguen el vestuario, el maquillaje y la ropa interior en su orden como las líneas más vendidas.
- La mayor forma de pago usada por la empresa para las comisiones es a través de descuentos, así lo afirman el 60% de los encuestados.
- El tema más solicitado para que el SENA capacite al personal involucrado en las ventas por catálogo es en Mercadeo y Ventas, seguido del tema de Servicio al cliente con el 23%.

Agradecimientos

Especial gratitud al Subdirector Elkin Humberto Granada Jiménez, Subdirector del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico, a la Ingeniera Mónica Obregón Barrios, Líder Sennova y al grupo de aprendices del programa Técnico en venta de productos y servicios porque posibilitaron en primer lugar la conformación del semillero de investigación en marketing SIMARK y posteriormente la realización del presente estudio.

Referentes bibliográficos

- Ayala, A. E. (2013). *Comercialización de productos colombianos utilizando network marketing*. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. 35p. Recuperado de repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/..



./AyalaCastilloAlfredoEnrique2013.pdf
[Octubre 12, 2017]

Asociación Colombiana de Venta Directa- Acovedi.
(2017). *Venta directa*. Acovedi. Recuperado
de: <http://www.acovedi.org.co/venta-directa/>
[Octubre 18, 2017]

Cámara de Comercio de Urabá-CCU. (2017). *Informe
socioeconómico 2016*. CCU. Apartadó. 27p.
Recuperado de [http://ccuraba.org.co/site/wp-
content/uploads/2017/03/INFORME-
SOCIOECONOMICO-2016.pdf](http://ccuraba.org.co/site/wp-content/uploads/2017/03/INFORME-SOCIOECONOMICO-2016.pdf) [Agosto 23,
2017]

Diario Portafolio (2017). *Devaluación pone a
Colombia como cuarta economía de América*.
Recuperado de:
[http://www.portafolio.co/economia/finanzas/d
evaluacion-pone-colombia-cuarta-economia-
america-34688](http://www.portafolio.co/economia/finanzas/evaluacion-pone-colombia-cuarta-economia-america-34688) [Noviembre 27, 2017]

Diario Portafolio (2017). *Hombres y jóvenes llegan
más a la venta directa*. Recuperado de:
[http://www.portafolio.co/negocios/hombres-
y-jovenes-llegan-mas-a-la-venta-directa-
506519](http://www.portafolio.co/negocios/hombres-y-jovenes-llegan-mas-a-la-venta-directa-506519) [Noviembre 28, 2017]

Kotler, P. y Keller, K. (2012). *Dirección de marketing*.
Editorial Person Education. México. 810p.

Ongallo, C. (2007). *El libro de la venta directa. El
sistema que ha transformado la vida de millones
de personas*. Ediciones Díaz de Santos. España.
23p. Recuperado de
[http://www.editediazdesantos.com/wwwdat/pdf/9
788479787998.pdf](http://www.editediazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479787998.pdf) [Octubre 10, 2017]

Ramírez, M. y Rúa, S. (2008). *Mujeres que venden y
compran sueños. Vendedoras directas por
catálogo en Medellín y el Área Metropolitana*.
Escuela Nacional Sindical. Ediciones ENS.
Documento 74. Medellín. 43p. Recuperado de
[http://www.utrein.org/documentos/9.ventaCol
ombia1.pdf](http://www.utrein.org/documentos/9.ventaColombia1.pdf) [Marzo 14, 2016]

Revista Dinero. (2017). *Marketing personal, el rey de
los catálogos de la moda*. Recuperado de:
[http://www.dinero.com/edicion-
impresa/negocios/articulo/marketing-
personal-catalogos-de-moda/247229](http://www.dinero.com/edicion-impres/negocios/articulo/marketing-personal-catalogos-de-moda/247229) (Bogotá,
junio, 2017) [Noviembre 1, 2017]

Saldarriaga, J. (2008). *Gestión humana: tendencias y
perspectivas*. Estudios Gerenciales, vol. 24,
núm. 107, abril-junio, 2008, pp.137-159
Universidad ICESI Cali, Colombia.
Recuperado de
<http://www.redalyc.org/pdf/212/21210706.pdf>
f [Diciembre 2, 2017]

Triola, M. F. (2004). *Estadística*. Editorial Pearson
Educación. Novena edición. México. 914p.

Vergel, P. (2014). *Ventas por catálogo, un negocio que
está creciendo en el país*. El país-abril.
Recuperado de
[http://www.elpais.com.co/economia/ventas-por-
catalogo-un-negocio-que-esta-creciendo-en-el-
pais.html](http://www.elpais.com.co/economia/ventas-por-catalogo-un-negocio-que-esta-creciendo-en-el-pais.html) [Octubre 12, 2017]

Yate, A. (2012). *Material POP. Publicidad en el punto
de venta*. Bogotá. Ecoe ediciones. 116p.
Recuperado de
[https://www.ecoediciones.com/libros/mercadeo-
y-ventas/material-p-o-p-publicidad-en-punto-de-
venta/](https://www.ecoediciones.com/libros/mercadeo-y-ventas/material-p-o-p-publicidad-en-punto-de-venta/) [Noviembre 30, 2017]



Aportes del SENA al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) frente a la problemática agronómica y fitosanitaria en la subregión de Urabá, Antioquia, Colombia

Contributions from SENA to avocado crop (*Persea americana* Mill) to agronomic and phytosanitary problems in the subregion of Urabá, Antioquia, Colombia

Mónica Obregón Barrios. Líder Sennova. Complejo Tecnológico agroindustrial Pecuario y Turístico. E-mail: mobregonb@sena.edu.co

Eulises Manuel Garcés Gutiérrez. Tecnólogo en Administración de empresas agropecuarias. E-mail: emagagu@misena.edu.co

Felipe Arias Sánchez. Instructor programa Población Vulnerable- Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico. E-mail: felpas45@hotmail.com

Recibido: diciembre 20 del 2016. Aceptado: agosto 15 del 2017

Resumen

El proyecto busca diagnosticar la problemática agronómica y fitosanitaria con procedimientos de campo, vivero y laboratorio. El aguacate representa ingresos para pequeños productores, además una alternativa de diversificación agrícola. Sin embargo, el bajo nivel tecnológico y la problemática fitosanitaria han disminuido la producción y áreas sembradas. La problemática fitosanitaria más importante corresponde a la muerte descendente, asociada al hongo *Phytophthora spp.* llevando a pérdidas de biodiversidad y pérdidas económicas. Se encuestaron 96 productores en 21 veredas de Apartadó, Carepa y San Juan de Urabá encontrando un 67, 64% de árboles afectados y 114,66 hectáreas afectadas. Se establecieron cinco viveros, se injertaron 3.818 árboles sobre patrones criollos, materiales de alta producción promisorios para la subregión. La estrategia permitió incentivar la siembra tecnificada de 22.200 árboles en comunidades afectadas. Se capacitaron 95 productores en manejo de viveros, injertación, siembra y mantenimiento del cultivo, contribuyendo al desarrollo de tecnología y transferencia de conocimiento en la subregión de Urabá.

Palabras claves: *Phytophthora spp.*, fitopatógeno, agrobiotecnología, subregión de Urabá.

Abstract

The project aims to diagnose agronomic and phytosanitary problems in field procedures, nursery and laboratory. The avocado represents income for small farmers, besides it is an alternative for agricultural diversification. However, the low technology levels and phytosanitary problems have decreased production and planted areas. The most critical phytosanitary issue in the crop is the dieback corresponds to, associated with the fungus *Phytophthora spp.* leading to biodiversity and economic losses. An avocado phytosanitary survey was applied to 96 farmers from 21 villages in the municipalities of Apartadó, Carepa and San Juan de Urabá. 67.64% of avocado trees were found affected by the disease, an area of 114,66 hectares. During the project development, Sena established 5 avocado nurseries, grafting 3.818 native trees, all of them promising genetic materials of high production to Uraba subregion. This strategy encouraged affected communities to plant 22.200 trees with the proper technical conditions. 95 farmers were trained in nursery management, grafting, planting and maintenance of the crop, contributing to the development of technology and knowledge transfer in the Urabá subregion.

Key words: *Phytophthora spp.*, Phytopathogen, agricultural biotechnology, Urabá subregión



Introducción

En Colombia para el 2016 se reportan más de 49.982, 64 ha. de aguacate, de las cuales 5.780, 20 ha. están en el departamento de Antioquia. En la subregión de Urabá se produce aguacate en los 11 municipios con un reporte de 611,5 ha, y un rendimiento estimado de 13,25 Ton/ha. en los municipios de Apartadó, Carepa, Necoclí, Turbo y Vigía del fuerte (Ministerio de Agricultura-Agronet, 2017). El cultivo representa ingresos para pequeños productores, además es una alternativa de diversificación agrícola. Sin embargo, el bajo nivel tecnológico y agronómico aplicado y la problemática fitosanitaria especialmente la muerte descendente de árboles presentada en zonas potencialmente productivas, han disminuido considerablemente la producción y las áreas sembradas en la subregión.

Según Tamayo (2008), Pérez-Jiménez, (2008), Tamayo (2013) y Ramírez (2013) entre las enfermedades de mayor importancia, por su frecuencia y severidad en cultivos de aguacate, se destacan: la pudrición de raíces, causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* var. *cinnamomi* y la marchitez por *Verticillium* sp., las cuales normalmente ameritan decisiones de manejo integrado eficientes para evitar su dispersión. Los hongos causantes de la roña (*Sphaceloma perseae*), la antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata* (anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*) y la mancha de la hoja y la mancha negra del fruto por *Pseudocercospora purpurea* (= *Cercospora purpurea*), causan pérdidas importantes en el campo y en poscosecha, al deteriorar la calidad de la fruta. Otros patógenos afectan los frutos y también adquieren cada vez mayor importancia en viveros, almacigos y en el campo.

La pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi* var. *cinnamomi*, es la enfermedad más importante del aguacate en todas las zonas productoras de este frutal en el mundo y en Colombia. Son varias las especies de *Phytophthora* (*P. citricola*, *P. cactorum*, *P. parasitica*, *P. palmivora*, *P. heveae*), que afectan el aguacate en diferentes regiones del mundo, algunas de ellas

causan chancros o pudriciones del tallo. Sin embargo, en Colombia solo la especie *P. cinnamomi* ha sido claramente establecida como la causante de pudrición de raíces del aguacate en las zonas productoras (Tamayo, 2008; Tamayo, 2013; Ramírez, 2013).

“En Colombia, provoca pérdidas que oscilan entre un 30 y un 50% de los árboles en la etapa de vivero y durante los dos primeros años de establecimiento del cultivo” (Tamayo, 2013, p. 156).

Este hongo provoca pudrición de raíces que origina decaimiento progresivo del árbol el cual se manifiesta con la presencia de hojas pequeñas, follaje verde amarillento, defoliación, necrosis, árbol “semitransparente”, frutos pequeños y con golpe de sol, muerte de raicillas hasta llegar a la muerte de la planta. La infección provocada por este hongo se ve favorecida con el exceso de humedad en el suelo y la presencia de heridas en las raíces (Sepúlveda et al., 2010, p. 1).

El control puede lograrse usando una estrategia integral, tomando un conjunto de medidas que abarca la prevención y buenas prácticas culturales. “*P. cinnamomi* es un habitante común del suelo y se caracteriza por producir esporangios y esporas flageladas o móviles denominadas zoosporas y micelio con hinchamientos hifales” (Sepúlveda et al., 2010, p. 2).

En cuanto a las estructuras reproductivas del patógeno, “El micelio se caracteriza por ser hialino, ligero o profusamente ramificado, cenocítico, a veces aparecen septas. Los esporangios son estructuras, muy importantes, por su rol en la reproducción asexual, gran variabilidad en genes y permiten la identificación de especies” (Georgi, 1993, p. 10). Los aislamientos presentan un crecimiento micelial con patrón tipo roseta o tipo camelia en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA)” (Zentmyer, 1980, Georgi, 1993; Almaraz-Sánchez et al., 2013).

Las especies del género *Phytophthora* pueden ser detectadas y aisladas a partir de cualquier tejido infectado del hospedero, ya sean raíces, frutos,



semillas, hojas o canchales, y también a partir de propágulos dormantes presentes en el suelo (Agrios, 1978; Zentmyer, 1980; Tsao, 1983, citados por Georgi, 1993; Almaraz-Sánchez et al., (2013). *P. cinnamomi* produce clamidosporas en forma abundante en cultivos artificiales y especialmente en agar jugo V-8. Por otro lado, los esporangios son estructuras reproductivas que tienen la capacidad de incrementar el inoculo en muy poco tiempo a través de la producción de oosporas (Zentmyer, 1980, citado por Georgi, 1993).

La incidencia y severidad de la marchitez del aguacate en el tiempo, está influenciada por la susceptibilidad en las etapas iniciales en campo y el régimen de lluvias, además presenta fuerte a mediana dependencia espacial y agregación, donde los focos se asocian a zonas de menor pendiente dentro del terreno (Ramírez, 2013). Lo anterior indica que en zonas pendientes es más fácil el control y manejo, en zonas bajas en donde el terreno tiende a encharcamientos la susceptibilidad de los árboles aumenta, por lo tanto, es indispensable el conocimiento para proceder con las medidas de manejo integrado y disminuir el impacto de la enfermedad.

El proyecto de investigación se ejecutó mediante una estrategia de trabajo en equipo de la Red de Conocimiento Agrícola, Programa Jóvenes Rurales Emprendedores, actualmente Sena Emprende Rural-SER y el Programa de Atención a la Población Vulnerable, el objetivo principal consistió en realizar un diagnóstico de la problemática agronómica y fitosanitaria del aguacate, aplicando técnicas agrobiotecnológicas para el manejo integrado de la enfermedad y conservación del cultivo, caracterizando aspectos productivos y fitosanitarios, además ejecutar programas de siembra y resiembra.

En primera instancia se realizaron encuestas al productor con el fin de cuantificar, sistematizar y actualizar el área sembrada, áreas afectadas, producción e identificación de árboles enfermos; se encuestaron 96 productores en 21 veredas de los municipios de Apartadó, Carepa y San Juan de Urabá.

En campo se realizaron observaciones detalladas en diferentes áreas productivas para reportar el cuadro sintomático que se presenta en los árboles atacados por la enfermedad en sus diferentes etapas de avance, con el fin de mostrar al productor el proceso de

identificación y seguimiento a la enfermedad permitiendo tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto en la plantación y posibles nuevos focos de infección y dispersión de la patología, a nivel local y regional. Se tomaron muestras de raíces, suelo y rizosfera, procesadas en el laboratorio de sanidad vegetal del Complejo, para el aislamiento e identificación del hongo *Phytophthora spp.* y otros hongos del suelo asociados a la patología, y realizar las respectivas recomendaciones técnicas.

Metodología

El proyecto de investigación se desarrolló en Antioquia, subregión Urabá, fincas de los municipios de Carepa, Apartado, Turbo, Necoclí y San Juan de Urabá. La fase de laboratorio se desarrolla en el laboratorio de Sanidad vegetal del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico-SENA. Además, se enviaron muestras al laboratorio de sanidad vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín para el respectivo análisis fitosanitario y posterior diagnóstico. Para esta primera instancia solo se cuantificó la información de los municipios de Apartadó, Carepa y San Juan de Urabá.

El procedimiento de campo se hizo a través de encuestas a los productores afectados, según reportes presentados en las Secretarías de Agricultura y Medio Ambiente –SAMA de los respectivos municipios, o a instructores del área agrícola del Programa Ser o Población Vulnerable del SENA.

Procedimiento de campo

A través de información previamente obtenida, se identificaron parcialmente las áreas productivas (parcelas) y se elaboró el patrón sintomático de la enfermedad. A través de registros fotográficos de árboles enfermos en sus diferentes estados y con el soporte de guías de campo de diferentes autores (Coffey, 1991; Georgi, 1993; Pedro y Medina, 2000; Tamayo, 2008; Pérez -Jiménez, 2008; Sepúlveda et al., 2010; Tamayo, 2013; Ramírez, 2013), entre otros. Se realizó un reconocimiento de los síntomas en campo, los cuales se socializaron con los productores para que reconozcan el patrón y determinen las



medidas de manejo y control. Se tomaron muestras de suelo, raíces y rizosfera según metodología de Georgi, (1993) y Almaraz-Sánchez et al., (2013).

Procedimiento de vivero.

Se ejecutó un programa de siembras y resiembras del cultivo con el fin de recuperar áreas perdidas y aumentar el número de árboles en zonas potencialmente productivas, con materiales de calidad genética y fitosanitaria. Estos viveros se establecieron como estrategia para incentivar la siembra y resiembra tecnificada de aguacate en las comunidades rurales afectadas, viveros que cumplen con la normatividad nacional vigente, además por parte del SENA se le brindó a la comunidad asistencia técnica y transferencia de conocimiento por parte de los instructores.

Procedimiento de laboratorio para aislamiento e identificación del agente causal.

Para los procedimientos de laboratorio se utilizaron metodologías referenciadas por diferentes autores tales como de Agrios, (1978); Tsao, (1983); Zentmyer, (1980); Coffey, (1987); Coffey, (1991); Georgi, (1993); Agrios, (2005); Pérez-Jiménez, (2008); Ramírez, (2013) y Almaraz-Sánchez et al., (2013), con el fin de obtener cepas del hongo de diferentes áreas cultivadas y municipios, se realizó la caracterización morfológica de las cepas. Además, se enviaron muestras al laboratorio de sanidad vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín con el fin de confirmar el diagnóstico fitosanitario.

Resultados y discusión

Diagnóstico parcial agronómico y fitosanitario del cultivo.

Se encuestaron 96 productores en tres municipios, información complementaria que permite observar la problemática fitosanitaria asociada al hongo *P.*

cinnamomi y la pérdida considerable de árboles en veredas donde el cultivo tiene gran importancia para los pequeños productores. En la tabla 1 se muestra el diagnóstico parcial de la enfermedad detectada en campo.

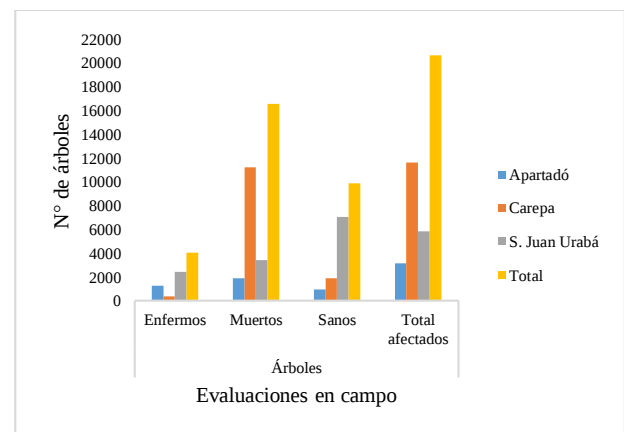
Tabla 1. N° Diagnóstico parcial de la enfermedad en los tres municipios de la subregión de Urabá.

N° de encuestas	Municipio	Árboles			Hectáreas afectadas-perdidas*
		Enfermos	Muertos	Sanos	
18	Apartadó	1252	1912	931	17,57
47	Carepa	374	11244	1892	64,54
31	S. Juan Urabá	2436	3423	7054	32,55
96	Total	4062	16579	9877	114,66

*área sembrada a 8m x 8m en triángulo

Lo anterior representa un 67,64% entre árboles muertos y afectados, sobre el total de la evaluación, y un total de 114,66 ha. afectadas, cifra muy alta teniendo en cuenta la gravedad de la enfermedad, llevando la problemática a disminuir la producción.

En Urabá se reporta una producción promedio de 300 frutos/árbol/año, frutos que se dejan de cosechar en las áreas afectadas, además los árboles enfermos se convierten en focos de infección y propagación de la enfermedad, si no se realiza el manejo adecuado. En la figura 1 se muestra el reporte de árboles evaluados en tres municipios de la subregión de Urabá.

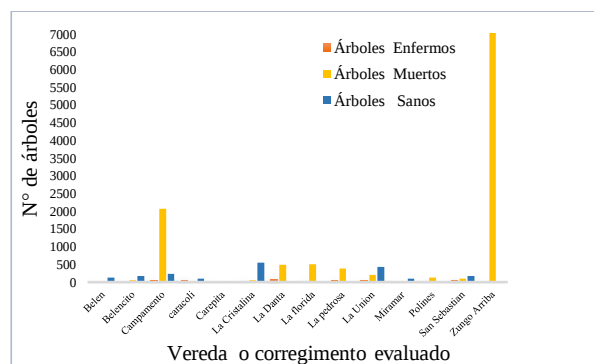


Fuente: Los autores

Figura 1. Diagnóstico parcial de la enfermedad en Apartadó, Carepa y San Juan de Urabá.

En la figura 1 se puede observar un total 20.641 árboles afectados por la enfermedad, solamente en Carepa se reportan 11.618 árboles afectados y 64, 54 ha. lo anterior significa pérdidas para los pequeños agricultores que en parte derivan su sustento del aguacate, especialmente en épocas de cosecha entre los meses de marzo y junio, esto implica que las investigaciones sobre la detección temprana del fitopatógeno y las prácticas de manejo integrado deben continuar, con el fin de brindar al pequeño productor herramientas técnicas para el establecimiento y mantenimiento del cultivo con miras a que Urabá se proyecte como productor de aguacate criollo para mercados locales, nacionales e internacionales.

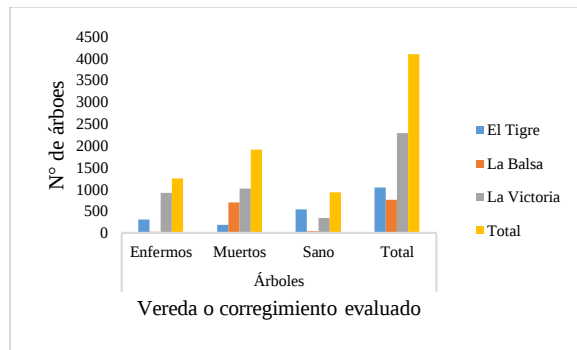
En la figura 2 se observa la evaluación de la enfermedad en 14 veredas del municipio de Carepa, un municipio seriamente afectado por el fitopatógeno. En la vereda Campamento se reportan más de 2.000 árboles muertos y en la vereda Zungo arriba el reporte es de más de 6.000 árboles muertos, indicando la pérdida total de los árboles en el área evaluada, lo cual es alarmante teniendo en cuenta la importancia de estos árboles para los pequeños productores.



Fuente: Los autores

Figura 2. Evaluación de la enfermedad en 14 veredas del municipio de Carepa.

En la figura 3 se observa la evaluación de la enfermedad en tres veredas del municipio de Apartadó



Fuente: Los autores

Figura 3. Evaluación de la enfermedad en tres veredas de Apartadó.

Como se puede observar en la figura 3, más de 4.000 árboles están afectados en Apartadó y las veredas más afectadas corresponden a La Victoria y La Balsa. El cultivo en la subregión se establece en parcelas propiedad de pequeños productores con bajo nivel en aplicación de técnicas y criterios agronómicos, lo que lleva a una baja producción, además la problemática presentada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* causante de la muerte descendente y otros agentes fitosanitarios, han debilitado el cultivo, llevando a la pérdida significativa de árboles y zonas productivas, esto se ha convertido en fuente de infección y propagación de la enfermedad, además los procedimientos para el manejo integrado no se han realizado adecuadamente, por el poco conocimiento que se tiene por parte de los productores sobre la enfermedad y su manejo especial, por ser un hongo que se propaga fácilmente por suelo, semilla, calzado y herramientas contaminadas, entre otros aspectos que hacen de la enfermedad, la más importante en el cultivo de aguacate a nivel mundial, y en Urabá ha limitado el establecimiento de nuevos cultivos por las pérdidas socioeconómicas ocasionadas a nivel de pequeño productor rural.

Cuadro sintomático de la muerte descendente en Urabá.

Teniendo en cuenta los reportes de escalas sintomáticas para la enfermedad en otras regiones del país y del mundo reportadas por diferentes autores tales como (Zentmyer, 1980; Coffey, 1991; White, 1991, citados por Georgi, 1993,); (Mansilla et al., 1993); (Pedro & Medina, 2000); (Tamayo, 2008); (Pérez-Jiménez, 2008); (Ochoa et al., 2009); (Sepúlveda et al., 2010); (Tamayo, 2013); (Ramírez,

2013), quienes describen ampliamente los síntomas reproducidos por el patógeno en los diferentes estados.

Además, los mismos autores reportan que, es característico en árboles con un estado avanzado de la enfermedad, que carezcan de nuevos crecimientos, que presenten una carga abundante y de bajo calibre, estados similares se observaron en algunas de las áreas evaluadas en la presente investigación.

Mediante recorridos de campo, entrevistas con productores y técnicos de campo se elaboró el patrón sintomático encontrado en Urabá, teniendo en cuenta los registros fotográficos, el cual se describe en la figura 4.



Amarillamiento, marchitez y defoliación apical.



Marchitez generalizada y/o disminución área foliar y presencia de áreas muertas



Pérdida total de área foliar/paloteo y muerte y descomposición árboles afectados.

Fuente: Los autores

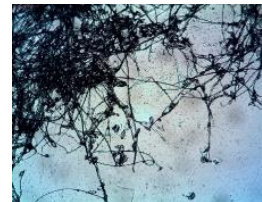
Figura 4. Cuadro sintomático de la enfermedad en la subregión Urabá.

Aislamiento del hongo *Phytophthora spp.* a partir árboles enfermos.

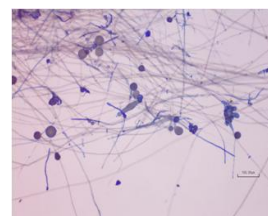
Para el aislamiento del fitopatógeno bajo condiciones de laboratorio del Complejo, se utilizaron los procedimientos referenciados en las metodologías de diferentes autores, tales como Zentmyer, (1980); Georgi, (1993); Mansilla et al., (1993); Pedro & Medina, (2000); Tamayo, (2008); Pérez-Jiménez, (2008); Ochoa et al., (2009); Sepúlveda et al., (2010); Tamayo, (2013); Ramírez, (2013); Almaraz-Sánchez et al., (2013). En la figura 5 se muestra el procedimiento realizado.



Preparación de las muestras y siembra de material vegetal, suelo y rizosfera. en medio PDA (Papa Dextrosa Agar).

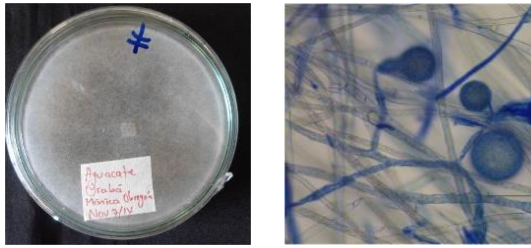


Crecimiento y desarrollo microbiano. Características morfológicas de *Phytophthora sp.* aislado en laboratorio



Observación microscópica 10X y 40X de cepa de *Phytophthora sp.* en laboratorio del Complejo

Fuente: Los autores



Fuente: Laboratorio de sanidad vegetal. Unal Medellín.

Cepas aisladas y purificadas en laboratorio de Sanidad vegetal. Universidad Nacional de Medellín. Análisis fitosanitario.

Figura 5. Procedimiento de laboratorio para aislamiento del agente causal de la enfermedad.

La problemática fitosanitaria del aguacate en los predios y veredas evaluadas bajo las condiciones de esta investigación, corresponde a la muerte descendente de los árboles, asociada al hongo *Phytophthora spp.* que pertenece a la clase Oomycetes, el cual presentó micelio algodonoso de color blanco, además caracterizado por producir esporangios y esporas flageladas o móviles que reciben el nombre de zoosporas, se reproduce normalmente en forma asexual, características reportadas por Zentmyer, (1980); Georgi, (1993); Mansilla et al. (1993); Pedro & Medina, (2000); Pérez-Jiménez, (2008); Ochoa et al., (2009) y Almaraz-Sánchez et al., (2013).

Este hongo produce la principal enfermedad de las plantaciones de aguacate en el mundo; se denomina muerte descendente por la sintomatología que presenta la planta, externamente, comienza por un amarillamiento y defoliación en la parte apical (muerte de brotes de arriba hacia abajo), marchitez generalizada, caída de hojas parcial terminando con el paloteo, decaimiento progresivo y finalmente ocasiona la muerte de árboles; internamente se observa necrosamiento de la raíces (Tamayo, 2008; Sepúlveda et al. 2010; Georgi, 1993; Tamayo, 2013). Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en zonas productoras del mundo (Pedro y Medina, 2000; Tamayo, 2008; Tamayo, 2013; Ramírez, 2013).

Actualmente en estudios más avanzados se ha determinado que *Phytophthora* se encuentra en la clasificación y taxones asociados con Chromista, Oomycota, Oomycetes, Peronosporales (Mycobank, 2017). Además, el Joint Genome Institute (2017), reporta que *Phytophthora* es un género de Oomycetes

que, a través de la evolución convergente, tiene similitudes con los hongos. Sin embargo, los oomicetos no son hongos (como se había pensado anteriormente), son parte de un reino distinto de plantas, hongos y animales que también incluye diatomeas y algas doradas y marrones, como algas marinas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario realizar investigaciones permanentes por las características genéticas del fitopatógeno, por la complejidad en el manejo integrado de la enfermedad en campo y vivero y por las condiciones edafoclimáticas de Urabá, además, es de anotar el gran potencial que tiene la subregión para la producción de frutas tropicales como el aguacate.

Construcción de viveros en comunidades

Se establecieron cinco viveros con comunidades rurales, un total de 20.200 árboles sembrados y 3.818 de ellos injertados con los productores, obtenidos de árboles patrones y copas con excelentes condiciones agronómicas y fitosanitarias para propagación y multiplicación. Esto representa un avance en la propagación variedades mejoradas sobre patrones criollos a través de viveros comunitarios y asistencia técnica por parte del Sena.

En Necoclí en las veredas Iguana central, Alto del rosario, El carrito, El descanso, Zapatica, Alto mellito, Santa Rosa de Los palmares se sembraron 11.900 árboles en 66.1 ha. En Carepa en las veredas La cristalina y Piedras blancas, 3100 árboles en 17, 2 ha. En Apartadó, en las veredas El Osito, El guineo y San José 5.200 árboles y 28.9 ha. para un total de 112,2 ha.

Las variedades establecidas corresponden a Lorena, Santana, Choquette, entre otras. En la figura 6 de muestra la construcción de viveros y proceso de injertación a través del método de púa terminal recomendado por expertos para el aguacate.



Siembra de semilla en germinador y crecimiento/ desarrollo de los árboles en vivero



Fuente: Los autores

Crecimiento de árboles injertados

Figura 6. Viveros para siembras y resiembras del cultivo en las veredas a

Estos viveros se establecieron como estrategia para incentivar la siembra y resiembra tecnificada de aguacate en las comunidades rurales afectadas, viveros que cumplen con la normatividad nacional vigente, además por parte del SENA se le brindó a la comunidad asistencia técnica y transferencia de conocimiento como apoyo al sector rural.

Para finalizar es importante resaltar, que en la subregión de Urabá no se encontraron reportes de un diagnóstico agronómico y fitosanitario específico y completo para este cultivo, desconociéndose exactamente el área sembrada y su producción por municipios, además la falta de tecnologías agrícolas y la presencia del hongo fitopatógeno (*Phytophthora spp.*) que causa la muerte descendente de los árboles, ha venido afectando considerablemente el cultivo, y esto ha llevado a la muerte de árboles altamente productivos, disminuyendo áreas cultivadas, pérdida de la diversidad en la subregión; además los árboles enfermos se han convertido en fuente de dispersión del fitopatógeno, llegando a perderse zonas potencialmente productivas de aguacate en variedades criollas o introducidas.

El problema se agrava, porque los productores rurales no cuentan con el conocimiento suficiente sobre la enfermedad y su manejo integrado, además la falta de compromiso por parte de algunas entidades, para reconocer la importancia del cultivo y de los árboles criollos y la complejidad del fitopatógeno.

Conclusiones y recomendaciones

- Urabá ha sido tradicionalmente productora de aguacate, con bajo nivel tecnológico y poca aplicación de criterios agronómicos.
- El hongo *P. cinnamomi* es el fitopatógeno más importante en aguacate y en Urabá se

presenta la enfermedad con los síntomas típicos causando graves pérdidas.

- El agente causal de la enfermedad es un patógeno que se propaga y disemina fácilmente por suelo, semilla y herramienta contaminada a partir de focos iniciales de infección lo que exige un manejo fitosanitario especial en prevención y manejo en zonas afectadas.
- El grado de avance de la enfermedad en los municipios evaluados se sitúa en un 67,64%, sumando árboles enfermos y muertos en relación al total de árboles.
- En total se reportan 114,66 ha. afectadas en los municipios de Carepa, Apartadó y San Juan lo que representa pérdidas socioeconómicas y de diversidad para los pequeños productores de las comunidades rurales.
- El cuadro sintomatológico coincide con el reportado por diversos autores para el hongo *Phytophthora cinnamomi*, constatado esto por pruebas de laboratorio.
- Se establecieron cinco viveros con comunidades rurales, 3.818 árboles injertados en las veredas y un total de 22.200 árboles sembrados.
- Por el problema fitosanitario descrito y por su grado de avance los productores manifiestan desinterés por el cultivo, por lo tanto, se debe trabajar en proyectos y programas de capacitación para siembras y resiembras en zonas potencialmente productivas con el fin de potenciar el cultivo.
- Es importante la implementación de programas de capacitación y transferencia de tecnología para mejorar los sistemas productivos aguacateros e incrementar la producción y el rendimiento del cultivo y de esta manera en parte mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales, que derivan el sustento de cultivos como el aguacate.



Agradecimientos

A todos los productores de aguacate que contribuyeron al desarrollo de la investigación, al ingeniero Elkin Humberto Granada Jiménez subdirector de centro y al coordinador Jairo León Lopera Noreña por todo el apoyo brindado durante el proceso. Al programa Sena Emprende Rural y al Programa Población Vulnerable del SENA por permitir los espacios para la investigación. Especial agradecimiento a Diego Alejandro Aristizabal Duque líder del programa JRE (en su momento), por todo el apoyo brindado y la permanente gestión al inicio de la investigación aplicada.

Referencias bibliográficas

- Agrios, G. N. (1978). *Plant pathology*. 2nd.ed. New York, Acad: Press. 703p.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth Edition. Elviesier Academic Press. London, UK. 530p.
- Almaraz-Sánchez, A., Alvarado-Rosales, D. & Saavedra-Romero, L. (2013). *Trampeo de Phytophthora cinnamomi en bosque de encino con dos especies ornamentales e inducción de su esporulación*. En: Rev. Chapingo ser. Cienc. For. Ambient. Vol.19 N°1 Chapingo ene./abr. pp.5-12. México. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182013000100002 [Marzo 13, 2016]
- Coffey, M. (1987). *Phytophthora root rot of avocado. An integrated approach to control in California*. Plant Disease. Vol. 71 N° 11. pp.1046-1052. Recuperado de https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1987Articles/PlantDisease71n11_1046.pdf [Agosto 13, 2016]
- Coffey, M. 1991. *Cause and diagnosis Avocado root rot*. California Grower, 15(3): 17. Pp.22-23. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9145791> [Noviembre 10, 2017]
- Georgi, K. I. (1993). *Metodología para la evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad "Tristeza del palto" aislamiento, identificación y patogenicidad de cepas de Phytophthora asociadas*. Tesis de grado. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Quillota-Chile. 99p. Recuperado de: http://www.avocadosource.com/papers/chile_papers_a-z/g-h-i/georgikaren1993.pdf [Marzo13, 2015]
- Joint Genome Institute. (2017). *Phytophthora cinnamomi var cinnamomi v1.0*. Genome portal. Recuperado de <https://genome.jgi.doe.gov/Phyci1/Phyci1.home.html> [Agosto 16, 2017]
- Mansilla, J., Pinto, C. & Salinero, C. (1993). *Aislamiento e identificación en la provincia de Pontevedra de Phytophthora cinamomo Rands, como patógeno de Viña*. En: Bol. San. Ver. Plagas. 19: pp.541-549. Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-19-04-541-549.pdf [Abril 16, 2015]
- Ministerio de Agricultura. (2017). *Estadísticas Agropecuarias. Área sembrada, producción y rendimiento de aguacate en el Departamento de Antioquia*. Agronet. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx#> [Septiembre 14, 2017]
- Mycobank. (2017). *Phytophthora cinnamomi var. robiniae H.H. Ho*, Mycotaxon 82: 392 (2002) [MB#378143]. Recuperado de <http://www.mycobank.org/BioMICS.aspx?TableKey=14682616000000067&Rec=436365&Fields=All> [Agosto 13, 2017]
- Ochoa, Y., Cerna, E., Landeros, J., Vásquez, O., Olalde, V. & Flores, A. (2009). *Diversidad genética de Phytophthora cinnamomi Rands de aguacate en México, por medio de RAPD*. 2009. En: Revista internacional de botánica experimental, México, N° 78: pp.28-30. ISSN 1851-5657. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572009000100005&script=sci_arttext [Febrero 16, 2016]
- Pedro, E. & Medina, C. (2000). *Muerte radicular o muerte descendente (Phytophthora cinnamomi Rands) en plantaciones de aguacate (Persea americana Mill)*. Redfrut. Hoja divulgativa N° 4. Santo Domingo, República Dominicana. 4p. Recuperado de:



http://www.viverosbrokaw.com/Hoja_Divulgarativa_Pudricion_Radicular.pdf
Octubre/02/13. [Febrero 12, 2016].

- Pérez- Jiménez, R. (2008). Significant avocado diseases caused by fungus and oomycetes. The European Journal of Plant Science and Biotechnology. Global Science Books. pp.1-24. Recuperado de [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0806/EJPSB_2\(1\)/EJPSB_2\(1\)1-24o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0806/EJPSB_2(1)/EJPSB_2(1)1-24o.pdf) [Diciembre 3, 2016]
- Sepúlveda, P., Rebufel, P., Sepúlveda, G. y Bilbao, C. (2010). *Tristeza del palto, Una enfermedad importante*. Instituto de investigaciones agropecuarias-INIA. Informativo N° 31. Chile. 4p. Recuperado de: http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_31.pdf [Marzo 23, 2015]
- Ramírez, J. G. (2013). *Incidencia, diagnóstico, comportamiento y alternativas de manejo de marchitez del aguacate con énfasis en Phytophthora cinnamomi Rands*. Trabajo de Maestría en Ciencias agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 190p. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9404/1/70979262.2013.pdf> [Junio 13, de 2016].
- Tamayo, P. (2008). *Enfermedades y desordenes abióticos*. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. J. A. Bernal E. y Cipriano A. Díaz D. (Eds), *Tecnología para el cultivo del Aguacate*. Pp.155-195. Corpoica. Rionegro-Antioquia. Produmedios.
- Tamayo, P. (2013). *Enfermedades y desordenes abióticos*. En: *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo del Aguacate*. (pp.286-313. Corpoica. Medellín-Colombia. Carvajal soluciones de comunicación SAS.
- Tsao, P. H. (1983). *Factors affecting isolation and quantitation of Phytophthora from soil*. In D. C. Erwin, S. Bartnicki-García, & P. H Tsao (Eds.), *Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology, and pathology* pp.219–236. USA: APS Press.
- Zentmyer, G. A. (1980). *Phytophthora cinnamomi and the Diseases It Causes*. Monogr. 10. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 120p.



Desarrollo de una aplicación con programación Android que optimice el entrenamiento deportivo en el fútbol

Development of an app with Android programming that optimizes sports training in soccer

Jhoan David Galarcio Martínez. *Tecnólogo en Actividad física. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-Sena. E-mail: juan.gala2009@hotmail.com*

Recibido: diciembre 13 de 2016. Aceptado: octubre 2 de 2017

Resumen

ETMOVIL TOTAL es una herramienta tecnológica, que permitirá una mejor administración de los recursos del entrenamiento deportivo desarrollados por los entrenadores de futbol, tanto principiantes como expertos podrán utilizarla, llevando a cabo una preparación física, técnica y táctica, facilitando las sesiones de entrenamiento y organización de la información de los jugadores. En la actualidad los entrenadores de futbol de la subregión de Urabá almacenan la información en papel o en tablas de Excel en un computador. Con esta aplicación se brindará al entrenador una herramienta para mantenerla información segura y organizada. Dentro del entrenamiento del fútbol una de las principales necesidades es la organización y la planificación de las jornadas, por lo tanto, el desarrollo de esta aplicación permite llevar un entrenamiento óptimo según las categorías, las actividades, el deportista, la edad, la condición física y talento deportivo. Esta aplicación cuenta con una función que desarrolla los test deportivos que existen para medir la condición física de los jugadores, cada test se identifica por una operación matemática y a través del tiempo en el cual el deportista trabaja, por cada ejercicio emitirá un resultado que informará en qué condiciones se encuentra, esto facilita al entrenador tener un registro del mejoramiento de la condición física del deportista por cada ciclo de entrenamiento. Esta aplicación está basada en las diferentes plataformas App, Java las cuales almacenarán contenido en el tema físico, técnico y táctico que serán útiles para el entrenamiento diario. Se facilitará el proceso de evaluación. Esta aplicación tendrá la posibilidad de que cada entrenador observe nuevos métodos aplicados en fútbol, además podrá ingresar nuevos entrenamientos. El proyecto se realizó en el Municipio de Apartadó en el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico a través de procesos de investigación formativa en el Semillero de investigación SENA en Ciencias de la Actividad Física y el Entrenamiento Deportivo- Siscafed.

Palabras clave: futbol base, entrenamiento deportivo, Urabá, Etmovil total, App

Abstract

ETMOVIL TOTAL is a technological tool that will allow a better management of sports training resources, developed by soccer coaches, both beginners and experts will be able to use it, carrying out a physical, technical and tactical preparation, facilitating training sessions and organization of layers information. Nowadays, soccer coaches in the Urabá sub region store information on paper or in Excel tables on a computer. With this app, the coach will be provided with a tool to keep the information safe and organized. Within the training of soccer one of the main needs is the organization and the fact of planning the days, therefore, the development of this app allows to ensure an optimal training according to the categories, activities, layers, the age, the physical condition and sports talent. This app count with a function that develops the sports tests that exist to measure the physical condition of the players, each test is identified by a mathematical operation and through the time in which the athlete works, for each exercise will emit a result that will inform in what conditions are found each one, this makes it easier for the coach to have a record of the improvement of the physical condition of the athlete for each training cycle. The app is based on the different App platforms, Java platforms which will store content on the physical, technical and tactical items that will be useful for daily training. The evaluation process will be facilitated. This app will give to each coach the possibility of observing new methods applied in soccer, in addition you can enter new training. The project was carried out in Apartadó city in the Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico through formative research processes in the SENA.

Key words: soccer base, sports training, Urabá, Etmovil total, App

Introducción

La historia moderna del deporte más popular del planeta abarca más de 100 años de existencia. Comenzó en 1863, cuando en Inglaterra se separaron los caminos del "rugby-football" (rugby) y del "association football" (fútbol), fundándose la asociación más antigua del mundo: la "Football Association" (Asociación de Fútbol de Inglaterra), el primer órgano gubernativo del deporte (Federación Internacional de Fútbol Asociación-FIFA, 2016).

El deporte del fútbol ofrece oportunidades de éxito atlético a una variedad más amplia de personalidades, tipos de cuerpo y talentos atléticos naturales que ningún otro deporte. Con sus oportunidades de demostrar la capacidad individual, así como competir en equipo, pocos otros deportes pueden proveer tanto para tantas personas. Este deporte ofrece la oportunidad de desarrollarse física, emocional y socialmente, descubrir talentos ocultos, aprender sobre uno mismo, y desarrollar un nuevo sentido de capacidad y valor personal. La oportunidad de formar parte de un equipo, y al mismo tiempo, competir como individuo. Permite tener lecciones sobre la vida y la realidad. Motivación para tratar de alcanzar metas y objetivos que la mayoría de los adolescentes abandona por considerarlos imposibles. Todas estas posibilidades están incluidas en la esencia única del deporte. El entrenador carga sobre sus hombros la gran responsabilidad de convertir estas características en una parte íntima de la experiencia futbolística de cada joven atleta. (Chapman et al., 2008). Según Vera & Merchán (2011), de la elaboración teórica y de la comprobación práctica de un enfoque metodológico teniendo en cuenta las premisas rectoras de la planificación del entrenamiento en fútbol, se plantea la distribución de la carga a través de modelos de mesociclos, microciclos y sesiones de entrenamiento proponiendo un conjunto de métodos que se convierten en una novedosa forma de realizar el entrenamiento del fútbol.

Para desarrollar la aplicación Etmovil total en principio se deben conocer algunos aspectos y conceptos que se aplican al entrenamiento de fútbol que son de vital importancia para cumplir los objetivos, a continuación, se describen algunos:

Importancia de la coordinación

Si hay una palabra que todo entrenador de fútbol, sea cual sea el nivel, deba conocer (y también deba haber aplicado) es la de coordinación. Esta, es una cualidad fundamental para que el futbolista pueda realizar de la manera más eficiente, precisa y técnica todas las acciones físicas y técnicas (carrera, salto, pase, disparo, centre, entre otras.) (Brines, 2015). Dentro del mundo de la educación física y deportiva, de la misma manera que ocurre con muchos términos, se han dado varias definiciones de la coordinación, "la capacidad de hacer intervenir armoniosa, económica y eficazmente los músculos que participan en la acción, en conjunción perfecta con el espacio y el tiempo." es una de ellas (Lora, 1991; citado por Brines, 2015).

Importancia de la fuerza

Entre los objetivos del trabajo de fuerza se destaca el aumento del rendimiento deportivo (correr más rápido, saltar más alto). Esto se conseguirá a través del aumento de la potencia muscular que servirá para afrontar todas aquellas acciones explosivas que nos encontremos en un partido, prevención de lesiones (protección de articulaciones, compensación de desequilibrios producidos por la competición). De la fuerza puede hacer muchas divisiones (fuerza de salto, de golpeo, de desplazamiento, hipertrofia, máxima, etc.) (Fandiño, 2012).

Importancia de la técnica

Son los movimientos ideales en los que se utiliza el balón para resolver óptimamente una situación de juego. El jugador deberá ser capaz de utilizar la pelota con velocidad y precisión en las más incómodas situaciones de juego que se le puedan presentar, el alto rendimiento de los jugadores de los grandes equipos del mundo se basa en una buena capacidad técnica general, el entrenamiento de la técnica debe iniciarse en la infancia y perfeccionarse en la juventud y adultez, el objetivo general es llegar a expresar, en la alta competencia futbolística, un dominio avanzado y estable de un gran número de destrezas técnicas. De nada sirve el dominio de los elementos técnicos del fútbol en situaciones fáciles y simples (Fútbol formativo, 2016).

Importancia de la táctica

Los principios tácticos o de juego son definidos como "ideas fundamentales básicas y esenciales del fútbol, que se han agrupado en un verdadero método

de trabajo, que persigue dos finalidades específica, Preparar al jugador para desenvolverse con éxito ante los numerosos problemas tácticos que a cada instante le presenta el fútbol durante la competencia, formar en el jugador una mentalidad táctica o de juego que le permita tomar iniciativas o variar planes de juego, de acuerdo al acontecer de un partido, desarrollándose por medio de tres mecanismos (percepción – decisión – ejecución) la inteligencia de juego, Los principios tácticos de base se dividen en generales, ofensivos y defensivos y son una suma de frases que según la dinámica del juego pretenden dar una idea general al jugador, frases de fácil comprensión y rápido análisis(Contreras,2016). En las tablas 1 y 2 se muestra los principios tácticos ofensivos y defensivos utilizados en el futbol.

Tabla 1. Principios tácticos defensivos

Principios tácticos ofensivos			
Control	Movilidad	Penetración	Improvisación
Control del partido	Demarcaciones	Paredes	Ataques
Conservación del balón	Apoyos	Espacios libres	Ritmo de juego
Cambios de orientación	Cambios de ritmo	de	Desdoblamientos
Control de juego	Cambio de dirección	de	Progresión
Vigilancias	-	-	

Fuente: Contreras (2016)

Tabla 2. Principios tácticos defensivos

Principios tácticos defensivos		
Retardación	Marcajes	Recuperación
Repliegues	Coberturas	Doblajes
Temporización	Permutas	Anticipación
-	Relevos	Intercepción
-	Vigilancias	Carga
-	-	Entradas

Fuente: Contreras (2017)

Aplicaciones app

En los últimos años los teléfonos móviles han experimentado una gran evolución, desde los primeros terminales, grandes y pesados, pensados sólo para hablar por teléfono en cualquier parte, a los últimos modelos, con los que el término “medio de comunicación” se queda bastante pequeño. Es así como nace Android. Android es un sistema operativo y una plataforma software, basado en Linux para teléfonos móviles. (Universidad Politécnica de Valencia, 2016). Además, también usan este sistema operativo (aunque no es muy habitual), Tablet, netbooks, reproductores de música e incluso PC's. Android permite programar en un entorno de trabajo (framework) de Java, aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik (una variación de la máquina de Java con compilación en tiempo de ejecución). Además, lo que le diferencia de otros sistemas operativos, es que cualquier persona que sepa programar puede crear nuevas aplicaciones, widgets1, o incluso, modificar el propio sistema operativo, dado que Android es de código libre, por lo que sabiendo programar en lenguaje Java, va a ser muy fácil comenzar a programar en esta plataforma (OpenLibra, 2017)

Aplicaciones app en el deporte

Las aplicaciones app cada día están abarcando diferentes áreas incluyendo el deporte, apoyando a los entrenadores de la nueva generación para su organización y planificación, las herramientas o aplicaciones app están ganando un gran espacio en el deporte, ya que por su versatilidad y fácil uso en teléfonos inteligentes o Tablet, las personas pueden disponer de información segura y mantener la planificación deportiva, en la actualidad las aplicaciones app brindan una alternativa de unir la tecnología y el deporte para mejorar los procesos.

Aplicaciones app en futbol

En la actualidad se destacan varias aplicaciones deportivas para el entrenamiento del futbol que incluyen el registro y seguimiento del entrenamiento:

AppMy Soccer Trainer: Es una aplicación gratuita para entrenadores de fútbol desarrollada por Amazing apps para Android que da acceso a multitud de vídeos. Contiene ejercicios para mejorar las capacidades de los jugadores, que pueden ser interesantes, hasta recopilaciones de jugadas de varios astros del balón como Zidane ó Messi. Al entrar en la aplicación se accede a una pantalla

donde se puede ver un texto introductorio, el texto manifiesta que contenidos de la aplicación se renuevan constantemente atendiendo a las sugerencias de los usuarios, por lo que se anima a todos los entrenadores que la hayan descargado a transmitir sus impresiones y proponer cambios (Sportics, 2017)

Football Coach: es una aplicación para diseñar ejercicios, planificar entrenamientos y preparar tácticas de fútbol. Dispone de una pizarra digital muy fácil de utilizar con la que el entrenador puede programar la posición de los jugadores, sus movimientos y el del balón en ejercicios tanto físicos como de técnica individual, mejora del regate, juego de equipo, disparo, etc. El entrenador define dónde quiere colocar a sus jugadores, lo que quiere que hagan y determina el tiempo de duración de cada ejercicio. Una vez programado se puede previsualizar por si se considera necesario hacer algún cambio. Una vez definida la jugada (la app permite diseñar hasta cinco tipos: corner, falta, banda, jugada y otros) puede nombrarse y almacenarse para su posterior visionado gracias a un reproductor que incluso permite elegir la velocidad a la que se verán las imágenes. (Sportics, 2017)

Football Manager App: está pensada básicamente para entrenadores que busquen almacenar datos relacionados con sus equipos, jugadores, partidos, estadísticas de los equipos y los jugadores, etc. La información introducida quedará almacenada hasta que el usuario decida lo contrario, eliminando los datos que ya no desee tener en su dispositivo de manera fácil e intuitiva. Aparte de eso, se ha desarrollado una pizarra táctil donde el usuario podrá realizar sus tácticas previas al partido y enseñársela a sus jugadores. Dispondrá de dos colores para diferenciar los diferentes jugadores que se dibujen. Además, se pueden realizar ligas online para que varios usuarios simultáneamente accedan a su contenido o lo modifiquen. Las ligas podrán ser reales a nivel profesional, de amigos o incluso ligas de videojuegos. Se ha realizado un apartado de mensajería donde los usuarios se podrán comunicar entre ellos sin salir de la aplicación. Bastará con buscar al usuario en el sistema, seleccionarlo y mandarle un mensaje. Si un usuario decide eliminar todos sus datos del sistema, podrá hacerlo y se eliminará cualquier información relacionada con él (González, 2015).

En Google play store se encuentran disponibles las siguientes aplicaciones:

Ejercicios Fútbol Base Apps: Aplicación de consulta con más de 400 ejercicios de entrenamiento. Los ejercicios están clasificados por edad recomendada: menos de 8 años, 8 - 11 años, 11 - 14 años, 14 - 18 años y más de 18 años. Categorías según naturaleza: Táctica, Técnica, Físicos, Globalizados, Específicos, Psicológicos y Estrategia. Cada ficha contiene un gráfico en movimiento que facilita la comprensión del mismo. A su vez incluye diferente información complementaria como: Descripción/desarrollo, tiempos y repeticiones, dificultad, dimensiones del terreno necesario, consejos, elementos físicos necesarios, etc.

Soccer Exercises for Kids: Ejercicios de Fútbol para Niños, aplicación de referencia con más de 300 ejercicios de entrenamiento. Todos los ejercicios se clasifican por: Edad recomendada: a menos de 8 años, 8-11 años, 11-14 años, 14-18 años y mayores de 18 años. Categorías de acuerdo con la naturaleza: Táctico, Técnico, Física, globalizado, específico, psicológico y Estrategia. Cada ejercicio contiene un gráfico de movimiento que facilita la comprensión. Un giro diferente incluye información como: Descripción / desarrollo tiempos y repeticiones, la dificultad, las dimensiones del campo, elementos físicos necesarios, etc.

Training: Entrenamiento de fútbol es la aplicación con una gran cantidad de ejercicios de entrenamiento de fútbol con un programa de entrenamiento completo que contiene todos los ejercicios básicos y avanzados para la práctica de fútbol. Hoy en día el fútbol profesional y aficionado requiere un alto nivel de formación y la aptitud. Con esta aplicación se puede aprender cómo mejorar su condición física y la forma de ejecutar el fútbol más complejo pasa con ejercicios específicos de entrenamiento físico. Esta aplicación incluye:

- Ejercicios de todo tipo: técnicos, tácticos, físicos específicos, estratégicos y calentarse.
- Ejercicios de entrenamiento específicas para porteros.
- Ejercicios repetitivos para reducir los tiempos de respuesta y mejorar sus habilidades.

- Técnicas y estrategias de control de la bola para mejorar su técnica en diferentes posiciones en el campo.
- Consejos de entrenamiento para convertirse en un entrenador profesional (Google play Store, 2016).

My Goal: “Tu entrenador personal de fútbol”. Es tu plataforma personal de entrenamiento futbolístico con los mejores contenidos de nuestra red de expertos para conseguir metas personales de entrenamiento. “Mejora un aspecto concreto de entrenamiento en 15 minutos”. Ofrecen programas audiovisuales de entrenamiento Premium creados por expertos para mejorar tu rendimiento futbolístico. Un programa de entrenamiento contiene al menos cuatro ejercicios con videos e instrucciones para un entrenamiento individualizado óptimo. Los clientes pueden ser jugadores y jugadoras con ganas de mejorar, entrenadores con ganas de incentivar a sus jugadores, padres que quieran entrenar con sus hijos.

Football Training Video: Esta aplicación contiene ejercicios básicos y avanzados para la práctica de fútbol. Ofrece una gran cantidad de tutoriales. Se puede conseguir todo tipo de videos de ejercicios como técnico, físico, específico y calentamiento. La formación en este programa abarca ejercicios de fútbol, pases, tiros, agilidad, ejercicios de entrenamiento, entre otros aspectos.

Habilidades de futbol: Aplicación utilizada para mejorar el control de balón de fútbol y habilidades como jugadores profesionales de fútbol. En esta aplicación, se han seleccionado las habilidades de fútbol más fundamentales. Estas son las habilidades de fútbol útiles que se pueden utilizar cuando se está tratando de salir de una situación difícil en el campo de fútbol o la necesidad de superar la defensa rival. También se puede aprender a jugar al fútbol como un profesional con los videos de la aplicación.

En general se encuentran otras aplicaciones con contenido referente al entrenamiento de futbol, sin embargo, carece de algunas características especiales Etmovil total contiene que más adelante de describen. Etmovil total surge ante la necesidad de contar con una

herramienta tecnológica que los entrenadores de futbol puedan utilizar para almacenar, ordenar y aprovechar el conocimiento, las capacidades de los

jugadores, las estrategias planteadas, las técnicas y tácticas utilizadas en el campo de juego, como metodologías de mejora continua y de aprovechamiento de todo el potencial.

Metodología

Localización geográfica

El desarrollo de la aplicación se realizó en el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico – Sena, Apartado, localizado en la subregión de Urabá en el departamento de Antioquia.

Métodos

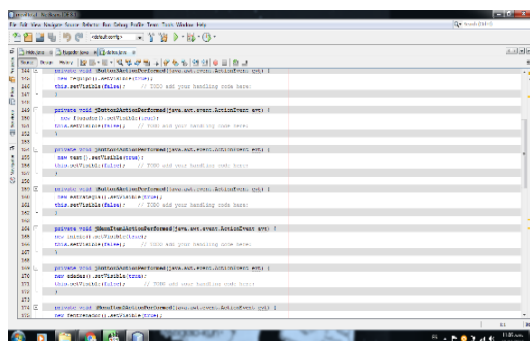
La aplicación se desarrolló en la plataforma de programación Netbeans es un entorno integrado de desarrollo o IDE (Integrated Development Environment). En este entorno virtual se realizaron todas las tareas asociadas a la programación y la parte de diseño y codificación de las funciones. Se utilizó un computador CORE 5 en donde están instalados los programas o componentes que permiten la construcción de esta aplicación, conectada a una base de datos XAMPP, que permite guardar y actualizar la información insertada en la aplicación. Posteriormente se recolectó la información a insertar en la aplicación, tales como ejercicios, test, formaciones, entre otras, toda esta información está basada únicamente en el futbol.

Análisis y requerimientos del software

Se realizó un estudio previo donde se analizaron todos los componentes que integran el aplicativo del software

Análisis y diseño de la base de datos

Se realizó un estudio previo de las tablas de las bases de datos y la relación que cada una tiene al almacenarán la información. En la figura 1 se muestra el diseño de las tablas de la base de datos.

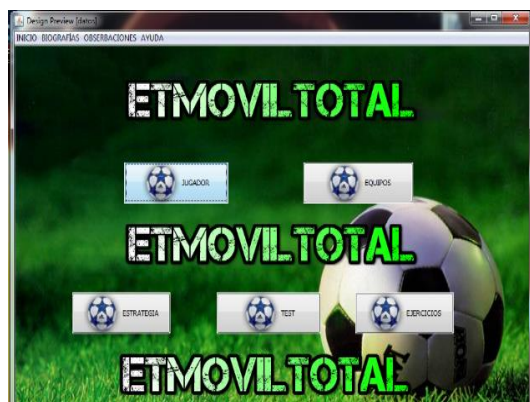


Fuente: El autor

Figura 1. Tablas de la base de datos

Creación del prototipo (diseño e interfaz gráfica del software)

Se realizó un diseño del protocolo de fusión de cada uno de los componentes del software. En figura 2 se puede observar las funciones que tendrá la aplicación.



Fuente: El autor

Figura 2. Diseño de las funciones principales de la aplicación

Codificación del software y realización funcional del prototipo

Se inició el desarrollo de la aplicación en las diferentes plataformas virtuales donde se vinculará el software con todos sus componentes a realizar los componentes y condiciones que harán las funciones de la aplicación. En la figura 3 se observa un ejemplo de la codificación de los algoritmos en NetBeans.



Fuente: El autor

Figura 3. Codificación del código de programación

Prueba de funcionamiento y captura de errores y puntos a mejorar

Se realizaron pruebas de campo, donde se analizó el desempeño y la versatilidad del programa en el contexto deportivo, se observó errores, falencias, potencialidades y virtudes del software en instalaciones del Complejo Tecnológico, Agroindustrial Pecuario y Turístico-Sena, Apartadó, en el gimnasio y cancha de fútbol realizando pruebas de campo de todos los componentes del software

Corrección de errores e implementación de mejora

Se modificaron los errores y se mejoró la aplicación de acuerdo a lo observado en la prueba de campo, con el equipo de apoyo se decidieron nuevas funciones para la aplicación, por lo tanto, se mejoró la sensibilidad a la aplicación para todos los usuarios, finalizado el desarrollo de ETMOVILTOTAL.

Resultados y Discusión

Formación y estrategia del fútbol

La parte de formación y estrategia permite al entrenador contar con una ventana que le muestra gráficas e información de sus jugadores para el partido. Los datos más importantes del jugador son: nombre, edad, posición y pie dominante para luego darle posibilidad al entrenador de poder organizar la nómina del equipo dando tan solo un clic al nombre del jugador que desea tener en cuenta y mandarlo a la opción de titular o suplente, una organización que le permitirá durante el partido y en tiempo real seleccionar al jugador, para luego desplegar un cuadro de texto llamado observaciones, donde podrá

escribir los datos observados, componentes que estén fallando o dificultades del jugador mientras esta en el partido, después podrá revisarlos en el entrenamiento dando una mayor facilidad de lectura y seguridad después de guardados. Esta aplicación trae 10 formaciones previamente establecidas, pero a su vez el entrenador puede ingresar sus propias formaciones desarrolladas durante sus años de experiencia. En la figura 4 se observa el inicio de la aplicación



Fuente: El autor

Figura 4. Formación y estrategia según la aplicación desarrollada Etmoviltotal

Test del futbol

Esta opción cuenta con una barra de herramientas que muestran diferentes opciones de test certificados para el futbol, da la facilidad de medir las condiciones físicas del deportista, estas se dividen en flexibilidad, resistencia, fuerza y psicológicos.

Cuenta con unos parámetros los cuales ayudan a la fácil interpretación de los datos y la capacidad para guardar información ilimitada en un servidor en la nube, cada ventana está conectada con la tabla de datos que contiene la información del deportista, relacionándolo con la tabla de test en donde trae al instante el nombre del jugador que va a realizar la prueba y para mayor seguridad de la información, esta genera los datos exactos al instante junto con la facilidad de guardarlos continuamente. El entrenador contará con una tabla que le mostrará los resultados de cada prueba para luego poder obtener y ver un análisis organizado de sus pruebas. En la figura 5 se muestra la ventana de test deportivos que se pueden aplicar al futbol.



Fuente: El autor

Figura 5. Ventana de test deportivos para el futbol

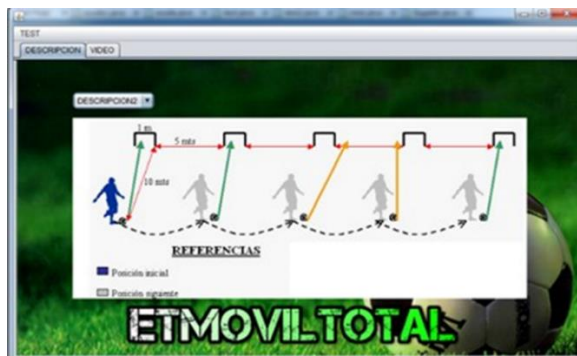
La ventana de test también cuenta con un botón opcional llamado ayuda en donde se desplegará un cuadro que le permite observar un video explicativo de cada uno de los test que tiene la aplicación para una mayor facilidad de interpretación como se observa en la figura 6.



Fuente: El autor

Figura 6. Ventana de video de ayuda

Continuando con la información en esta parte de la aplicación se muestra cuadros de información que explican detalladamente el paso a paso para la realización de cada test de tal manera que le permita al entrenador leer y analizar mejor cada una de las pruebas, como se observa en la figura 7.



Fuente: El autor

Figura 7. Ventana de cuadros gráficos informativos

Entrenamientos del futbol y sus categorías

La parte de entrenamientos del futbol y sus categorías permite al entrenador contar con una ventana que le muestra diferentes opciones de entrenamientos. La ventana presenta opciones por edades 6 a 8, 9 a 11, 12 a 14, 15 a 16, 17 a 18 y mayores, cada opción le muestra información donde el entrenador podrá saber que ejercicios programar a sus jugadores acorde a la edad sin riesgo de sobre entrenar al deportista, lo anterior se muestra en la figura 8



Fuente: El autor

Figura 8. Ventana categoría

Cada opción lo remitirá a una ventana donde encontrará pestañas que muestra una serie de ejercicios preestablecidos en la aplicación físicos, tácticos, técnicos y psicológicos. Para estos ejercicios la aplicación presenta una imagen didáctica junto a la descripción y metodología de cada entrenamiento, como se puede observar en la figura 8.

Además, la aplicación permite que el entrenador la retroalimente con su propio conocimiento ya que, aunque trae ejercicios preestablecidos el entrenador puede ingresar sus planificaciones y entrenamientos que él ha desarrollado en su vida profesional



Fuente: El autor

Figura 8. Ventana ejercicios

Esta aplicación cuenta con 7 funciones principales donde el entrenador podrá tener todo lo necesario para potencializar el entrenamiento y mejoramiento del talento deportivo en la zona de Urabá Antioquia y otros sitios donde se requiera, la aplicación se podrá manipular por computador, celular y Tablet, para mejor uso y fácil acceso a ella. Cuenta con la libertad de insertar y manipular información para estar en constante actualización de nuevo método de entrenamiento en el futbol.

Todo el proceso fue algo nuevo y apasionante, cada día fue lleno de aprendizajes, uniendo la formación en tecnología en Actividad Física y la ingeniería de Sistemas, permitiendo abrir caminos y enseñanzas para pensar en desarrollar nuevas aplicaciones dirigidas al deporte, gracias al semillero se logra conocer y ver nuevos métodos de aprendizaje y mejores oportunidades de generar conocimiento e innovación, es una alegría ver a otras personas, muchas veces son expertos en el tema, aportando a la idea con sugerencias y recomendaciones para mejorar e innovar en diferentes ámbitos, académicos, sociales, deportivos, laborales y empresariales.

Conclusiones y recomendaciones

- Los test incorporados permiten realizar múltiples procedimientos dirigidos al



fútbol para medir el rendimiento y la capacidad en que esta el deportista tanto en lo físico, técnico, psicológico, en la fuerza, velocidad y flexibilidad. La aplicación genera datos para las tablas de medición.

- La creación de estrategias permite al entrenador crear la nómina del equipo, la posición de juego de cada jugador, la formación que juego que tendrán quedando guardada para usos futuros.
- La aplicación guarda la información y planificación dividida por edades teniendo la posibilidad administrarla y almacenarla de manera segura.
- La aplicación también contiene vídeos para el entrenador donde se muestra la forma de hacer el ejercicio o el test para una mejor interpretación y desarrollo de la jornada.
- La ventana de observaciones le permite al entrenador ingresar falencias del jugador tácticas, físicas o técnicas durante el partido permitiendo leer y analizar lo escrito para generar reportes de acciones de mejora.

Agradecimientos

Quiero dar gracias a Dios por la sabiduría y salud, al Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico SENA, a los instructores de la red Deportes y Actividad física especialmente a Javier Orlando Peralta Álzate, al líder de la red de deportes Wilson Urrutia y a Mónica Obregón Barrios líder Sennova, quienes ayudaron a realizar este proceso de investigación formativa con un enfoque innovador para desarrollar habilidades y destrezas que permiten el logro de objetivos para aportar a mi región de Urabá.

Referencias bibliográficas

Chapman, S., Derse, E. y Hansen. (2008). *Manual de entrenamiento de futbol. La 84 foundation*. Los Ángeles. EE. UU. 286p. Recuperado de [http://la84.org/wp-](http://la84.org/wp-content/uploads/2016/09/LA84SpanishSoccerManual.pdf)

[content/uploads/2016/09/LA84SpanishSoccerManual.pdf](http://la84.org/wp-content/uploads/2016/09/LA84SpanishSoccerManual.pdf) [Junio 19, 2017]

Báez, M., Borrego, A., Cordero, J., Cruz, L., González, M., Hernández, F. & Torralbo, P. (2012). *Introducción a Android*. (pp.3). (E.M.E. Editorial). Recuperado de <http://ceavitoria.com.es/Sergio/Android/Apuntes/android.pdf> [Diciembre 28, 2016]

Futbol formativo. (2011). *Teoría del entrenamiento de la Técnica*. Recuperado de <http://www.futbolformativo.com.ar/2011/01/tecnica.html> [Diciembre 28, 2016]

Brines, J. (2015). *La importancia del trabajo de coordinación en el fútbol. Young cracks*. Futbol base en estado puro. Recuperado de <http://www.futbolbaseenestadopuro.com/la-importancia-del-trabajo-de-coordinacion-en-el-futbol/> [Diciembre 27, 2016]

Contreras, F. (2017). *Principios tácticos del futbol*. Entrenadores info. Recuperado de: http://www.escoladefutbol.com/beto/docs/prin_tac/prin_tac.htm [Diciembre 28, 2016]

Fandiño, J. (2012). Trabajo de fuerza en el fútbol. Recuperado de https://www.futbolsesion.com/images/Trabajo_de_fuerza_en_el_futbol.pdf [Noviembre 2 del 2017]

Federation Internationale de Football Association - FIFA (2011). *Historia del fútbol Los orígenes.1994 - 2016 FIFA*. Recuperado de <http://es.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-game/index.html> [Diciembre 27, 2016]

Futbol sesión (2012) *Trabajo de fuerza en el fútbol*. Copyright© 2012. Recuperado de http://www.futbolsesion.com/images/trabajo_de_fuerza_en_el_futbol.pdf [Diciembre 27, 2016]



- Gimeno, J. M., & González, J. L. (2011). *Introducción a Netbeans*. Recuperado de: <http://ocw.udl.cat/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=Upc1O6ihbJ-OGooBylr-DeIwWoq4cHRh5orKdF5ay9c> [Diciembre 28, 2016]
- González, Y. (2015). *Football manager app*. Universidad del País Vasco. Recuperado de <https://addi.ehu.es/handle/10810/15874> [Julio 18, 2016]
- Google play Store. (2015). *Football Manager App*. Recuperado de: <https://addiehu.ehu.es/handle/10810/15874> [Diciembre 28, 2016]
- OpenLibra. (2017). *Introducción a Android*. Recuperado de <https://openlibra.com/es/lists/id/1gnveg> [Julio 12, 2017]
- Sportics Deporte y Tecnología. (2017). *Buenas apps para entrenadores de fútbol*. SPORTICS. Recuperado de <http://sportics.es/dos-buenas-apps-para-entrenadores-de-futbol/> [Julio 28, 2017]
- Universidad Politécnica de Valencia. (2017). *Blog historia de la informática. Introducción ¿qué es android?*. Museo informático. Recuperado de <https://histinf.blogs.upv.es/2012/12/14/android/> [Agosto 10 del 2017]
- Vera, J. L& Merchán, R. M. (2011). *La planificación contemporánea en el entrenamiento del fútbol*. EFDeportes.com, Revista Digital. 16, N° 155, Abril. Buenos Aires. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd155/la-planificacion-en-el-entrenamiento-del-futbol.htm> [Mayo 17, 2017]
- Young cracks. (2015). *Futbol base en estado puro. La importancia del trabajo de coordinación en el fútbol*. Young Cracks © 2016 Recuperado de [http://www.futbolbaseenestadopuro.com/la-coordinacion-en-el-futbol/](http://www.futbolbaseenestadopuro.com/la-importancia-del-trabajo-de-coordinacion-en-el-futbol/) [Diciembre 27, 2016]

**Diseño y elaboración de un destilador automatizado para la producción de alcohol etílico a partir de excedentes de banano en Urabá****Design and development of an automated distiller for production of ethyl alcohol from banana surplus in Urabá**

Carlos Emilio Restrepo Vélez. *Apoyo a investigación Sennova. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA. E-mail: Perse55@hotmail.com*

Kelly Jhojana Arteaga Mézquida. *Tecnóloga en Agrobiotecnología. E-mail: Jhojaarteaga01@hotmail.com*

Hernán de Jesús Pulgarín Arcila. *Instructor Red electrónica. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA. E-mail: hpulgarin@sena.edu.co*

Slim Camilo Álvarez Alarcón. *Instructor Red Biotecnología. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA. E-mail: alvaslim@hotmail.com*

Recibido: marzo 14 de 2017. Aceptado: octubre 12 de 2017

Resumen

En Urabá desde la década de los ochenta hasta la actualidad se han realizado análisis comparativos de los estudios sobre el aprovechamiento de los excedentes de la producción de banano que contemplan la producción de alcohol etílico. El banano verde tiene alto contenido de almidón y celulosa se considera como una materia potencial para la industria de bioetanol. El proceso de exportación de banano desde la subregión de Urabá, Antioquia – Colombia, hacia mercados internacionales ha generado grandes volúmenes de fruta rechazada por incumplimiento de estándares de calidad también llamados “excedentes de exportación”, haciéndose evidente la problemática en el manejo de los residuos de la industria bananera. En esta investigación se planteó diseñar y construir un destilador automatizado para la obtención de alcohol etílico a partir de banano de rechazo. La metodología planteada consistió en inducir hidrólisis endógena en la fruta, posteriormente se realizó la extracción y fermentación del jugo clarificado en condición anaerobia adicionando *Saccharomyces cerevisiae* 1.0×10^9 células/ml por un periodo de 48 horas. El rendimiento del jugo clarificado fue de 500ml/kg de banano y 0.065 litros de etanol por cada litro de jugo clarificado. La mayor concentración del alcohol obtenido fue de 64.4%. En el presente estudio se trabajó bajo un diseño experimental de tipo factorial (3×2), donde se analizaron 27 tratamientos relacionadas con la temperatura para la destilación (65°C, 70°C y 75°C) y el tiempo empleado en el proceso de destilación en el prototipo funcional del destilador automatizado (1.5h, 2h y 3h), estas combinaciones fueron analizadas con alcohómetros de precisión con termómetro para la determinación de la concentración de alcohol (%). Se realizó un ANOVA para determinar el efecto de la temperatura y tiempo, de igual manera la interacción entre estas dos. El mejor tiempo de destilación corresponde al proceso sometido a 3 horas continuas con temperatura de 75°C, el cual corresponde al ensayo 27. En el desarrollo de este proyecto se logró la estandarización del proceso de destilación de alcohol a base de banano con concentración alcohólica de 64.4% bajo las condiciones evaluadas.

Palabras clave: Fermentación alcohólica, bioetanol, *Musa spp.*, banano de rechazo, Urabá

Abstract

Many comparative studies have been carried out in Urabá about the use of surplus banana production since the 80s to the present including the production of ethyl alcohol. Green bananas have high contents of starch and cellulose therefore they are considered a potential material for the bioethanol industry. The process of exporting bananas from the subregion of Urabá, Antioquia - Colombia, to international markets has generated large volumes of rejected fruit due to non-compliance with quality standards "export surpluses", making evident the problems involved in the management of waste from the banana industry. In this research it was proposed to design and build an automatic distiller to obtain ethyl alcohol from rejected bananas. The proposed methodology consisted of inducing an endogenous hydrolysis in the fruit, then the extraction and fermentation of the clarified juice were performed in an anaerobic condition adding *Saccharomyces cerevisiae* 1.0×10^9 cells / ml for a period of 48 hours. The yield of the clarified juice was 500 ml / kg of banana and 0.065 liters of ethanol for each liter of clarified juice. The highest concentration of alcohol was 64.4%. In the present study an experimental design known as a factorial (3×2) was used, 27 treatments related to the temperature for the distillation (65 ° C, 70 ° C and 75 ° C) and the time used in the distillation process were analyzed in the functional prototype of the automated distiller (1.5h, 2h and 3h), these combinations were analyzed with precision alcoholometer with a thermometer to determine the alcohol concentration (%). An ANOVA was performed to determine the effect of temperature and time, in the same way the interaction between these two variables. The best distillation time corresponds to the process over 3 consecutive hours with a temperature of 75 ° C, which corresponds to the test 27. In the development of this project the standardization of the distillation process of the banana-based alcohol was achieved with an alcoholic concentration of 64.4% under the conditions evaluated.

Key words: Alcoholic fermentation, bioethanol, *Musa spp.*, Banana rejection, Urabá.

Introducción

La zona de Urabá es conocida nacional e internacionalmente por su producción y exportación de plátano y banano (*Musa spp.*) en la zona se producen aproximadamente 66.3 millones de cajas/año de banano (Augura, 2017). No obstante, la fruta de exportación pasa por diferentes etapas de selección en campo, barcadilla y en puerto, generando pérdidas o mermas de fruta por baja calidad en cada una de las etapas mencionadas, esta fruta es considerada por los productores como excedentes de exportación “rechazo”. El estimado más reciente de rechazo generado en Urabá es de 250.000 Ton/año (Yoshioka y Mosquera, 2007; Asociación de Bananeros de Colombia - Augura, 2007; Guevara et al., 2012).

En Colombia existen 47.272 Ha. de banano; en Urabá 34.054 Ha. con una productividad promedio de 1.950 cajas/Ha/año (Augura, 2017). La mala disposición del banano de rechazo en el Urabá antioqueño tiende a generar impactos sobre el medio ambiente, su degradación natural genera gases tóxicos y de efecto invernadero que contribuyen al deterioro de la capa de ozono y a la aceleración del calentamiento global, además es causante de la proliferación de insectos que pueden ser vectores de enfermedades o insectos plagas que causan manchas y/o cicatrices que afectan la estética del banano de exportación, a su vez se producen lixiviados que arremeten contra la calidad hídrica superficial y subterránea, y la calidad de los suelos (Afanador, 2005; Nieto, 2009; Méndez, 2010).

En las últimas décadas, la utilización de procesos biotecnológicos para la obtención de bienes y servicios se ha convertido en una gran alternativa que ofrece soluciones a problemas provenientes de la aplicación de tecnologías tradicionales. En Colombia se han obtenido avances tecnológicos y productivos importantes en la aplicación de la biotecnología en cuanto a la producción de biocombustibles se refiere (Zapata & Peláez, 2010). El buen manejo de los recursos naturales es un tema que día a día va tomando auge a nivel mundial. El aprovechamiento de desechos agrícolas para la elaboración de nuevos productos tales como los agrocarburos (alcohol etílico) representa una alternativa viable para alcanzar las metas de sostenibilidad, ya que además de brindar beneficios ambientales y sociales, es económicamente rentable (Méndez, 2010, p.1).

Las energías renovables se definen como formas de energía que tienen una fuente prácticamente inagotable con respecto al tiempo de vida de un ser humano en el planeta, y cuyo aprovechamiento es técnicamente viable. Dentro de estos tipos de energía se encuentran: la solar, la eólica (viento), la hidráulica, la biomasa (materia orgánica), la geotérmica (calor de las capas internas de la tierra) y la energía oceánica, principalmente (Linares et al., 2012, p. 102).

Algunos desarrollos tecnológicos actuales indican una clara tendencia a reducir el consumo y evitar la contaminación ambiental; así, el predominio del petróleo está acercándose lenta pero progresivamente a su fin. Probablemente, para mediados de este siglo, el petróleo pasará a un lugar secundario ante un uso siempre más frecuente de fuentes renovables de energía, como la que se produce por la biomasa en la producción de combustibles alternos a partir de productos vegetales, desechos agroindustriales o residuos urbanos (García, 2013).

El precio del petróleo ha sido uno de los principales factores que han tenido incidencia sobre la demanda de Biocombustibles. El aumento en los últimos años de la población mundial, sumado al incremento de la demanda energética de países emergentes como lo son Brasil y China, ha redundado en una variación del precio del crudo, lo que ha llevado a los países importadores a buscar otras fuentes alternativas de energía (Torres, 2012). La disponibilidad del petróleo que, de acuerdo a las reservas permite prever que se agotará y la necesidad de contar con combustibles ecológicos, con alto octanaje y grado de oxigenación hacen que sea necesario plantear seriamente estrategias de generación de energéticos que le permitan mantener la autonomía e independencia con grandes implicaciones económicas y sociales. Uno de los caminos es el de evaluar diferentes alternativas para que se tenga una tecnología sustentable, competitiva y rentable (Aguilar, 2007, p. 36).

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es diseñar y elaborar un destilador automatizado para la producción de alcohol etílico a partir de excedentes de la fruta banano como prototipo de laboratorio, generando conocimiento para el fomento del aprovechamiento de la fruta de rechazo en la subregión de Urabá, teniendo en cuenta los altos volúmenes de desperdicio que se genera en algunas temporadas.

Importancia del cultivo de banano

El banano es la fruta fresca más exportada del mundo, en cuanto a volumen y valor. Se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. El banano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Es un alimento básico y un producto de exportación. Como alimento básico, los bananos contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo en desarrollo, y dada su comercialización en mercados locales, proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales. Como producto de exportación, el banano contribuye de forma decisiva a las economías de muchos países de bajos ingresos y con déficit de alimentos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO, 2012)

Para el año 2016 la FAO reportó que las exportaciones de banano a nivel mundial alcanzaron un total de 16.5 Millones de toneladas siendo los mayores productores la India y Uganda. En Latinoamérica los principales países exportadores en su orden fueron Ecuador, Costa Rica, Guatemala y Colombia (FAO, 2016)

Las exportaciones de banano en Colombia para el año 2016 sumaron US \$8311 millones, representadas con un total de 93,4 millones de cajas, la productividad promedio fue de 1.976 cajas/Ha, con un área total sembrada de 47.272 Ha. que se encuentra concentrada en dos zonas: Urabá - Antioquia y Magdalena, y se destina principalmente a mercados de exportación. En Urabá para ese mismo periodo las exportaciones fueron de 66.3 millones de cajas por valor de US \$561,6 millones. La productividad promedio fue de 1.950 cajas/Ha. y las hectáreas sembradas en la región fueron 34.054. Generando más de 25.000 empleos directos y más de 70.000 indirectos (Augura, 2017).

La demanda de producto es creciente cada día por esto el sector aumenta constantemente sus áreas de producción, el sector bananero cuenta con prestigio internacional que se ha ganado año tras año, por la calidad de sus productos y el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales, por estas razones la demanda de producto es constante lo que le da una mayor estabilidad al sector (Mosquera, 2013).

Banano de rechazo

Para ser exportado el banano es sometido a un proceso de control de calidad intensivo, para que llegue a su destino en el estado de madurez acertado y libre de manchas, suciedades y cicatrices de maltrato. En la etapa de selección y empaque, se presentan rechazos en las operaciones de desgaje y desmane. En la selección se inspeccionan las dimensiones de la fruta, y en el empaque, las condiciones de la cáscara. De este modo, el rechazo de empacadora resulta de la exigencia de calidad estipulada por las comercializadoras de banano. De acuerdo con la causa de rechazo, la fruta se clasifica en rechazo en empacadora, rechazo en puerto y boleja (Afanador, 2005).

La boleja equivale del 10% al 20% de una tonelada de fruta producida. Sin embargo, gran cantidad del banano se pudre, debido a que cuando adquiere su madurez no alcanza a ser consumido, la boleja posee un bajo contenido en fibra y proteína y un alto contenido en taninos. Los taninos son sustancias fenólicas, resultado de la combinación de una molécula de azúcar, generalmente glucosa con un número variable de moléculas de ácidos fenólicos, ácido gálico o su dímero y el ácido elágico (Valderrama, 2005).

El banano de rechazo es un residuo de cosecha que posee un gran valor desde el punto de vista nutricional cuando está maduro, por ser una fuente de alto potencial energético en la alimentación animal. Su disponibilidad en la zona de Urabá es alta, produciéndose anualmente cerca de 250.000 toneladas de banano verde de rechazo (Yoshioka y Mosquera, 2007; Augura, 2007; Guevara et al., 2012).

Composición química del banano de rechazo

Los residuos de banano, tiene una estructura compleja que consta de dos polímeros de carbohidratos, la celulosa (35-50%) y la hemicelulosa (15-25%), y un polímero fenólico; la lignina (20-25%). A partir de la celulosa y la hemicelulosa, se pueden obtener unidades monoméricas de glucosa, lo que le confiere un gran potencial a la biomasa como materia prima para la producción de glucosa que puede ser aprovechada en diversos usos industriales (Cortes et al., 2013). En la tabla 1 se muestra la composición bromatológica del banano verde.

Tabla 1. Composición bromatológica de banano verde

Índice (% en base seca)	Fruto	Cascara
Materia seca	20	18
Extracto libre	8,2	33,5
Proteína (Nx6,25)	5,5	9,5
Extracto etéreo	1,1	8,3
Fibra bruta	1,3	26,7
Cenizas	4,0	22,0
Taninos	7,4	40,5
Almidón	72,3	-

Fuente: Valderrama, 2005

La biomasa es el término genérico que se refiere al conjunto de la materia biológicamente renovable (árboles, desechos de cultivos), de la que se puede obtener biocombustibles como el bioetanol. Actualmente hay un gran interés por la producción de grandes cantidades de este como alternativa a los combustibles fósiles en todo el mundo (Linares et al., 2012). La biomasa lignocelulósica es la más atractiva y prometedora fuente alternativa de energía renovable. Es el componente estructural mayoritario de las plantas maderables y no maderables. La lignocelulosa está constituida por tres polímeros estructurales: lignina, celulosa y hemicelulosa. Las propiedades químicas de sus componentes hacen de ella un sustrato de enorme valor biotecnológico (Howard, et al., 2003).

El alcohol etílico también conocido como etanol es un compuesto químico orgánico y volátil, que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro con un punto de ebullición de 78,4 °C. Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), este puede ser obtenido a partir de la biomasa por medio de procesos de fermentación a través de la obtención de jugos de frutas, utilizando levaduras que contienen enzimas catalizadoras que transforman los azúcares complejos a sencillos y a continuación en alcohol y dióxido de carbono. Dado que la composición de la celulosa es muy rica en azúcar, resultaría muy útil producir alcoholes a partir de la fermentación de celulosa, principal componente estructural de los materiales vegetales (Núñez y García, 2006; Repetto, 1995).

El etanol a partir de recursos renovables ha sido de interés en las últimas décadas como un combustible alternativo a los combustibles fósiles actuales. La biomasa proveniente de las labores agroindustriales son materias primas potenciales para la producción de varios productos de alto valor como combustible

de etanol y biodiesel. (Kaparaju et al., 2009). Estas materias primas renovables parecen prometedoras para la sustitución de hidrocarburos fósiles ambientalmente hostiles y, por tanto, la creación de productos "verdes". En contraste con los combustibles tradicionales, bioetanol no contribuye al efecto invernadero, siendo un recurso neutral (Belal, 2013, p. 1).

El banano verde tiene alto contenido de almidón y celulosa (13.1 y 17.9 % base húmeda respectivamente), que se considera como una materia potencial para la industria de bioetanol; el proceso tradicional de producción de alcohol a partir de almidones y celulosa contemplan procesos químicos o biológicos para su conversión a jarabes azucarados, que una vez acondicionados se someten a la acción de levaduras que efectúan la fermentación alcohólica, esta es la transformación de sustratos azucarados por la acción de microorganismos, que durante su ciclo de vida consume el sustrato y fabrican etanol y otros compuestos bioquímicos, como resultado de su metabolismo (Zapata, 2010, p. 2).

El proceso de maduración del banano se caracteriza por una secuencia de cambios físicos, químicos, bioquímicos y metabolitos que permiten al fruto alcanzar sus atributos sensoriales (forma, color, sabor, textura y aroma) el desarrollo del proceso de maduración depende de un delicado y complejo equilibrio entre hormonas inductoras de la maduración (etileno y ácido abscísico) e inhibidoras (auxinas, citoquininas y giberelinas) que regulan los mecanismos bioquímicos (Moreno, 2005, p. 5).

Una de las opciones para producir etanol es por fermentación a partir de materias primas ricas en carbohidratos (azúcar, almidón, celulosa, etcétera). Por tal razón, es común designar al etanol obtenido por esta vía "bioetanol". Entre estas materias primas se encuentran las frutas y vegetales como la caña de azúcar y la remolacha, los cereales (trigo, maíz, sorgo), los tubérculos (papas, yuca) y en general, materias provenientes de ligno-celulosas o de residuos orgánicos (Vázquez y Dacosta, 2007). La conversión a etanol comprende dos etapas generales: la primera de pretratamiento e hidrólisis; donde se obtienen los azúcares simples fermentables (glucosa y xilosa), y la de fermentación en la cual estos azúcares son convertidos en etanol, por la acción de los microorganismos (Fujita et al., 2004).

La hidrólisis del almidón implica la ruptura de un enlace mediante la adición de agua, es decir, los polisacáridos se hidrolizan para dar lugar a monosacáridos. Hidrólisis enzimática implica la movilización del almidón en los organismos, requiere su conversión en glucosa para ser asimilado de mejor manera. Como el almidón es un polímero de la alfa-D-glucosa, es de esperarse que por hidrólisis completa se obtenga D-glucosa como producto final; esta hidrólisis se puede llevar a cabo en forma enzimática, utilizando α y β -amilasas o por acción de la amilasa presente en la saliva. La hidrólisis del almidón sucede en varias etapas; primero se producen las dextrinas (polisacáridos de menor masa molecular), luego la maltosa y por último la glucosa (Bolaños et al., 2003).

La fermentación alcohólica es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Las principales responsables de esta transformación son las levaduras. *Saccharomyces cerevisiae*, es la especie de levadura usada con más frecuencia. Por supuesto que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonas mobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima. A pesar de parecer, a nivel estequiométrico, una transformación simple, la secuencia de transformaciones para degradar la glucosa hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de bióxido de carbono es un proceso muy complejo, pues al mismo tiempo la levadura utiliza la glucosa y nutrientes adicionales para reproducirse. (Almeida y Esteves, 2006). La fermentación alcohólica es un proceso biológico anaerobio, originado por la actividad de ciertos microorganismos que procesan los hidratos de carbono (generalmente los azúcares) dando como resultado la formación de un alcohol (etanol), dióxido de carbono en forma de gas y moléculas de ATP consumidas por el propio microorganismo en su metabolismo celular (Austin, 1984).

Desde el punto de vista microbiológico, se entiende por fermentación aquel proceso en el que los microorganismos producen metabolitos o biomasa, a partir de la utilización de sustancias orgánicas, en ausencia o presencia de oxígeno. Como ejemplo tenemos la producción, a partir de glucosa, de etanol y dióxido de carbono (Hernández, 2003; Machado y Silva, 2014).

La levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, es un hongo unicelular, del grupo de los ascomicetos que

para llevar a cabo el proceso de fermentación alcohólica, *Saccharomyces cerevisiae*, cataboliza la glucosa mediante la glucólisis o ruta de Embden-Meyerhof, para obtener el piruvato el cual posteriormente por la acción de enzimas específicas, se convierte anaeróticamente en etanol, generando 2 moles del compuesto portador de energía en los seres vivos, el adenosín trifosfato (ATP), por cada mol de hexosa consumida, además de 2 moles de Etanol. Las levaduras tienen la ventaja adicional de tolerar concentraciones relativamente altas de Etanol (hasta 150g·L⁻¹), no es exigente en cuanto a su cultivo y no presenta alto costo (Castaño et al., 2009; Claassen et al., 1999; Nieto, 2009).

Según Tubón & Janneth (2014), los principales factores que influyen en la fermentación corresponden a:

Temperatura. A mayor temperatura la fermentación transcurre más rápidamente, sin embargo, se produce menos etanol y más cantidad de compuestos secundarios. Las levaduras a 30°C tienen su temperatura óptima de desarrollo. Por encima de 35°C la actividad disminuye rápidamente y mueren a antes de 45°C.

Oxígeno. La fermentación es un proceso anaerobio, la presencia de oxígeno detendría el proceso completamente, el reactor en el que se lleve a cabo el proceso debe estar sellado para evitar la entrada de aire.

pH. Es un factor fundamental en el proceso, las levaduras se encuentran afectadas por el ambiente ya sea alcalino o ácido. Las levaduras funcionan generalmente en un rango de pH que va desde 3,5 a 5,5. Mientras más ácido sea el pH, se evita la proliferación de microorganismos patógenos en los procesos fermentativos.

Concentración de azúcares. La concentración excesiva de hidratos de carbono en forma de monosacáridos y disacáridos puede frenar la actividad de las levaduras, así como una baja concentración causaría el mismo efecto. Las concentraciones límites dependen del tipo de azúcar, así como de la levadura responsable de la fermentación. Generalmente una concentración del sustrato óptimo para la levadura se encuentra entre los 18°Brix.

Nutrientes. A las levaduras les es necesario encontrar ciertos alimentos en el mosto donde se

desarrollan, la adición de nitrógeno amoniacal permite a las levaduras nutrirse para multiplicarse.

En cuanto a la destilación, el producto obtenido por el proceso de líquidos fermentados, elaborados a partir de materias primas vegetales en las que la totalidad, o una parte de sus azúcares fermentables, hayan sufrido fermentación alcohólica, el producto deberá contener las sustancias secundarias formadas durante la fermentación (Vildiviezo & Morales, 2016).

La destilación implica la separación, selección y concentración de los productos alcohólicos de la fermentación de la levadura de la masa de granos de fermentados y que algunas veces se conoce como “mosto fermentado” o “cerveza de destilería”. Además del alcohol y de los productos secundarios deseables, la masa fermentada contiene partículas de granos sólidas, células de levadura, proteínas solubles en agua, algunas sales minerales, ácido láctico, ácidos grasos y residuos de glicerina (Desrosier, 1999).

Metodología

Localización y diseño de estudio

Los ensayos se realizaron en el prototipo funcional del destilador automatizado el cual fue construido en una primera fase de la investigación, el estudio se desarrolló en el laboratorio de Agrobiotecnología y el laboratorio de Electrónica del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico - Sena del municipio de Apartadó, Antioquia-subregión de Urabá. El presente estudio es una investigación experimental, donde se midieron y se controlaron la temperatura del proceso de destilación y el tiempo de destilación, determinando variables factoriales para lograr una relación que presente los mejores resultados. Los datos fueron evaluados con Alcohómetros de precisión con termómetro para determinar el grado de alcohol obtenido, y se realizó un ANOVA con el programa IBM SPSS para determinar el nivel de significancia de temperatura y tiempo y de igual manera la interacción entre estas dos.

Procedimiento

La estructura del equipo automatizado para la destilación de alcohol etílico consta de tres niveles: Fermentación, Destilación y Condensación.

1° Nivel (fermentación): Aquí se encuentra el biorreactor para la fermentación anaerobia, que consiste en un cilindro con tapa en polipropileno de 10 L. al cual se le adaptó un motor DC (Faulhaber DC) para el sistema de agitación hidráulica, también se le acopló una válvula para la salida de oxígeno y además se le incorporaron 2 sensores de proximidad capacitivo (CR series) para medir la capacidad real del biorreactor. Para el traslado del mosto hacia la columna de destilación se usó una Electrobomba (Top Mall-W464).

2° Nivel (destilación): El reactor de destilación es un recipiente en aluminio con capacidad de 21 L (Presto Pressure Canner) que está dotado de un sistema de seguridad comprendido por un controlador de temperatura (Sinotimer), además tiene una electroválvula (Modelo MOT 0388) para el paso de los fluidos desde el biorreactor hacia la columna de destilación y otra de la columna de destilación al sistema de condensación. Para incorporar calor en el proceso de destilación se dotó de una Resistencia eléctrica (Saisho HP-1).

En este nivel también se encuentra el microcontrolador (Arduino Uno R3 Board), este es el sistema de control dirigido por programación encargado de activar y suspender los sistemas comprendidos en los niveles de fermentación, destilación y condensación.

3° Nivel (condensación): en este nivel se encuentra el sistema de refrigeración este sistema se desarrolló con el uso de un motor de nevera (Embraco NE6187Z 3T) y un cilindro metálico con una entrada (gases de alcohol) y una salida (alcohol condensado) el cual se regula por medio de una electroválvula (Modelo MOT 0388). El alcohol obtenido se recoge en un frasco de vidrio con tapa perforada, a donde llega la manguera que conduce el alcohol.

Todo este sistema integrado y automatizado fue montado en un estante de ángulo ranurado como se puede observar en la en la figura 1.



Fuente: Los autores

Figura 1. Destilador automatizado construido en laboratorio.

Proceso de obtención de etanol

El proceso de adecuación del material vegetal y fermentación se desarrolló tomando como referencia a Guevara et al., (2012), donde se adaptaron los procedimientos correspondientes a: microorganismo, concentración de levadura, tipo de agitación en la fermentación y pH, como se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros para la fermentación

Parámetros	Procedimiento Nivel I
Microorganismo	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Concentración de levadura	1.0×10^9 células/ml
Tiempo de fermentación	48 horas
Tipo de agitación en la fermentación	Hidráulica
pH	7.0
Temperatura del proceso	25°C

Fuente: adaptado de Guevara et al., 2012

El primer procedimiento que se llevó a cabo para la producción de etanol es la recolección del material vegetal en estado verde, estos se obtuvieron en fincas bananeras cercanas al Complejo; luego fueron sometidos a hidrólisis endógena por periodo de 96 horas hasta su estado óptimo de maduración, como se observa en la figura 2.



Recolección del material vegetal



Proceso de hidrólisis endógena (maduración natural)

Fuente: Los autores

Figura 2. Recolección y maduración de los bananos.

Posteriormente los bananos maduros en fase de laboratorio se les retira la cascara en el pre acondicionamiento, la pulpa de la fruta es macerada y posteriormente licuada en una licuadora (Black & Decker), luego este material es pesado en una balanza electrónica (Ohaus), la extracción de los jugos se realizó en una etapa por adición de 300 ml de solución acuosa de cal Ca(OH)_2 al 10% por cada Kg de banano, mezclado y dejado en reposo por 15 minutos y luego centrifugación a 900 rpm en un equipo marca Awel-MF 48-R. El jugo fue neutralizado con ácido sulfúrico (H_2SO_4) comercial, esterilizado y filtrado con papel filtro (Advantec), hasta obtener el jugo clarificado de banano como se evidencia en la Figura 3.



Mosto de banano



Proceso de centrifugado



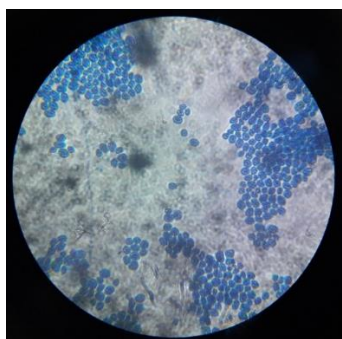
Jugo clarificado de banano

Fuente: Los autores

Figura 3. Acondicionamiento del material.

Después de obtener el jugo clarificado se le adiciona el microorganismo fermentador y se lleva a cabo la fermentación anaerobia en el prototipo automatizado. El microorganismo empleado para la fermentación fue la levadura *Saccharomyces*

cerevisiae (Figura 4), activada en agua a 37°C durante 30 minutos en una placa de calentamiento con agitación magnética (Benchmark). En este último los azúcares contenidos en la fruta son desdoblados y se convierten en alcohol gracias a la acción de la levadura y posteriormente se procede con la destilación. Las concentraciones de alcohol obtenidas en cada ensayo fueron determinadas por Alcohómetro con termómetro (AlcoFermBrew). Para la determinación de alcohol se utilizó el método que consiste en verter 50 ml del destilado obtenido en una probeta de 100 ml, luego se introduce el alcohómetro en la probeta de forma que no toque las paredes y esté totalmente firme, y se procede a verificar la lectura que se encuentra en la escala.



Fuente: Los autores

Figura 4. Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

Las fermentaciones se realizaron por un periodo de 48 horas (Guevara et al., 2011; Macías, 2010; Austin, 1984). Los fermentos fueron destilados a presión atmosférica. Los tiempos y las temperaturas en las que fueron realizadas las destilaciones se evaluaron bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar de tipo factorial 3x2, cada tratamiento con tres repeticiones para un total de 27 ensayos. Como se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Diseño Factorial 3x2.

Temperatura de destilación	Tiempo de destilación
65°C	1.5 horas
70°C	2 horas
75°C	3 horas

Resultados y discusión

En esta primera fase del proyecto se logró la estandarización del proceso de destilación de etanol a base de banano (ensayo 27). En el presente trabajo se obtuvo alcohol al 64.4%. Guevara et al., (2012)

desarrollaron un proceso fermentativo a partir de banano verde a escala de 1 litro, obteniendo como resultado alcohol al 73% el cual es mayor al logrado en esta investigación, los rendimientos de etanol en promedio fueron 0.065 litros por kilogramo de banano verde. La mayor concentración del alcohol reportada por los autores, se debe a que el tipo de destilación fue fraccionada lo que permite un mayor aprovechamiento. En esta investigación los rendimientos de extracción de jugo clarificado de banano fueron de 500ml/kg de banano y 65 ml de alcohol por cada litro de jugo clarificado. Este rendimiento coincide con los rendimientos reportados por Guevara et al., (2012). El tiempo de destilación que mayor resultado arrojó en esta investigación fue el proceso sometido a 3 horas continuas relacionado con la temperatura de 75°C, el cual corresponde al ensayo 27; la temperatura de destilación jugó un papel fundamental ya que por debajo de 63°C puede generarse metanol que incide fuertemente en la calidad del etanol de acuerdo a lo que reporta Gutiérrez (2011). Valdiviezo & Morales (2016) obtuvieron un destilado alcohólico a base de granos de maíz, en este la temperatura de la destilación se mantuvo a 80°C por un periodo de 4 horas, los grados de alcohol resultante de la destilación fueron de 30% Alc. Vol. Lo que representa un porcentaje bajo atribuido directamente a la temperatura suministrada en el proceso de destilado ya que los procesos de destilados generalmente se desarrollan a 75± 3 debido a que a mayores temperaturas se evapora el agua y el rendimiento alcohólico se desaprovecha tal y como lo afirman Tubón & Janneth (2014). Un factor muy importante es el tiempo de fermentación debido a que de este depende la producción eficiente de alcohol de acuerdo a lo que reporta Macías (2010). Esto debido a que si no se da un adecuado proceso de fermentación los niveles de alcohol pueden ser bajos como también lo indica Afanador (2005), por otra parte, Fujita, et al., (2004) y Jaime et al., (2009) afirman que los contenidos de azúcares convertibles en el banano permiten tener un mejor aprovechamiento en comparación con la principal fuente de producción de alcohol en Brasil y Colombia como lo es la caña de azúcar.

La eficiencia en la fermentación y los azúcares en el medio fermentado destilado, no fueron evaluados debido a que se trabajó siguiendo un protocolo previamente desarrollado por otros investigadores, donde se hizo un estudio riguroso de esas condiciones en este sentido solo se evaluó la

efectividad del prototipo en el proceso de destilación específicamente, para futuras investigaciones se recomienda medir otras variables de interés.

A continuación, se describe el análisis estadístico realizado en el proceso de investigación, en la tabla 4 se muestra las pruebas de efectos inter-sujetos

Tabla 4. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente: % alcohol						
	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Suma de cuadrados parcial	Parámetro de no centralidad observado
Modelo corregido	4032,805 ^a	8	504,101	3463,287	0,000	0,999	27706,295
Intersección	49596,735	1	49596,735	340740,926	0,000	1,000	340740,926
Tiempo	832,236	2	416,118	2858,827	0,000	0,997	5717,654
Temperatura	3160,972	2	1580,486	10858,300	0,000	0,999	21716,601
Tiempo * Temperatura	39,597	4	9,899	68,010	0,000	0,938	272,041
Error	2,620	18	0,146				
Total	53632,160	27					
Total corregida	4035,425	26					

a. R cuadrado = ,999 (R cuadrado corregida = ,999)

b. Calculado con alfa = ,05

El P-valor está por debajo del $\alpha=0,05$, indicando que H_0 se rechaza lo que implica que uno de los tratamientos presenta un mejor comportamiento por lo tanto se procede a realizar la prueba Tukey, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de la variable tiempo

DHS de Tukey ^{a,b}	% Alcohol			
	Tiempo (Hr)	N	Subconjunto	
	1,50	9	1	2
	2,00	9	1	3
	3,00	9	1	4
	Sig.		1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,146.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = ,05.

Se observa que los datos obtenidos son agrupados en tres subconjuntos con valores promedios de % de alcohol de 35,9. 43,1 y 49,5 respectivamente mostrando que, el tiempo más prolongado permite obtener una mayor eficiencia en la extracción de alcohol con el prototipo automatizado, esto se debe a que en el proceso de destilación de alcohol el

volumen incide directamente en los tiempos para la evaporación de los gases etanólicos tal y como lo menciona Gutiérrez (2011). En la tabla 6 se muestra la variable temperatura

Tabla 6. Análisis de la variable temperatura

DHS de Tukey ^{a,b}	% Alcohol			
	Temperatura (°C)	N	Subconjunto	
	65,00	9	1	2
	70,00	9	1	3
	75,00	9	1	4
	Sig.		1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,146.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = ,05.

En cuanto a la temperatura, se puede observar que presenta un comportamiento directamente proporcional con el porcentaje de alcohol, mostrando al subconjunto 3 con un promedio de 56,8%

Esta dinámica se ajusta al grado de evaporación del alcohol correspondiendo mantener una temperatura óptima para la producción eficiente de alcohol como lo reportan Méndez (2010) y Cortes et al., (2013).

También se realizó un análisis relacionando la variable tiempo y temperatura, lo cual demostró que a mayor tiempo (3h) y a mayor temperatura (75°C), los aprovechamientos etanólicos presentan un mejor rendimiento con relación a los grados alcohólicos obtenidos. Esto presenta un comportamiento muy relacionado con lo mencionado por Méndez (2010); Cortes et al., (2013) y Gutiérrez (2011).

En el análisis de las combinaciones de la variable temperatura y la variable tiempo, detallando que cada uno de los tratamientos presenta una media alejada del otro, lo cual lo clasifica en un subconjunto diferente, siendo la combinación temperatura 75°C y el tiempo 3 horas los mejores resultados. Lo que presenta un aprovechamiento en concentración alcohólica mucho más considerable que el obtenido por Valdiviezo y Morales (2016), teniendo en cuenta a lo indicado por Tubón y Janneth (2014) a mayores temperaturas se evapora el agua presente en el fermento y el rendimiento alcohólico se altera y a bajas temperaturas se obtendría ácidos orgánicos como el ácido acético. Finalmente, en la tabla 7 se muestra los resultados de concentración de alcohol (%) teniendo en cuenta las diferentes combinaciones

Tabla 7. Concentración de alcohol (%) para los ensayos realizados.

Ítem	Temperatura para destilación (°C)	Tiempo para destilación (h)	Repetición	Resultado (%)
1	65°C	1.5	1	20.8%
2	65°C	1.5	2	22.4%
3	65°C	1.5	3	21.6%
4	65°C	2	1	32.55%
5	65°C	2	2	32.6%
6	65°C	2	3	32.2%
7	65°C	3	1	37.2%
8	65°C	3	2	37.7%
9	65°C	3	3	37.4%
10	70°C	1.5	1	36.5%
11	70°C	1.5	2	35.9%
12	70°C	1.5	3	36.3%
13	70°C	2	1	41.1%
14	70°C	2	2	40.6%
15	70°C	2	3	40.2%
16	70°C	3	1	47.2%
17	70°C	3	2	46.8%
18	70°C	3	3	46.6%
19	75°C	1.5	1	49.8%
20	75°C	1.5	2	49.7%
21	75°C	1.5	3	50.2%
22	75°C	2	1	56.2%
23	75°C	2	2	56.7%
24	75°C	2	3	56.4%
25	75°C	3	1	64.2%
26	75°C	3	2	64%
27	75°C	3	3	64.4%

En la figura 5 se observa el alcohol obtenido con el prototipo automatizado, es un alcohol en una concentración del 64.4% que puede tener posibilidades de uso en laboratorios o en otros procesos industriales.



Fuente: Los autores

Figura 5. Alcohol obtenido en condiciones de laboratorio bajo los parámetros evaluados

Actualmente hay una creciente necesidad mundial por el uso de combustibles y procesos industriales más limpios que minimicen el consumo de energía, la producción de desechos tóxicos o el uso de

materiales corrosivos, explosivos, volátiles y no biodegradables, en este sentido la búsqueda de fuentes de energía renovables, de alta eficiencia y bajo o nulo impacto ambiental es uno de los principales retos científicos de la actualidad. Dentro de las posibilidades, se encuentra el uso de la biomasa para la obtención de etanol, ya que representa una fuente de energía renovable. Dentro de la biomasa, se puede considerar a los residuos lignocelulósicos como una gran oportunidad, especialmente cuando estos provienen de residuos no aprovechados en la agroindustria, especialmente en cultivo de banano (Loayza & Silva, 2013).

Los biocombustibles líquidos denominados también biocarburantes, son productos que se están empleando como sustitutivos de la gasolina y del aceite combustible para motor en vehículos, estos son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola, a diferencia de otros recursos naturales como el petróleo, carbón y los combustibles nucleares. Aunque se puede hablar de muchos tipos de biocombustible, por su importancia, aplicación y volumen de producción, básicamente hay dos: el bioetanol y el biodiésel, que se cree pueden sustituir a los combustibles fósiles más tradicionales, en virtud de su bajo o nulo deterioro ambiental y sus características de renovación. Actualmente, muchos países promueven la idea de "sembrar sus propios combustibles", para no depender de importaciones o de reservas agotables y, colateralmente generar empleos estables y de calidad. Indudablemente, la energía constituye un elemento fundamental para los procesos de desarrollo económico de un país, pero dada su caracterizada diversidad, en materia de disponibilidad de fuentes energéticas, se requieren alternativas tecnológicas y soluciones integrales para resolver sus demandas (Cortes, et al., 2011, p. 2).

La necesidad de buscar nuevas alternativas para una demanda futura de energía es considerablemente alta hoy en día. Además, la denominada segunda generación biocombustibles, en particular el bioetanol producido a partir de subproductos de cosecha, sería la opción más aceptable (Naik et al., 2010). El alcohol carburante producido en Colombia proviene exclusivamente del procesamiento de la caña de azúcar del Valle geográfico del río Cauca. Del etanol total producido, el 61% se obtiene de las destilerías ubicadas en el departamento del Valle, 29% en el Cauca, y 10% en Risaralda. El abastecimiento de etanol se da en

dirección sur – norte, puesto que los ingenios azucareros se ubican en la región sur occidente y la mitad del consumo nacional de gasolinas se da en la zona centro del país (Jaime et al., 2009, p. 1).

Conclusiones y recomendaciones

- Este tipo de investigación incrementa el conocimiento técnico - profesional para la producción de etanol a partir de residuos orgánicos en la subregión de Urabá, ya que esta sería una alternativa para el sector agrícola mediante la transformación de los desechos de cultivos a partir de técnicas biotecnológicas obteniendo subproductos como alcoholes, biocombustibles y otro tipo de agentes bioquímicos que cada día toman auge en el mundo generando un gran impacto positivo a nivel social, ambiental y agrícola.
- Esta investigación permitió obtener alcohol al 64.4% de concentración a partir de los excedentes de banano de exportación usando un prototipo funcional de destilador automatizado resultado de la primera fase de este estudio.
- El estudio permitió determinar que los mejores resultados se presentan a mayor temperatura (75°C) y mayor tiempo de destilación (3horas), dando entonces como resultado que la variable factorial que mejor se comporta es el ensayo 27.
- En futuras investigaciones se recomienda incorporar mayor tiempo en la destilación de los fermentos debido a que se podría presentar un mayor aprovechamiento en comparación con los presentados en este estudio.
- Cabe destacar que en este estudio se trabajó bajo un tipo de destilación simple, por lo tanto, se plantea para futuras investigaciones implementar destilación fraccionada con el propósito de aumentar el grado de alcohol aprovechable por destilación, debido a que esta permite hacer una mejor separación de los alcoholes y moléculas no deseadas presentes en la muestra a destilar.
- Urabá cuenta con potencial en el uso y aprovechamiento de los excedentes de fruta de banano de rechazo, es indispensable continuar con investigaciones para buscar nuevas y

mejores alternativas de aprovechamiento de los residuos.

Agradecimientos

En primera instancia a Dios por la vida y la salud que nos ha concedido y por permitirnos alcanzar nuestros logros. A nuestros padres por el apoyo que nos han brindado a lo largo de nuestras vidas. Al Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA-Apartadó, que mediante el programa SENNOVA ha impulsado y fortalecido los procesos de investigación y desarrollo tecnológico a través del financiamiento de las investigaciones y la asesoría técnica brindada por los profesionales ingeniera Mónica Obregón Barrios e ingenieros Hernán de Jesús Pulgarín Arcila y Slim Camilo Álvarez Alarcón

Referencias bibliográficas

- Afanador, A. (2005). El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. Revista EIA. Número 3 pp.51-68. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín. Colombia. ISSN 1794-1237 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1492/149217448004.pdf> [Agosto 26, 2016]
- Aguilar, R. (2007). *Bioetanol de la caña de azúcar*. México. Revista Avance en Investigación Agropecuaria. ISSN 0188789-0. México. pp.25-39. Recuperado de: <http://www.uco.mx/revaia/portal/pdf/2007/sept/2.pdf> [Junio 14, 2015]
- Almeida, C. & Esteves, B. (2006). *Nouveaux Defis pour les biocarburants bresiliens*. Revista Biofutur, No. 269. pp.32-36. Recuperado de: <http://www.iea.org/publications/> [Marzo 10, 2016]
- Asociación de Bananeros de Colombia-Augura. (2016). *Coyuntura bananera. Estadísticas del sector 2016*. Medellín. 33p. Recuperado de: <http://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2015/08/CONYUNTUR-A-BANANERA-2015.pdf> [Julio 28, 2016]
- Austin, G. (1984). *Shreve's chemical process*

- industries. Fermentation industries.* McGraw-Hill, 5th edition. 591p. Recuperado de: http://www.gcet.ac.in/departments/ch/course/coursedetail_spu_new/ch487.pdf [Noviembre 12, 2016]
- Belal, E. (2013). *Bioethanol production from rice straw residues*. Brazilian Journal of Microbiology. Vol. 44 (1). pp.225-234. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/bjm/v44n1/v44n1a33.pdf> [Abril 20, 2016]
- Bolaños, N., Lutz, G. y Herrera, H. (2003). *Química de Alimentos: Manual de laboratorio*. Editorial Universidad de Costa Rica. 19p. Recuperado de: https://books.google.es/books?id=8VpJ8foyDiIC&sitesec=buy&hl=es&source=gbs_vpt_read [Octubre 4, 2015]
- Castaño, S. y Hernández, C. (2009). *Estudio comparativo para la producción de etanol entre Saccharomyces cerevisiae silvestre, Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763 Y Candida utilis ATCC 9950*. Facultad de química industrial. Universidad Tecnología de Pereira. 120p. Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1689/1/66182G245.pdf> [Febrero 22, 2016]
- Cortes, E. Velásquez, H. y Cárdenas, E. (2011). *Biocombustibles búsqueda de alternativas*. Rev CES Med Vet Zootec. Vol 6 (2). pp.118-123. Medellín. Recuperado de: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2063/1954> [Noviembre 14, 2016]
- Cortes, W., Ibla, J., Calderon, L. y Herrera, A. (2013). *Cuantificación de azúcares reductores en las cáscaras de naranja y banano*. Revista de Tecnología. Journal Technology. Vol. 12. (2). pp.72-76. Bogotá. Recuperado de: http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen12_numero2/7Articulo_Rev-Tec-Num-2.pdf [Julio 16, 2016]
- Desrosier, N. (1999). *Elementos de tecnología de alimentos*. Ed. CECSA Grupo editorial Patria. ISBN. 13: 9789682603853. San Francisco. USA. [Noviembre 19, 2016]
- Fujita, Y., Ito, J., Ueda, M., Fukuda, H. y Kondo, A. (2004). *Synergistic saccharification, and direct fermentation to ethanol, of amorphous cellulose by use of an engineered yeast strain codisplaying three types of cellulolytic enzyme*. Applied and Environl Microbiol. Vol. 70 (2). pp. 1207-1212. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC348929/> [Septiembre 12, 2016]
- García, J. (2006). *Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol*. Madrid. Vigilancia tecnológica. 125p. Recuperado de: https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf [Junio 9, 2016]
- García, R. (2013). *La viabilidad del uso de los biocombustibles en Pemex*. Tesis de pregrado. Instituto politécnico Nacional. Repositorio Dspace. México. 129p. Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22992/La%20viabilidad%20del%20uso%20de%20los%20biocombustibles%20en%20PEMEX.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guevara, A., Arenas, H., Mejía, A. y Peláez, C. (2012). *Obtención de etanol y biogás a partir de banano de rechazo*, información tecnológica. Vol. 23 (2), Medellín. pp.19-30. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000200004 [Febrero 29, 2016]
- Gómez, A. (2012) *Transformación del banano en Urabá: experiencias pasadas, iniciativas presentes y nuevas oportunidades de industrialización*. Universidad EAFIT. Medellín. 69p. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/216/AnaMaria_GomezBerrio_2011.pdf;jsessionid=02AD66FB3709998C0419ABC674379418?sequence=1 [Mayo 18, 2016]

- Hernández, A. (2003). *Microbiología industrial*. Euned. No. 660.62. 291p. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=023038> [Noviembre 2, 2016]
- Herrera, B., Leiva, S., Ortiz, V., Cárdenas, J. y Garzón, E. (2009). *Biocombustibles en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá. 22p. Recuperado de: http://www.upme.gov.co/Docs/Biocombustibles_Colombia.pdf [Julio 25, 2016]
- Howard, L., Abotsi, E., Van Rensburg, J. y Howard, S. (2003). *Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production*. African Journal of Biotechnology Vol. 2 (12), pp.602-619. Recuperado de: <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/1923/1/jb03112.pdf?pagewanted=all> [Diciembre 19, 2016]
- Kaparaku, P., Serrano, M., Thomsen, A., Kongjan, P. y Angelidaki, I. (2009). *Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept*. Bioresource Technology. Vol. 100 (9). pp.2562-2568. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240800967X> [Octubre 30, 2016]
- Linares, L; Montoya, J. y Corona, J. (2012). *Producción de biocombustibles a partir de microalgas*. México. ISSN: 1665-0441. 115p. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/461/46125177011.pdf> [mayo 20, 2016]
- Loayza, J. y Silva, V. (2013). *Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Vol. 16(1). pp.108-117. Recuperado de: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6425> [Abril 4, 2016]
- Machado, A. y Silva L. (2014). *Obtención de una bebida de bajo contenido alcohólico mediante hidrólisis y fermentación semi-sólida del chontaduro*. Tesis de Grado para la obtención del Título de Ingeniera Química. Carrera de Ingeniería Química. Quito: UCE. 114 p. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2778> [Marzo 13, 2017]
- Macías, A. (2010). *Implementación de una microplanta productora de alcohol etílico a partir de tres tipos de Musáceas*. Tesis de Pregrado Ingeniera de Alimentos. Guayaquil- Ecuador. 92p. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11263/1/TESIS-ANGELICAMACIAS.doc> [Julio 25, 2016]
- Méndez, E. (2010). *Evaluación de la extracción de almidón de banano verde (Musa sapientum Variedad Gran Enano) producto de desecho de las industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 84p. Recuperado de: <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202009.59.pdf> [Mayo 18, 2016]
- Moreno, A. (2005). *Diseño de un proceso para la maduración acelerada del banano*. Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil – Ecuador. 110p. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2341/1/4580.pdf> [Noviembre 12, 2016]
- Mosquera, C. (2013). *Acompañamiento y monitoreo de los procesos involucrados en la producción y aprovechamiento de banano tipo exportación en el grupo Santamaría*. Urabá. 34p. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1401/1/11813602.pdf> [Julio 28, 2016]
- Naik, N., Goud, V., Rout, K. y Dalai, K. (2010). *Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 14 (2). pp.578-597. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364026709001111>



- cle/pii/S1364032109002342 [Julio 17, 2016]
- Nieto, H. (2009). *Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando Saccharomyces cerevisiae y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol*. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de ciencias de la vida ingeniería en biotecnología. Sangolquí. 142p. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/990/1/T-ESPE-026782.pdf> [Noviembre 19, 2016]
- Núñez, M. y García, P. (2006). *Biocombustibles: Bioetanol y Biodiesel*. Dpto de Ingeniería Química, ETSE. Universidad de Santiago de Compostela 16p. Recuperado de: http://enciga.org/files/boletins/61/biocombustibles_bioetanol_y_biodiesel.pdf [Diciembre 10, 2016]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2012). *La economía mundial de banano. Dirección de productos básicos y comercio*. Roma. 104p. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf> [Marzo 22, 2016]
- Repetto, M. (1995). *Toxicología del alcohol etílico*. Toxicología avanzada. 1ª ed. Madrid, 425p. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/bjmbr/v35n5/4375.pdf> [Abril 9, 2016]
- Soto, M., (2008). *Banano Técnicas de Producción, Manejo, Poscosecha y Comercialización*. Actualidad del sector. 3ra Ed. Litografía e Imprenta LIL. 67p. Recuperado de: http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Producci%C3%B3n_y_comercializaci%C3%B3n_de_banano_org%C3%A1nico_en_la_Regi%C3%B3n_del_Alto_Beni_Manual_pr%C3%A1ctico_para_productores_1098.pdf [Diciembre 4, 2016]
- Ganoza, R., y Torres, S. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*. Extensionista en Banano Orgánico. 1ra Ed. Hidalgo Impresores E.I.R.L. 72p. Recuperado de: http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf [Septiembre 29, 2016]
- Torres, A. (2014). *Incidencias Del Uso De Etanol Como Biocombustible En Colombia Sobre El Mercado De Los Derivados De La Caña De Azúcar: Una Aproximación Con Dinámica De Sistemas*. Tesis de posgrado. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 79p. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/36673/1/43630781.2014.pdf>
- Valderrama, A. (2005). *Extracción de taninos presentes en el banano verde*. Revista Lasallista de Investigación. Vol. 1. (2). pp. 17-22. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69510203> [Mayo 19, 2016]
- Vázquez, J. y Dacosta, O. (2007). *Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas*. Revista Ingeniería, investigación y tecnología. Vol. 8(4). Pp. 249-259. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v8n4/v8n4a4.pdf> [Abril 7, 2016]
- Velázquez, H., Ruiz, A. y Oliveira, S. (2009). *Análisis energético y exergetico del proceso de obtención de etanol a partir de la fruta de banano*. Grupo de Investigación en Bioprocesos. Universidad de São Paulo-Universidad Nacional. Medellín. 94p. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302010000100010&script=sci_arttext [Diciembre 12, 2016]
- Valdiviezo, R. y Morales, M. (2016). *Elaboración de un destilado alcohólico a base de granos de maíz*. Tesis de pregrado. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de ciencias de la nutrición. México. 50p. Recuperado de: <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20500.12114/287/1/AL1%20641.25%20V35%202016.pdf> [Octubre 22, 2016]



Yoshioka, I. C. y Mosquera, Y. (2007). *Proceso de compostaje de los residuos orgánicos*. Augura- Sena. Banatura. Medellín. 30p. [Octubre 15, 2016]

Zapata, A. y Peláez, C. (2010). *Producción en continuo de etanol a partir de banano rechazado (cáscara y pulpa) empleando*

células inmovilizadas. Revista Tumbaga, ISSN 49-60 Numero 5. Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM. Instituto de Química-Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia 60p. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628208> [Mayo 30, 2016]

**Dinámica de mantos freáticos en el cultivo de banano (*Musa sp.*) Apartadó, Antioquia – Colombia****Dynamics of water table in banana crop (*Musa sp.*) Apartadó, Antioquia– Colombia**

Juan Camilo Durango González. Ingeniero agrónomo- Agrícola Samajo. E-mail: djuank5552@hotmail.com.

Slim Camilo Álvarez Alarcón. Instructor red Biotecnología. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-Sena. alvaslim@hotmail.com

Recibido: julio 13 de 2017. Aceptado: diciembre 3 de 2017

Resumen

La planta de banano necesita desarrollarse bajo condiciones armónicas entre el sistema radical y el foliar, para producir un fruto económicamente rentable y de buena calidad. Es por ello, que el sistema radicular de la planta de banano constituye un factor determinante; por lo tanto, la deficiencia o exceso de agua en los suelos bananeros es un factor a tener en cuenta en el normal desarrollo del cultivo. El objetivo del trabajo consistió en evaluar la dinámica del manto freático a través de la medición de profundidades, cotas de niveles freáticos y la salinidad de aguas freáticas en una red de 34 pozos de observación durante un año, correlacionando con la variable de producción del cultivo. La investigación se realizó en Apartadó – Antioquia, el área evaluada correspondió a 84,46 ha. De acuerdo a los mapas de isobatas las zonas del área de estudio que más se ven afectadas por los niveles freáticos están ubicadas en el sector oeste en donde el sistema de drenajes no se encuentra realizando la función estipulada, ya que los canales que están cortando las aguas son los secundarios y no los terciarios. Se encontró para los meses de enero a marzo valores de nivel freático entre 1.5- 2 m, datos que contrastan con la condición de sequía de esos meses, por tal razón lo pesos de los racimos se ven afectados de forma negativa presentado así los valores más bajos de todo el año, caso contrario para los meses de octubre a diciembre donde los valores de nivel freático se encuentran 1-1.5m y la variable peso de racimo mejora con valores cercanos a 26 kilogramos por racimo, los meses de mayo a septiembre son meses equilibrados donde los pesos mantienen valores promedios de 24 kilogramos por racimo y de igual forma la profundidad del nivel freático se mantiene estable. Las principales sales que predominan en las aguas freáticas del área de estudio, son sulfato de magnesio y cloruro de magnesio. La salinidad que se presenta tiene tendencia de tipo sulfática en un 82,4% del muestreo realizado y el tipo clorhídrico – sulfática con 17,6% de acuerdo a las relaciones iónicas. La migración de sales se da en dirección del flujo freático, lo cual es responsable de los valores mayores de pH, en la zona de descarga.

Palabras clave: manto de agua, nivel freático, isobatas, isohipsas, salinidad, freatimetría.

Abstract

The banana plant needs to be developed under harmonic conditions between its root and foliar system, in order to produce an economically profitable and good quality fruit. That is why the root system of the banana plant is a determining factor in production; therefore, the deficiency or excess of water in the banana soils is a factor to be taken into account in the normal development of the crop. The objective of the research was to evaluate the dynamics of the water table through the measurement of depths, levels of groundwater levels and the salinity of groundwater in a network of 34 observation wells during one year, correlating with the variable of crop production. The investigation was conducted in Apartadó - Antioquia, the evaluated area was 84.46 ha. According to the map of isobaths, the zones of the studying area that are most affected by groundwater levels are located in the western sector, where the drainage system is not performing its predetermined function, since the canals that are collecting the waters are secondary and not tertiary. It was found for the months from January to March values of water table between 1.5-2 m, data that contrast with the drought condition of those months, for this reason the weights of the clusters are affected in a negative way, thus presenting the values more low for the whole year, otherwise for the months from October to December where the values of water table are 1-1.5m and the variable cluster weight improves with values close to 26 kilograms per cluster, the months from May to September are months balanced where the weights maintain average values of 24 kilograms per cluster and in the same way the depth of the water table remains stable. The main salts that predominate in the groundwater of the study area, are magnesium sulfate and magnesium chloride. The salinity that appears has a sulphatic type tendency in 82.4% of the sampling done and the hydrochloric - sulfatic type with 17.6% according to the ionic relations. The migration of salts occurs in the direction of the phreatic flow, which is responsible for the higher pH values in the discharge area.

Key words: water mantle, water table, isobats, isohipsas, salinity, freatimetry

Introducción

La actividad bananera en la zona de Urabá se desarrolla desde 1960 en el llamado eje o corredor bananero que conforman los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. Generando 24 mil empleos directos y 72 mil indirectos, Emplea así mismo otras 3.000 personas en sus fábricas de producción de cajas, sellos, plásticos, astilleros, servicio de fumigación, y en otras actividades del proceso de integración vertical que ha desarrollado. Beneficiándose de esta manera más de 100 mil familias en esta zona. A la economía nacional le genera anualmente ingresos por valor de US \$811 millones, participando del sector agropecuario de 0.5% del PIB Colombia. (Augura, 2017). En Colombia se desarrolla en 47.272 ha. Magdalena, Guajira y Urabá son las zonas productoras. Solo en Urabá se reportan 34.267 ha en producción (Augura, 2016)

Las exportaciones de banano en Colombia han bajado, disminuyendo en un 0,78 % (Augura, 2016). Esta disminución puede deberse a muchos factores como comercio, en muchas ocasiones a las limitantes edafoclimáticas que presenta la zona, afectando en cierto grado la calidad requerida para su comercialización en comercios internacionales.

Como resultado de la variabilidad climática cada vez son más la frecuentes y prolongados los eventos climáticos extremos como las precipitaciones de mayor intensidad, que impactan la actividad bananera, ocasionando principalmente sobresaturación de agua en los lotes de cultivo. Más aun cuando la geomorfología de la zona bananera de Urabá, está conformada por planicies aluviales desarrolladas por aportes de sedimentos que convergen bien al Río León o al Golfo y está comprendida entre las estribaciones de la Cordillera Occidental, la serranía de Abibe y el Golfo de Urabá que es bañado por los Ríos Atrato y León.

Los ríos que bañan la zona, bajan de la cordillera e inmediatamente abandonan la zona montañosa serpentean el valle en forma aproximadamente paralela, desbordándose en varios puntos, pero sin abandonar su cauce, constituyendo un patrón de drenaje sub-paralelo en suelos aluviales de baja pendiente. Un patrón de drenaje sub-paralelo, con ríos cortos y poco profundos, necesariamente tiende a generar desbordamientos y acumulación de materiales finos en las partes bajas de la cuenca. Cuando se tienen ríos con estas características, el nivel freático no tiende a drenar hacia los ríos, sino por el contrario tiende a ser paralelo a ellos. Ello permite establecer que todo el flujo

del drenaje de la zona bananera tiene una dirección predominante de Oriente-Occidente (Guarín, 2011).

Los efectos del exceso de agua en el suelo sobre el desarrollo, crecimiento y productividad de los cultivos, deben ser tenidos en cuenta para diseñar estrategias de adaptación y estar preparados para afrontarlos desde el punto de vista técnico y económico siendo menos vulnerables a dichos eventos; la saturación del agua en el suelo es común en las áreas que presentan altos niveles de precipitación a través del año, pobre drenaje natural del suelo y alta fluctuación de la tabla de agua.

Una gran parte de los suelos agrícolas presenta limitaciones de producción en áreas con problemas de salinidad o sodicidad del suelo. Estos problemas, causados por la aplicación de un agua de riego salina o por un inadecuado manejo del suelo, se está agravando en las regiones áridas y semi-áridas de todo el mundo. En áreas donde los suelos tienen un drenaje deficiente favorecido por las condiciones geomorfológicas, topográficas, hidrológicas y biológicas, suele suceder una acumulación de sales, esta condición se observa frecuentemente en las zonas, en las cuales la impermeabilidad del suelo impide el equilibrio del balance de sales, esta situación se presenta en extensas superficies, generalmente improductivas o en vía de serlo por los procesos de acumulación de sales.

La presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie del terreno suele limitar la producción agrícola porque, cuando invade el perfil explorado por las raíces, puede producir asfixia radical o intoxicación salina, si aporta sales al mismo. Las variaciones de los NF producen mayores afectaciones a los cultivos que una freática de profundidad constante. Esto es debido a la falta de adaptación del sistema radical provocado por la alternancia de las condiciones de aerobiosis y anaerobiosis y, por la selectividad a las sales que adquieren las raíces, provocando desequilibrios fisiológicos que inciden en los rendimientos hasta la muerte de los cultivos (Pereira, 2010).

Las isobatas e isohipsa representan zonas con igual profundidad del nivel freático, estas se obtienen por la medición directa en los pozos de observación desde la superficie del suelo, y determinan las zonas con riesgos de salinización y necesidad de drenaje en especial en períodos o etapas críticas como cuando el cultivo es más sensible a los niveles de agua someros o cuando la napa presenta su máxima elevación en el año, deducida de las mismas hidrógrafas. (Bustamante, 1993; Pizarro, 1978). Son utilizadas cuando se quiere conocer en función del tiempo en forma conjunta y

dibujar las líneas de cambio, simplemente se superponen los mapas de isobatas e isohipsas para los períodos en consideración; las diferencias en la interpolación de las líneas se localizan y se dibujan los mapas de fluctuaciones de los niveles freáticos (Bustamante, 1993; Hassan, 1994; Martínez, 1986; Mercado, 1999).

De acuerdo con Ortegón (2004), con base en la información de los niveles del agua en los freatómetros se deben elaborar mapas de profundidades del nivel freático o isobatas, de alturas del nivel freático o isohipsas e hidrogramas de niveles freáticos y de lluvias. El mismo autor reporta los siguientes conceptos:

Mapas de isohipsas. Los mapas de isohipsas o curvas de igual cota del nivel freático permiten conocer la dirección del flujo freático, su gradiente hidráulico, las zonas de recarga y de descarga del área. Las cotas del nivel freático se calculan para cada sitio restando de la cota de la superficie del terreno la profundidad del nivel freático respectivo.

Mapas de isobatas. Los mapas de isobatas o curvas de igual profundidad del nivel freático son de gran importancia porque permiten delimitar las áreas que requieren drenaje, es decir aquellas zonas que permanecen afectadas por niveles freáticos superficiales durante períodos prolongados.

La salinidad del suelo reduce el crecimiento y la productividad de los cultivos debido a la disminución de la presión osmótica de la solución del suelo y al aumento de la concentración de iones específicos a niveles tóxicos para las plantas entre los índices hidroquímicos más utilizados encontramos la relaciones Mg/Ca , K/Na , Na/Ca , $Na/(Ca+Mg)$, Cl/HCO_2 , SO_4/Cl , $(Cl-(Na+Ca))/Cl$, y Br/Cl . Esos factores interfieren en procesos fisiológicos como la transpiración, la fotosíntesis, la translocación y la respiración, además de causar desequilibrio hídrico y/o iónico en la planta (Richards, 1990; Ferreira et al, 2002).

Materiales y métodos Generalidades de la zona de estudio

La investigación se realizó en la zona de Urabá, ubicada en la región caribe, en el departamento de Antioquia, municipio de Apartadó el área estudiada se encuentra en las coordenadas $7^{\circ}57' 0.281''$ de latitud norte, y $76^{\circ} 39' 26.81''$ de longitud oeste con respecto al

meridiano de Greenwich, con un área de 84,46 ha. dedicada a la producción de banano tipo exportación.

Se identifica para la zona de Urabá y en particular para la zona de estudio, un régimen unimodal con un periodo común seco, el cual inicia en el mes de diciembre con una disminución de las precipitaciones y se extiende hasta el mes de marzo, abril es un mes de transición y a partir de mayo se inicia un periodo sostenido de lluvias que se extiende hasta el mes de noviembre. Se nota una leve disminución de las precipitaciones en los meses de junio, julio y agosto, consecuencia del movimiento del Frente Intertropical de Convergencia. La temperatura promedio mensual de $28^{\circ}C$, humedad relativa promedio del 80 % precipitación promedio anual de 2300 mm y una altura de 25 m.s.n.m. Las características de la zona fueron corroboradas con los datos históricos de pluviometría y temperatura de los años 2010, 2011, 2012 y 2013.

Procedimientos

Se utilizó la red de pozos de observación de niveles freáticos, que cuenta con 34 pozos distribuidos en las 84,46 Ha. para una densidad de muestreo de un pozo por cada 2,5 hectáreas aproximadamente, los pozos se encuentran proyectados en forma rectangular en el sentido del drenaje natural, con líneas de pozos espaciados a 150 m. y líneas paralelas cada 225 m. Los pozos de observación fueron construidos en el centro de los botallones a cinco metros del cable central, de tal manera que mostrara el valor central de la curva de abatimiento formada por los dos canales terciarios que definen el botallón, los tubos empleados tuvieron una longitud de 2,5 m. de los cuales 30 cm. quedaron expuestos sobre la superficie del terreno. Todos los pozos de observación se localizaron en el plano del área de estudio y se identificaron con un número.

Muestreo del manto freático de cada pozo

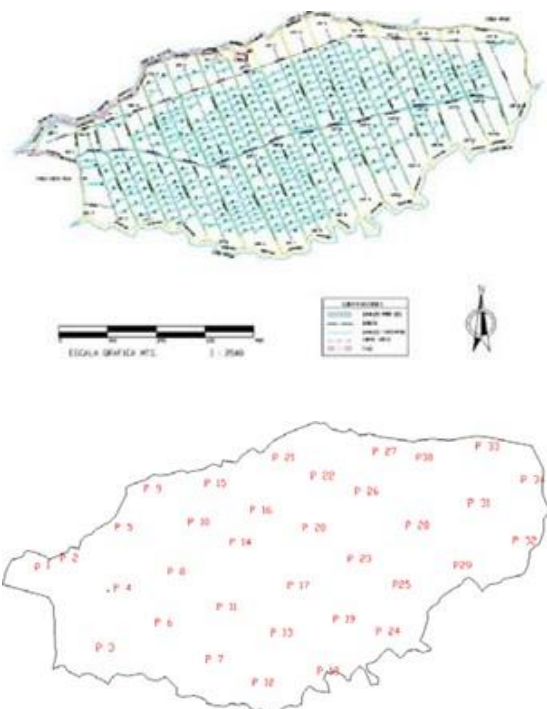
Con el apoyo del mapa abscisado de los pozos figura número 1, se ubicaron los puntos seleccionados, georreferenciándolos con la ayuda de GPS Garmin Etrex. En cada pozo se tomaron lecturas quincenales, de profundidad del nivel freático durante el 2013, de tal manera que se incluyeron períodos secos y lluviosos.



Fuente: Los autores

Figura 1. Nivelación de los pozos de la red freaticométrica 2013

Una vez se identificó la red freaticométrica y utilizando un nivel automático South NL 32, se procedió a tomar la cota de cada uno de los pozos. Con los datos obtenidos se estimó la cota de cada uno de los pozos y se ubicaron en el plano del área de estudio. Las cotas de cada pozo son la base para el cálculo de las cotas del nivel freático en diferentes sitios. En la figura 2 y en la tabla 1 se muestra la localización del área de estudio y de los sitios de muestreo.



Fuente: Los autores

Figura 2. Cartografía y cotas de nivel de boca de cada pozo de la red freaticométrica del área estudiada

Tabla 1. Localización pozos freaticométricos, municipio de Apartadó, Antioquia.

Pozo	Coordenadas geográficas de los pozos		CNS (m)
	Norte (N)	Oeste (W)	
1	07,94919°	076,66371°	3,97
2	07,94936°	076,66298°	4,14
3	07,94690°	076,66185°	4,87
4	07,94850°	076,66161°	4,42
5	07,95018°	076,66136°	4,69
6	07,94760°	076,66017°	4,76
7	07,94661°	076,65866°	5,25
8	07,94900°	076,65980°	4,76
9	07,95118°	76,66059°	4,83
10	07,95037°	076,65916°	5,16
11	07,94805°	076,65831°	5,2
12	07,95135°	076,65855°	5,46
13	07,95143°	076,65871°	5,58
14	07,94980°	076,65797°	5,24
15	07,94736°	076,65671°	4,14
16	07,95079°	076,65749°	5,27
17	07,94860°	076,65628°	5,52
18	07,94637°	076,65530°	6,25
19	07,94782°	076,65485°	5,68
20	07,95023°	076,65584°	5,83
21	07,95214°	076,65675°	5,89
22	07,95166°	076,65553°	6,17
23	07,94940°	076,65442°	6,27
24	07,94745°	076,65359°	6,64
25	07,94870°	076,65308°	6,65
26	07,95121°	076,65422°	6,46
27	07,95222°	076,65370°	6,88
28	07,95021°	076,65273°	7,02
29	07,95205°	076,65253°	7,42
30	07,94913°	076,65139°	7,42
31	07,95100°	076,65094°	7,76
32	07,94976°	076,64955°	7,81
33	07,95237°	076,65057°	6,27
34	07,95140°	076,64928°	6,66

Para medir la profundidad del manto freático se utilizó un flexómetro marcado cada centímetro y cinta de papel como indicador de humedad, la cota del nivel freático se obtuvo de la siguiente ecuación:

$CNF = CNS - PNF$ Donde:

CNF = Cota del nivel freático (m)

CNS = Cota del nivel del terreno en el entorno del pozo (m), se obtuvo por medio de nivelación.

PNF = Profundidad del nivel freático (m). se obtuvo por medición directa en cada pozo.



Los resultados de las cotas se procedieron a graficar en el programa Surfer 10, para observar que tipos de pendiente y comportamiento que tiene el terreno. Estos datos de altimetría de pozos se amararon al nivel del mar, con el objetivo de ver hacia donde corren las aguas internas del suelo (isohipsas).

Para los análisis físicos y químicos se tomaron muestras de aguas freáticas en cada pozo en la misma fecha, para lo cual se utilizó una bomba de succión manual y se colectó la muestra en un envase plástico esterilizado con capacidad aproximada de 500 ml. El cual se rotuló con el número del pozo y la fecha, y se remitió al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Córdoba, en el cual se determinaron los cationes solubles (Ca, Mg, Na, K), aniones solubles (Cl, SO₄, CO₃, HCO₃), pH, Conductividad eléctrica (CE), con los procedimientos utilizados en el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad de Córdoba. Para muestras de aguas se hicieron los cálculos y análisis respectivos y los resultados fueron tabulados.

Procesamiento de datos

Todos los datos recolectados para cada variable fueron tabulados para la modelación y análisis en el Excel office 2010 y Surfer, utilizando la herramienta de interpolación.

Producción

Los pesos de racimos fueron tomados por báscula electrónica Trutest XR3000 ubicada en la empacadora donde se realiza el proceso poscosecha, estos racimos son cosechados en los días de embarque y provienen de los 16 lotes georreferenciados. Los datos fueron tomados diariamente y clasificados por lotes entre las semanas de 2013. Para mayor manejo y comparación de datos se agruparon de forma semanal (promedio de racimos diarios) por lotes, además se clasificaron los racimos como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de rangos de para el cultivo de banano a nivel de la zona de Urabá Colombia, para peso de racimo.

Color	Escala peso de racimo	
Color del rango	Rango peso (kg)	Valoración
Rojo	<20	Muy malo
Naranja	20 – 24	Malo
Amarillo	24 – 28	Regular

Azul	28 – 32	Bueno
Verde	>32	Muy bueno

Fuente: Manual de buenas prácticas agrícolas para banano C.I Uniban S.A. (2003)

Manejo de la información freaticométrica

Con la información de profundidad y cotas de los niveles freático, se realizaron, mapas de isobatas e isohipsas, mapas de isoconcentraciones de mantos freáticos, a través de interpolación por el método del Krigeado con ayuda de software Surfer, los rangos de nivel freático fueron clasificado según la escala del manual de buenas prácticas agrícolas de C.I Uniban S.A. (2003), como se muestra en la tabla número 3.

Tabla 3. Clasificación de rangos de para el cultivo de banano a nivel de la zona de Urabá Colombia, para peso de racimo.

Color	Escala profundidad nivel freático	
Color del rango	Rango nivel freático (cm)	Valoración
Rojo	<50	Muy superficial
Naranja	50 – 75	Superficial
Amarillo	75 – 100	Moderadamente profundo
Azul	100 – 150	Profundo
Verde	>150	Muy profundo

Fuente: Manual de buenas prácticas agrícolas para banano C.I Uniban S.A. (2003)

Resultados y discusión

Muestreo de los mantos freáticos del área de estudio

En la tabla 4 y 5 se presentan los resultados analíticos de las determinaciones correspondientes al análisis de salinidad de las aguas freáticas y algunos índices de salinidad e índices hidrogeoquímicos, correspondientes al muestreo del mes de enero de 2014.

Tabla 4. Resultados analíticos de las aguas freáticas Apartadó – Antioquia. Muestreo: enero/2014

L	N	pH	CE	C	M	N	K	C	HC	C	S	R
o	o			a	g	a		I	O ₃	O	O	A
t	p									3	4	S
e			dS/m									
2	3	7,1	0,3	6	2	0	0	0	0,7	0	7	0
			7						8			
					5							



							3	3	7		2	5	1
							9	8	1		8	1	9
4	6	6,6	0,4	6	2	0	0	0	0	1,1		7	0
					5	6	2	5		8		6	3
						5	3	6				4	2
5	7	6,7	0,3	6	2	0	0	0	0	0,9	0	7	0
			3		5	3	0	5		4		1	3
						9	8	9				2	2
													9
5	8	7	0,4	4	2	0	0	0	0	1,1	0	5	0
			5		5	3	2	8		4		2	4
						9	3	2				6	1
5	9	6,4	0,4	4	2	0	0	1	0,2		5		0
			6		5	5	3	8				9	2
						2	1	5				6	8
6	1	6,8	0,2	4	2	0	0	0	0,6		6		0
	0		5		5	5	2	7				4	2
						2	3	1				5	8
7	1	6,8	0,3	6	2	0	0	1	1,1		6		0
	3		8		5	5	0	0				9	2
						2	8	6				4	5
7	1	6,8	0,2	4	2	0	0	0	0,8		6		0
	4		9		5	5	3	1	7			0	2
						9	5	2				3	1
7	1	7	0,3	4	2	0	0	0	0,8	0	5		0
	5		5		5	3	0	7		4		2	7
						9	8	1				2	1
8	1	6,7	0,4	6	2	0	0	1	1,5		6		0
	6		7		5	5	2	2				5	2
						2	3					5	5
8	1	6,9	0,3	4	2	0	0	0	0,8	0	5		0
	7		8		5	5	2	0	9			1	4
						6	8	2				6	4
9	1	6,8	0,5	6	2	0	0	1	1,7	0	6		0
	9		1		5	3	2	2				0	1
						9	3					2	9
9	2	6,9	0,3	4	2	0	0	0	0,8		5		0
	0		3		5	5	2	0	8			6	1
						6	8	7				6	4
1	2	6,9	0,4	4	2	0	0	1	1,0		5		0
	0		2		5	5	3	2	0			5	2
						9	3	6				2	1
1	2	6,9	0,3	4	2	0	0	0	1,1		5		0
	0		3		5	5	5	1	7			7	2
						2	5	8				8	8
1	2	6,7	0,4	4	2	0	0	1	0,8		5		0
	1		1		5	5	5	3	2			7	2
						2	1	7				6	8
1	3	6,6	0,3	4	2	0	0	1	0,4		6		0
	6		6		5	5	5	4	3			2	2
						2	6	1				7	8

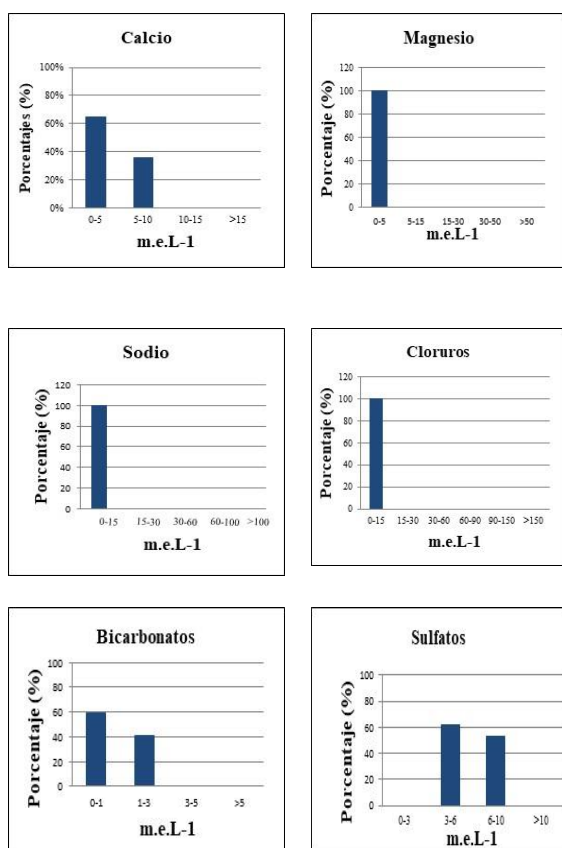
Tabla 5. Algunos Índices hidrogeoquímicos niveles freáticos, Apartadó - Antioquia. Muestreo: enero/2014

POZ O N °	Mg/ Ca	Cl/HC O ₃	K/N a	Cl/S O ₄	RA S	(Cl- (Na+C a)) Cl	HCO ₃ (Cl+S O ₄)	Cl (Cl+ SO ₄)
3	0,42	0,910	0,9 7	0,09 5	0,1 89	- 8, 00	0, 09 5	0,086
1	0,42	0,475	0,3 5	0,07 3	0,3 15	- 10, 88	0, 14 4	0,068

2	0,42	0,628	0,2 1	0,08 1	0,1 89	- 9, 83	0, 11 9	0,075
4	0,56	0,719	0,5 9	0,15 0	0,2 08	- 4, 96	0, 18 2	0,131
5	0,56	9,250	0,6 0	0,31 0	0,2 78	- 1, 71	0, 02 6	0,237
18	0,56	1,183	0,4 4	0,11 0	0,2 78	- 6, 07	0, 08 4	0,099
13	0,42	0,964	0,1 5	0,15 3	0,2 52	- 5, 15	0, 13 8	0,133
14	0,56	0,900	0,3 8	0,11 9	0,2 08	- 5, 79	0, 11 9	0,107
15	0,56	0,845	0,2 1	0,12 4	0,2 08	- 5, 89	0, 13 1	0,110
33	0,42	0,800	0,4 4	0,18 3	0,2 52	- 4, 43	0, 19 4	0,155
21	0,56	1,122	0,3 1	0,16 9	0,1 39	- 4, 17	0, 12 9	0,145
19	0,42	0,706	0,5 9	0,19 9	0,1 89	- 4, 33	0, 23 5	0,166
20	0,56	1,088	0,3 1	0,15 4	0,1 39	- 4, 47	0, 12 3	0,133
23	0,56	1,019	0,5 9	0,19 2	0,2 08	- 3, 61	0, 15 8	0,161
24	0,56	0,696	0,2 9	0,13 5	0,2 78	- 5, 44	0, 17 1	0,119
25	0,56	1,588	0,6 0	0,22 0	0,2 78	- 2, 95	0, 11 4	0,181
34	0,56	3,275	0,8 8	0,20 9	0,2 78	- 2, 83	0, 05 3	0,173

De acuerdo a los análisis de salinidad aguas freáticas que se muestran a continuación en la figura 3, se determinó que los iones sulfatos, calcio, magnesio, cloruro, carbonato, sodio y potasio en el orden son los predominantes en las aguas freáticas del área de estudio, por tanto estos iones pueden originar sales perjudiciales para el crecimiento del cultivo de banano, las cuales pueden ser sulfato de magnesio, cloruro de magnesio y en menor proporción cloruro de calcio, cloruro de sodio; estas sales pueden ser muy tóxicas para las plantas, especialmente en las zonas de raíces ya que pueden tener contacto con estas soluciones salinas a través del movimiento capilar. Tal como lo reporta Sánchez et al., (2015) y Ayers et al., (1987), donde especifican que el rendimiento de los cultivos se resiente cuando el contenido de sales en la solución del suelo se incrementa, de modo tal que inhibe a los mismos de la extracción de agua de la zona radicular,

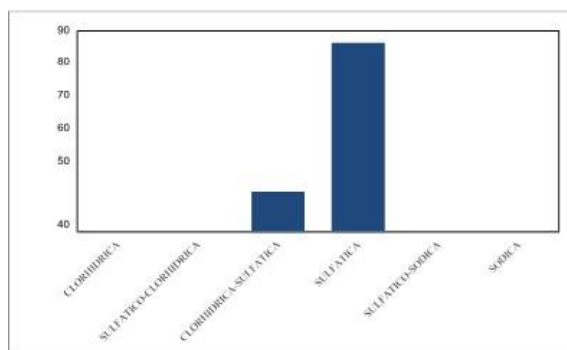
provocando sequía fisiológica, engrosando las hojas y/o generando un color verdeazulado pronunciado. El 100% de los sitios muestreados presento conductividad eléctrica menor a 5 dS/m y además se encontró que el 100% de las muestras tomadas mostraban valor de pH entre 6 – 7, lo que está relacionado con la poca presencia de sales en la totalidad del área. Estos valores de pH entre 6,0 y 7,5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de cultivos. Adicionalmente, el pH del suelo afecta la actividad de los microorganismos beneficiosos y la disponibilidad de nutrientes. Los valores obtenidos en la medición de la conductividad eléctrica son menores a 5dS /m, estos valores obtenidos tienen efectos casi despreciables en los cultivos y con pocos organismos afectados, por lo tanto, se puede decir que no hay problemas de salinidad, aunque presenta una tendencia (Carrera et al., 2014). En la figura 3 se muestra la distribución de cationes y aniones en los sitios de muestreo.



Fuente: Los autores

Figura 3. Distribución frecuencias de cationes y aniones, Apartadó, Antioquia.

La tendencia del tipo de salinidad de las aguas freáticas según las relaciones iónicas que predominan en el área de estudio, es la de tipo sulfática con una tendencia del 82,4% en el muestreo realizado, el tipo clorhídrico – sulfática con 17,6%, la sulfato-clorhídrica y clorhídrica con ninguna presencia; lo anterior indica que en estas aguas freáticas hay predominio de sulfatos y cantidades pequeñas de cloruros. Indican que las principales sales que afectan a los vegetales y que se encuentran en los suelos corresponden a los cloruros y sulfatos de sodio, calcio y magnesio, siendo para las plantas los principales iones ci-tóxicos el sodio, los cloruros y los sulfatos (Munns et al., (2005); Chinnusamy et al., (2005). Todos los suelos contienen sales y algunas de éstas se convierten en un problema en la zona radical del cultivo; a veces, el problema es el cloruro sódico (o sal de mesa) pero también pueden serlo otras sales. La presencia de sales en porcentaje en el área de estudio se muestra en la figura 4.



Fuente: Los autores

Figura 4. Tipos de salinidad según relaciones iónicas, Apartadó- Antioquia

Tendencia de los índices hidrogeoquímicos

Relación Mg/Ca: Todas las muestras presentan valores entre 0,3 y 0,6 característicos de aguas continentales, que no presentan problemas de salinidad alguna. Lo cual está relacionado con una influencia de terrenos de origen magnésico y por ende existe la posibilidad de aporte de magnesio a las aguas freáticas

Relación K/Na: Las muestras tomadas en diferentes sitios presentan valores de esta relación por encima de 0,3 rango de aguas dulces.

Relación Cl/HCO₃: El 94,1% de los sitios de muestra presentaron valores entre 0 – 5, lo cual indica que la

mayor parte del área corresponde a aguas continentales y que no hay riesgo de intrusión marina.

Relación $(Cl-(Na+Ca))/Cl$: El 100% de los valores se encuentra en el rango de -50 a 0, esto indica el bajo contenido de sales presentes en las muestras tomadas.

Relación de adsorción de sodio: El 100% de las muestras presentaron valores menores a 3 m.e. L^{-1} .

Planos de salinidad de los mantos freáticos

Planos de isovalores de pH: Para el periodo de muestro enero/2014 mostraron poca variación para los valores de pH, predominando en toda el área valores de 6 - 7 en un 88.2% y en menor proporción rango de 7- 8 con 11.8% (figura 5). Observándose de esta manera valores muy cercanos a la neutralidad esto puede estar asociado a la presencia de sales neutras y de basicidad media. Se encontró que las zonas de mayor concentración de sales coinciden con las zonas de descarga del flujo freático, lo cual indica que el transporte de sales ocurre en la dirección del flujo subterráneo o flujo Darcyniano, este resultado coincide con lo reportado por Mercado et al., (2011) en el distrito de riego de la Doctrina, Colombia; y por Mercado (1999) en el distrito de riego 041 rio Yaqui, Sonora, México.

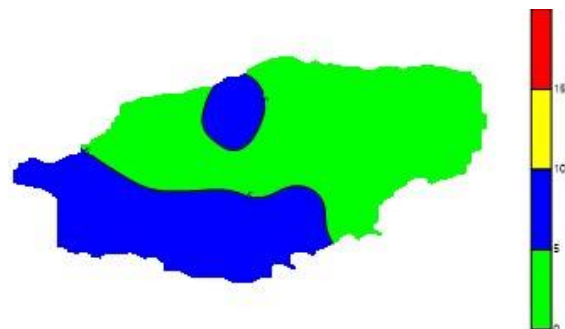


Fuente: Los autores

Figura 5. Plano de isovalores de pH, área de estudio Apartadó- Antioquia, enero/2014

Planos de isoconductividad electricidad: Para el muestreo realizado se determinó que el 100% del área presento valores entre 0-1, cabe notar que durante la época de muestreo coincidió con un periodo seco y aun así, no se observaron valores altos de CE, por concentración de solutos en las aguas freáticas. Planos de isoconcentración de la zona de estudio

Plano de isoconcentración de calcio: Se encontró que del total de área de estudio (84,46 Ha) predominan 54,6 Ha con valores dentro del intervalo de 0-5 m.e/L rango considerado como normal, los demás valores entre 5-15m.e/L corresponden a un área de 29,81 Ha (figura 6). Esta concentración de calcio no causa problemas y esto se debe posiblemente a la precipitación de calcio en forma de sales de solubilidad media.



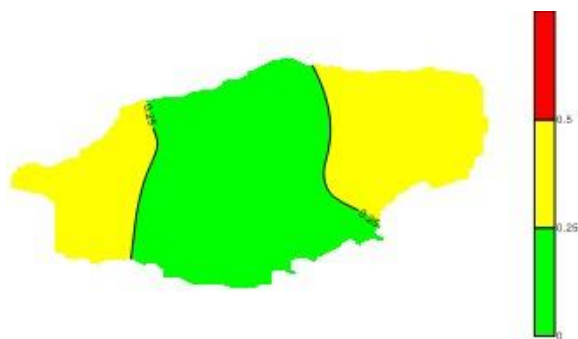
Fuente: Los autores

Figura 6. Plano de isovalores de Calcio (m.e/L), área de estudio Apartadó- Antioquia, enero/2014

Plano de isoconcentración de magnesio: Se determinó que en la totalidad del área se presentaron valores dentro del rango 0 – 5 m.e/L.

Plano de isoconcentración de sodio: Para el muestreo efectuado en Enero/2014 todos los valores se encontraron dentro del rango 0 – 5 m.e/L, lo cual ratifica los bajos valores de CE. Esto puede tener su origen en la dilución de sales por acción de la precipitación.

Plano de isoconcentración de potasio: Se encontró que en un área de 64,61 hectáreas predominan valores 0 – 0.25 m.e/L los cuales se consideran normales, solo existe un área de 19,84 Ha con valores entre 0.25 – 0, 5m.e/L (Figura 7), y es posible que en esta área el potasio pueda formar cloruro de potasio, el cual es muy soluble.



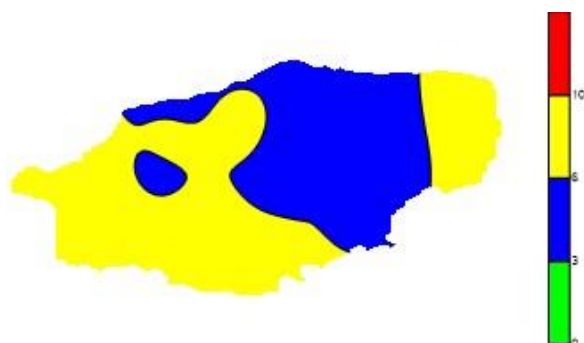
Fuente: Los autores

Figura 7. Plano de isovalores de potasio (m.e/L) del área de estudio Apartadó- Antioquia, enero/2014

Plano de isoconcentración de bicarbonatos: Se determinó que 59% del área presenta valores dentro del rango de 0 a 1 y el 41% presenta valores entre 1 y 3; en las áreas donde predominan altos valores de HCO_3 es se formen sales como el carbonato de sodio (Na_2CO_3) que es una sal muy peligrosa que causa la pérdida de la estructura y disminución de la permeabilidad del suelo.

Planos de igual concentración de cloruros: Se estableció que para toda el área los valores de concentración de cloruros estaba dentro del rango 0 - 15 m.e/L, se puede rescatar que estos valores estén afectados por la dilución producto de la precipitación.

Planos de igual concentración de sulfatos: como resultado del muestreo realizado se determinó que 39,78 Ha posen valores dentro del rango 3 – 6 m.e/L, y 44,67 Ha restantes con valores dentro del rango 6 – 10 m.e/L distribuidos como se muestra en la figura 8.



Fuente: Los autores

Figura 8. Plano de isovalores de sulfatos en el área de estudio, Apartadó- Antioquia, enero/2014

Esta concentración de sulfatos explica por qué el tipo de salinidad dominante es la de tipo sulfática y en segunda instancia la clorhídrica sulfática.

Planos de isovalores de Mg/Ca : Esta relación muestra valores cercanos uno en la totalidad del área, lo cual está relacionado con una influencia de terrenos de origen magnésico y por ende existe la posibilidad de aporte de magnesio a las aguas freáticas.

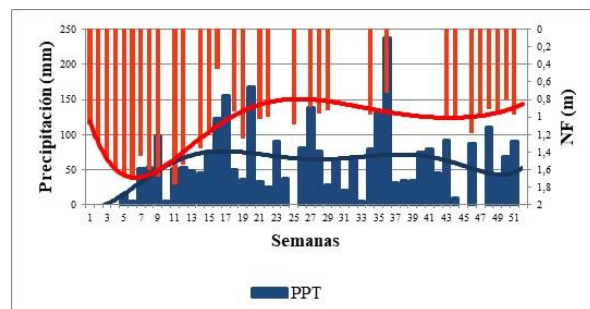
Planos de isovalores de Cl/HCO_3 : El 94,1% de los sitios de muestra presentaron valores entre 0 – 5, indicando esto que la mayor parte del área corresponde a aguas continentales.

Planos de relación $(\text{Cl}-(\text{Na}+\text{Ca}))/\text{Cl}$: El 100% de los valores se encuentra en el rango de -50 a 0, por el bajo contenido de sales presentes en las muestras tomadas.

Planos de isovalores de RAS: Con respecto a los valores de la relación de adsorción de sodio respecto a calcio magnesio.

Información de precipitación

Los datos de precipitación se tomaron diariamente desde la semana 1 hasta la semana 52 del 2013, estos se agregaron a nivel semanal, realizando una suma de los datos que se tenían entre lunes y domingo de acuerdo al calendario bananero establecido en la zona, además para ser comparados con el nivel freático y pesos de racimos ver figura 9 y 12.

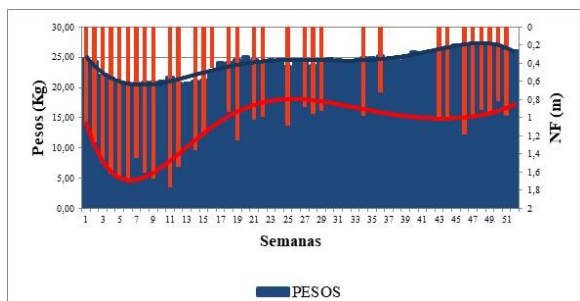


Fuente: Los autores

Figura 9. Comportamiento histórico de la precipitación y la profundidad del nivel freático promedio entre las semanas 1 y 52 del 2013.

Datos de profundidad nivel freático

Los datos de profundidad del nivel freático provinieron de 34 pozos freatimétricos georreferenciados (figura 2); estos fueron colectados con una frecuencia semanal (figura 10) el 2013, mostrando la profundidad a la que se encuentra el nivel de agua en el suelo, que afecta el cultivo de manera directa cuando esta se encuentra muy cerca de la superficie del suelo (Tabla 2 y 3).

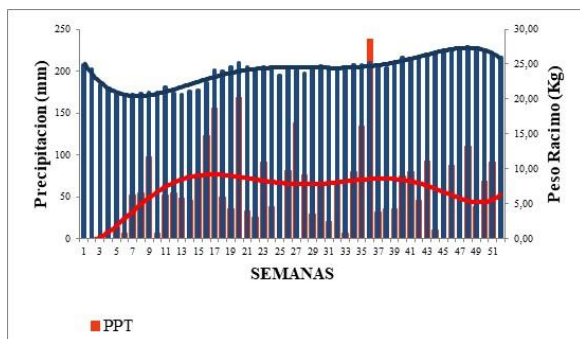


Fuente: Los autores

Figura 10. Comportamiento histórico de la profundidad del nivel freático promedio y peso racimo entre las semanas 1 y 52 del 2013.

Datos de peso racimo

Los datos de pesos de racimos fueron tomados por la báscula electrónica. Estos datos fueron tomados con una frecuencia diaria y clasificados por lote entre las semanas 1 del 2013 a la 52 del 2013. Para mejor manejo y comparación los datos se agruparon de forma semanal (promedio de pesos diarios), para preparar su estudio.



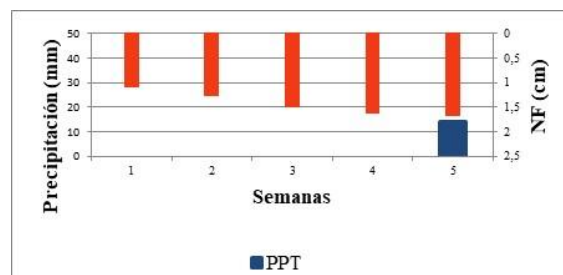
Fuente: Los autores

Figura 11. Comportamiento histórico de la precipitación promedio y peso racimo entre las semanas 1 y 52 del 2013.

La figura 11 muestra el comportamiento de la precipitación y el promedio de nivel freático de los 34 pozos freatimétricos del área de estudio, para las semanas 1 del 2013 a la 52 del 2013. Como se puede observar la precipitación presenta una alta variabilidad a través de las semanas estudiadas, observándose en el primer trimestre del año 2013 de forma aislada lluvias muy altas seguidas de muy bajas; a partir del segundo trimestre se inician eventos de lluvias más seguidas, las cuales se estabilizan de forma constante en el tercer trimestre, para luego nuevamente mostrar precipitaciones bajas en el cuarto trimestre del año 2013, este fenómeno es muy cíclico y marcado en la zona de Urabá, ya que se presentan dos temporadas climáticas, una de verano en el primer trimestre y una de invierno que inicia paulatinamente en el segundo trimestre y termina en el cuarto; cabe destacar que en esta temporada de invierno se presentan de forma aislada bajas precipitaciones, los cuales se pueden observar muy bien en las semanas 25, 33 y 45 del 2013.

Mapeo de isobatas y peso de racimo por lote

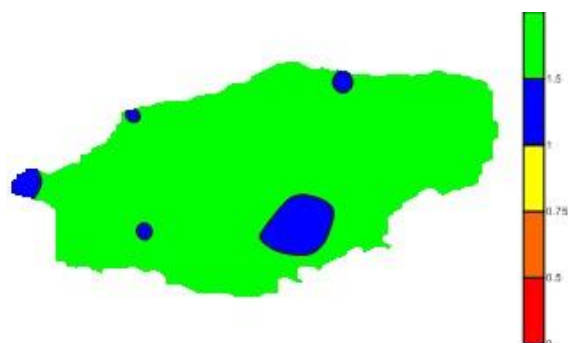
De acuerdo al análisis hecho en la organización de los datos, se seleccionaron cuatro semanas puntuales que representan muy bien los cuatro trimestres del año donde se ve afectada la producción (peso de racimo). En el mapa de isobatas (interpolación de la profundidad del nivel freático) de la semana 5, que representa el primer trimestre del año, el nivel freático se encontraba en un rango de 150 a 200 cm respecto a la superficie del suelo (color azul), esto se debe a que cuando se tiene precipitaciones acumuladas muy bajas durante la semana (14 mm) se impacta altamente la profundidad del nivel freático (ver figura 11); además la precipitación acumulada que se tenía entre la semana 1 del 2013 a la 5 del 2013 fue de 14 mm (ver figura 12).



Fuente: Los autores

Figura 12. Precipitación cuatro semanas atrás de la semana 5 seleccionada para hacer los análisis de isobatas en el primer trimestre del año.

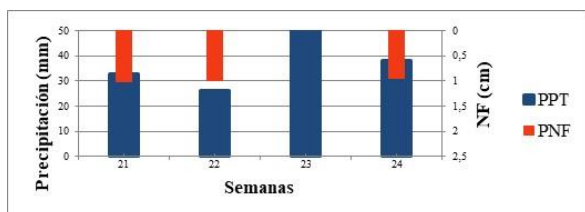
Desde el punto de vista espacial del área de estudio este evento tuvo su mayor impacto (niveles freáticos mayores de 150 cm) en los lotes 10, 11, 12, 13, 15 y 16, ubicados en la zona oeste abarcando 71,68 ha equivalente al 84,8% del área (Figura 13). Este evento trascendió 12 semanas después, en el peso de los racimos que fueron cosechados desde la semana 10 del 2013, afectando la productividad (nivel muy bajo) especialmente en los lotes 10, 11, 12, 13, 15 y 16; que equivale a 32,8 ha y representan el 38,83% del área de estudio. El resto del área de estudio presentó valores de peso racimo dentro del nivel bajo correspondiendo de esta manera al 61,17% del área.



Fuente: Los autores

Figura 13. Plano de isobatas de área de estudio, Apartadó – Antioquia Semana 5, enero/2013

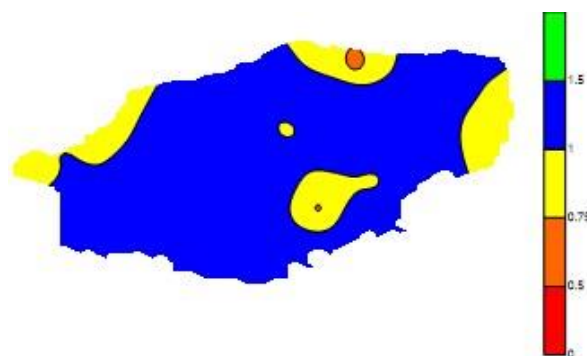
En la interpolación hecha a los datos tomados en la semana 24 que representan el segundo trimestre del año, en este la profundidad del nivel freático se encontraba moderadamente profundo y profundo con 58,8 y 35,3% respectivamente, por la baja precipitación presentada (38 mm), además, la precipitación acumulada de la semana 21 a la 24 del 2013 ostento niveles muy bajos (188 mm) como se observa en la figura 14.



Fuente: Los autores

Figura 14. Precipitación cuatro semanas atrás de la semana 24 seleccionada para hacer los análisis de isobatas en el segundo trimestre del año.

En la isobata generada para esta fecha se evidencia que las zonas críticas con niveles muy profundos desaparecen en su totalidad, dado que el nivel freático se encuentra por debajo de 1,5 metros de profundidad (ver figura 15), así mismo el peso de racimo por lote mejoró sustancialmente, pasando de tener 6 lotes con pesos muy bajo a ninguno, y solo teniendo los lotes 3, 10, 12 y 15 con peso bajo (entre 20 y 24 kg) que equivalen a 21,16 ha (17,87% del área). Los lotes restantes del área presentaron peso medio (entre 24 y 28 kg) que equivalen al 82,12% del área.

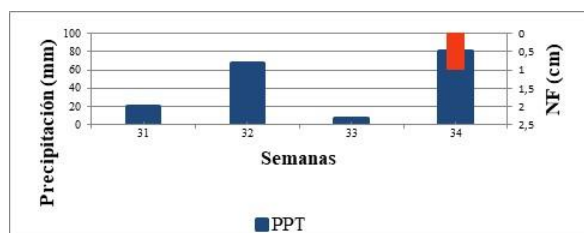


Fuente: Los autores

Figura 15. Plano de isobatas del área de estudio, Apartadó – Antioquia semana 24, junio/2013

Para el análisis hecho al nivel freático evaluado en la semana 34 (representa en tercer trimestre), en este la profundidad del nivel freático se encontraba moderadamente profundo y profundo con 61,8 y 35,3% respectivamente (Figura 17), por la baja precipitación presentada (80 mm), y la acumulada en las últimas cuatro semanas de 174 mm también (ver figura 16).

Este evento afectó de forma espacial el nivel freático, ubicándolo en un rango moderadamente profundo y profundo; a pesar de esto el efecto sobre el peso de racimo de la semana 44 en los lotes no se vio afectado de forma negativa ya que el 91% del área presentó valores de peso racimo dentro del rango medio (entre 24 y 28 kg) y el 9% restante que corresponde a los lotes 3 y 14 presentó valores dentro del rango alto (entre 28 y 34 kg) ver tabla 2 y 3.



Fuente: Los autores

Figura 16. Precipitación cuatro semanas atrás de la 34, seleccionadas para análisis isobatas en el tercer trimestre del año.

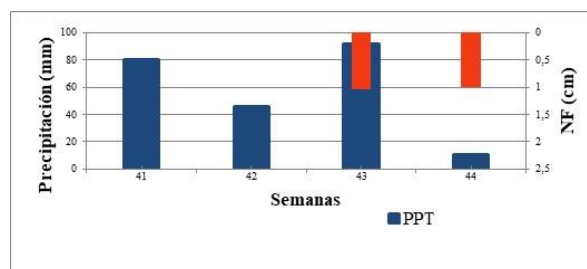


Fuente: Los autores

Figura 17. Plano de isobatas del Área de estudio, Apartadó– Antioquia semana 34, agosto/2013

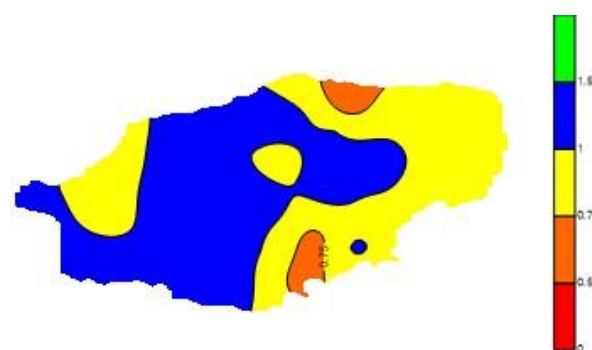
En el análisis de la semana 44 (representa en cuarto trimestre), como en la semana 21, se evidencia un descenso de los niveles freáticos al ubicarse en un nivel moderadamente profundo y profundo, dado que la precipitación presentada en la semana fue de 10 mm, pero en el acumulado de las cuatro últimas semanas fue de 228 mm (figura 18).

En la isobata generada se evidencia que el número de lotes que se encuentran en un nivel freático profundo comparando con la semana 24 es menor (figura 19), así mismo los lotes que presentaron un peso medio, aumento de 12 a 14, y los dos lotes restantes pasaron a la categoría alto (entre 28 y 34 kg) representando un área de 77,3 ha (90% del área de estudio) con pesos medio ver tabla 2 y 3.



Fuente: Los autores

Figura 18. Precipitación cuatro semanas atrás de la 44 semana seleccionada para hacer los análisis isobatas en el cuarto trimestre del año.



Fuente: Los autores

Figura 19. Plano de isobatas del área de estudio, Apartadó – Antioquia. Semana 44, octubre/2013

En la interpolación hecha al promedio de las 52 semanas de la profundidad del nivel freático se evidencio que el área estudiada no tiene condiciones que afectan mucho el desarrollo del cultivo, ya que se mantiene entre los rangos de moderadamente profundo y muy profundo (ver tabla 6), que comparado con el promedio de los pesos por lote de las 52 semanas, no se tiene mucha relación, ya que todos los lotes no presentan las mismas condiciones de productividad; donde los lotes que presentan un mejor nivel freático (muy profundo) están ubicados en la zona centro y este (4, 5, 6, 7, 14 y 16) y los lotes que presentaron un mejor peso (alto) son los ubicados en la zona oeste- centro (lotes 2, 5, 6 y 7).

De acuerdo con lo reportado por Sancho (1993) quien firma que conforme aumenta la profundidad del nivel freático la distribución radicular mejora. Esto beneficia a las condiciones de aireación estimulándose el crecimiento y desarrollo de raíces. Las raíces en condiciones de buena aireación son más largas y de mayor diámetro que las raíces producidas bajo malas condiciones de aireación.

Claro está que los lotes que han presentado los mayores inconvenientes de peso (muy bajos a bajo) en las semanas evaluadas de cada trimestre son siempre los mismos 10, 11, 12 y 13 presentando una relación muy acertada entre el peso de racimo y el nivel freático (Tabla 2 y 3).

Todo lo anterior tiene alta relación con la infraestructura de drenaje; ya que los lotes menos afectados tienen un sistema de drenajes terciario más denso y organizado.

Actualmente la subregión de Urabá y los sistemas productivos bananeros y otros cultivos cuentan con una herramienta tecnológica denominada Siomapp que permite estudios análisis hídrico, análisis meteorológico y análisis foliar, análisis temporales del funcionamiento de la red de drenajes, flujo de agua en el cultivo, lo que permite detección temprana del déficit o exceso de agua, monitoreo de precipitaciones, optimización de fertilizantes, mapas de rendimiento de racimos, entre otros. Estos estudios son realizados con equipos de campo y analizados por expertos en el tema (Sioma, 2017). Por lo tanto, estas y otras herramientas tecnológicas, más los procesos de investigación aplicada al sector productivo aportan al desarrollo del cultivo, la gestión y transferencia de conocimiento en la subregión y otras zonas del país.

Conclusiones y recomendaciones

- El área presenta una pendiente natural (superficie) que va desde la zona este hacia zona oeste, coincidiendo con la macro geografía de la región.
- Este sistema de drenajes no se encuentra haciendo la función estipulada, ya que los canales que están cortando las aguas son los secundarios y no los terciarios como lo describen algunos autores citados, por tal razón se recomienda realizar un manejo diferente a las zonas con mayores problemas de nivel freáticos de acuerdo a los mapas de isobatas las zonas del área de estudio están ubicadas en el sector oeste.
- Para los meses de enero a marzo se presentan valores de nivel freático entre 1.5- 2 m, datos que contrastan con la época de sequía de esos meses, los pesos de los racimos se ven

afectados de forma negativa, presentado así los valores más bajos de todo el año.

- Los meses de octubre a diciembre los niveles freáticos se encuentran en un rango de 1-1.5m de profundidad la variable peso de racimo con valores promedios de 26 kilogramos por racimo.
- Los meses de mayo a septiembre son meses equilibrados con valores promedios de 24 kilogramos por racimo y la profundidad del nivel freático se mantiene estable con valores cercanos a 1m.
- Las principales sales que predominan en las aguas freáticas del área de estudio, son sulfato de magnesio y cloruro de magnesio, otorgando una tendencia salina de tipo sulfática como sulfato de magnesio y cloruro de magnesio en el 82,4% en el muestreo realizado y el tipo clorhídrico – sulfática con 17,6% de acuerdo a las relaciones iónicas. Donde la migración de sales se da en dirección del flujo freático, lo cual es responsable de los valores mayores de pH, en la zona de descarga.
- El exceso de agua con saturación del suelo, por periodos prolongados provoca en la planta pérdidas irreparables en el sistema radical, que repercutirán en el fructificación de la planta, el desarrollo y llenado del fruto.
- Se requieren estudios adicionales que determinen las relaciones entre la densidad de raíz (funcionales y no funcionales), la producción de la planta, y su relación con la salinidad y nivel freático.
- Se recomienda realizar nuevos estudios debido a que las condiciones climáticas (precipitación) aun aumentado en los últimos años, produciendo un aumento en la concentración de sales, y es posible que con las fertilizaciones la tendencia de la salinidad haya cambiado.

Referentes bibliográficos

- Asociación de Bananeros de Colombia-Augura. (2017). *Estadísticas del sector*. Coyuntura bananera 2016. Augura. Medellín. 31p. Recuperado de <http://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2015/08/CONYUNTURA-BANANERA-2016.pdf> [Agosto 13, 2017]
- Asociación de Bananeros de Colombia-Augura. (2017). *Zonas productoras*. Recuperado de <http://www.augura.com.co/augura/quienes-somos/> [Septiembre 13, 2017]
- Ayers, R. S. y D. W. Westcot. 1987. *La calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO, Riego y Drenaje. No. 29. FAO, Roma, Italia. 174p.
- C.I Uniban S.A. (2003). *Manual de buenas prácticas agrícolas para banano*. Medellín. Colombia.
- Carrera, D., Guevara, P., y Gualichicomin, G. (2014). *Caracterización físico-química desde el punto de vista agrícola de los suelos en la zona de riego del proyecto multipropósito Chone*. In *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*. Vol. 9, No. 1, pp. 71-80). Recuperado de <http://journal.espe.edu.ec/index.php/cienciaytecnologia/article/view/87> [Agosto 16, 2016]
- Chinnusamy, V.; A. Jagendore, A. & Zhu, J.K. (2005). *Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants*. Crop Sci. 45: pp.437-448. Recuperado de <https://www2.ag.purdue.edu/hla/zhulab/Documents/Publications/2005/VCcropsci.pdf> [Noviembre 16, 2016]
- Fernández, M., & Fernández, T. M. (1999). *Establecimiento de vectores de salinidad a través del análisis físico-químico de los mantos freáticos someros en el Distrito de riego 041, Río Yaqui, Sonora*. Tesis de grado. Instituto Tecnológico de Sonora (No. 04; TESIS.). México. 60p. Recuperado de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/664_valenzuela_alvaro.pdf [Noviembre 30, 2016]
- Ferreira, E., Willadino, I., Semen, I. S., Rangel. T. y Oliveira, S. (2002). *Genotipos de bananos (Musa spp.) bajo estrés salino: tolerancia y sensibilidad*. INFO MUSA, volumen 11, N°2. pp.13-18. Recuperado de <http://docplayer.es/21775180-Infomusa-la-revista-internacional-sobre-banano-et-platano-vol-11-no-2-diciembre-2002-en-este-numero.html> [Abril 13, 216]
- Guarín, G. (2011). *Impacto de la variabilidad climática en la producción de banano en el Urabá Antioqueño*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 38p. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/4643/1/200720438.2011.Capitulos_1-5.pdf [Marzo 13, 2017]
- Mercado, T. (1999). *Establecimiento de vectores de salinidad a través del análisis físico-químico de los mantos freáticos someros en el distrito de riego 041 río Yaqui, Sonora, México*. Tesis maestría, Montecillos, México. Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 135 p.
- Mercado, T. Ortega, M, Arenas, A. & Combatt, E. (2011). *Dinámica de sales en el distrito de riego La Doctrina, Colombia*. IDESIA; (Chile) Volumen 29, N° 1. Enero - Abril 2011, pp. 83-90. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292011000100011 [Agosto 10, 2016]
- Munns, R.; A. Termaat (1986). *Whole- Plant Responses to Salinity*. Aus. J. Plant. Physiol. 13 (1). pp.143-160. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1071/PP9860143> [Agosto 7, 2016]
- Ortegón, A. (2004). *Metodología para la realización de estudios de drenaje a nivel predial*. En: Revista Palmas. Vol. 25. N° espacial. Tomo II.



pp.126-136. Recuperado de
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1075/1075>
[Septiembre 28, 2017]

Pereira, C. (2010). *Comportamiento del nivel freático en el área bajo riego del tercio inferior del río Atuel, cuenca del río Atuel*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cuyo Mendoza – Argentina. 82p. Recuperado de
http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4515/pereira-comportamientonfenrioatuel-mza.pdf [Abril 18, 2016]

Richards, L. A. (1990). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Manual núm.60. Sexta reimpresión. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Laboratorio de Salinidad. México, DF: Limusa. 172p

Sánchez, R. M., Dunel, G., L., y Scherger, M. (2015). *Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina. Programa nacional de agua*; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la nación. Argentina. INTA Ediciones. FAO. 76p. Recuperado de
https://inta.gob.ar/sites/default/files/tapa_salinidad.jpg [Noviembre 30, 2016]

Sancho, H. (1996). *Efectos del mal drenaje y su control sobre la productividad del cultivo del banano*. CORBANA S.A. Departamento de Investigaciones. San José de Costa Rica. X Congreso Nacional Agronómico / II Congreso de Suelos. pp.207-216. Recuperado de
http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_207.pdf [Noviembre 16, 2016]

Sioma. (2017). *Siomapp, cultivando el agro del futuro*. Recuperado de
<https://www.siomapp.com/usuario/> [Octubre 17, 2017]



Identificación de insectos plaga asociados al cultivo de palma de aceite Híbrido OxG alto oleico en Urabá y propuesta de manejo integrado.

Identification of plague insects associated with oil palm cultivation OxG hybrid high oleic in Urabá and integrated management proposal.

Cristian Camilo Argumedo Espitia. *Tecnólogo en Agrobiotecnología. Apoyo Sennova. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico. SENA. cristianoarma10@hotmail.com*

Rosa Indira Vásquez Vargas. *Tecnóloga en Agrobiotecnología.*

Mónica Obregón Barrios. *Ingeniera agrónoma. Líder Sennova. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico. SENA. E-mail: mobregonb@sena.edu.co*

Slim Camilo Álvarez Alarcón. *Instructor Red Biotecnología. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico. SENA. E-mail: alvaslim@hotmail.com*

Yuber Arley Domínguez Asprilla. *Tecnólogo en Agrobiotecnología. Apoyo a investigación Sennova. Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico. SENA. E-mail: yuberdominguez@hotmail.com*

Recibido: febrero 26 de 2017. Aceptado noviembre 30 del 2017

Resumen

La palma de aceite es uno de los cultivos más representativo en el mundo, siendo uno de los rubros tradicionales agrícolas de mayor importancia en Colombia, en los últimos años la palma de aceite ha venido tomando gran importancia en la subregión de Urabá contando con aproximadamente 6000 ha. Actualmente en Urabá se siembra el híbrido (OxG) alto oleico, que es cruce entre la palma africana *Elaeis guineensis* y la palma americana *Elaeis oleifera*. El objetivo de la investigación es identificar las plagas de importancia económica en el cultivo de palma de aceite presentes en Urabá. El trabajo de campo se realizó en fincas ubicadas en los municipios de Mutatá, Chigorodó, Carepa y en el corregimiento El dos en el municipio de Turbo; para la recolección e identificación de los insectos plagas, en algunos casos se utilizaron trampas de control etológico la identificación se hizo en el laboratorio de sanidad vegetal del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico-Sena, Apartadó. En una de las fincas se elaboró un mapa para la zonificación de las plagas. Los insectos encontrados fueron los siguientes: hormiga arriera *Atta sp.*, gusano araña *Phobetreron sp.*, gusano cabrito *Opsiphanes sp.*, torito *Strategus aloeus*, picudo negro *Rhynchophorus palmarum*, barrenador de raíces *Sagalassa valida* y gusano monturita *Sibine sp.* Alrededor de estas plagas se realizaron recomendaciones de manejo integrado según lo reportado por diferentes autores y los asistentes técnicos con experiencia en la subregión de Urabá.

Palabras clave: Híbrido (OxG), Urabá, *Rhynchophorus palmarum*, *Strategus aloeus* *Sagalassa valida*.

Abstract

The oil palm is one of the most representative crops in the world, being one of the most important agricultural traditional crops in Colombia, in recent years the oil palm has been taking great importance in the subregion of Urabá with approximately 6000 Ha. Currently in Urabá the high oleic hybrid (O x G) is sown, being a crossing between the African palm *Elaeis guineensis* and the American palm *Elaeis oleifera*. The objective of the research is to identify pests of economic importance in palm, present in Urabá. The field work was carried out in farms located in the municipalities of Mutatá, Chigorodó, Carepa and in the village of El dos in the municipality of Turbo, for the collection and identification of insect pests, in some cases ethological control traps were used. identification was made in the plant health laboratory of the Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico - Sena Apartadó. In one of the farms a map for the zoning of the pests was elaborated. The insects found were the following: leaf cutter ants or town ants *Atta sp.* spider worm *Phobetreron sp.*, green worm *Opsiphanes sp.*, beetle torito *Strategus aloeus*, black weevil *Rhynchophorus palmarum*, root borer *Sagalassa valida* and Saddleback caterpillar *Sibine sp.* Around these pests integrated management recommendations were made as reported by different authors and technical assistants with experience in the subregion of Urabá.

Key words: Hybrid (OxG), Urabá, *Rhynchophorus palmarum*, *Strategus aloeus*, *Sagalassa valida*

Introducción

Colombia es el mayor productor de palma de aceite en Latinoamérica y el cuarto a nivel mundial detrás de Malasia, Tailandia e Indonesia. En Colombia la palma africana se cultiva en zonas tropicales húmedas, actualmente el país cuenta con 500.000 hectáreas sembradas (Fedepalma, 2017). En los últimos años se ha venido sembrando el híbrido alto oleico ya que este es tolerante a la pudrición de cogollo (Pc) (Benítez, 2012, p.7).

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona, la palma de aceite se adapta bien hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y a la zona ecuatorial, entre los 150 de latitud norte y 150 de latitud sur, la temperatura máxima promedio debe ser de 30 a 33 °C y de un promedio de 22 a 24 °C. El mínimo de temperatura no debe ser inferior a 18 °C. Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas al igual que el cocotero (Méndez, 2009, p.3). Por esta razón la subregión de Urabá se proyecta como una subregión palmera prometedora y potencial, de esta manera es indispensable el reconocimiento de las plagas y su manejo integrado.

Debido a que el cultivo de la palma de aceite híbrido es nuevo en la subregión de Urabá y los pequeños palmicultores desconocen algunos aspectos del cultivo y teniendo en cuenta que las condiciones edafoclimáticas son diferentes al resto del país, además los problemas fitosanitarios no se hacen espera haciendo presencia en los agroecosistemas palmeros, causando daño en mayor o menor grado en las diferentes partes de la planta, de esta manera es importante hacer un reconocimiento de las plagas que inician sus procesos de ataque en los cultivos que se establecen en nuevas áreas productivas, y es necesario contar con una herramienta básica para el diseño de planes y estrategias para el manejo integrado del cultivo, por lo tanto el objetivo principal del proyecto es identificar los insectos plaga asociados al cultivo de la palma híbrido OXG alto oleico y hacer un mapeo aproximado según la presencia de la plaga en las tres fincas evaluadas, que sirva como herramienta para implementación de estrategias de manejo integrado.

Importancia del cultivo de palma

Para el año 2013, los usos del aceite de palma se distribuían entre comestibles, concentrados y otros en

80%, la industria oleo química en 15%, las fuentes de energía renovable 3% y biocombustibles en 2%, reafirmando la versatilidad de nuestro producto y su importancia a nivel mundial. (Lacouture, 2014, p.1).

Colombia, cuenta con 500.000 hectáreas sembradas en palma de aceite y es actualmente el primer productor de aceite de palma de América y el cuarto a nivel mundial. La industria del aceite de palma hoy en día es el líder a nivel mundial en la provisión de aceites y grasas y uno de los sectores con mayor potencial por la versatilidad de usos y aplicaciones de sus productos, tales como aceite de cocina, grasas especiales, sustitutos de manteca de cacao y de grasas animales, margarinas, productos de aseo, jabones, detergentes, cosméticos, cremas dentales, velas, lubricantes, pinturas, biocombustibles y energía eléctrica, entre muchos otros (Fedepalma, 2017).

El país cuenta con 58 núcleos palmeros distribuidos en las cuatro zonas palmeras: la zona norte la componen la Costa y el Cesar con 15 en la zona central se encuentran el Sur del Cesar, Bucaramanga y Norte de Santander con 13; la zona oriental está compuesta por el Meta y Casanare con 25; y el suroccidente abarca Tumaco y Caquetá con 5. En este mismo año, se cuentan en 17 departamentos, 108 municipios donde se cultiva palma de aceite en Colombia (Fedepalma, 2016, p.2). En la región de Urabá actualmente se reportan 6000 ha. (Bioplanta Palmera para el Desarrollo- BPD. S.A, 2017). Es una región que tiene gran potencial para el desarrollo de las actividades palmeras entre los municipios de Mutatá, Chigorodó, Carepa y Turbo.

La palma de aceite híbrido OXG alto oleico tiene ciertas características que lo diferencian del material guineensis especialmente tolerante a enfermedades como la pudrición del cogollo causada por *Phytophthora palmivora*, anillo rojo *Bursaphelenchus cocophilus* y marchitez letal *Myndus crudus* la han convertido en una alternativa en las regiones palmeras donde está presente el problema. Este cultivo es un cruce entre *E. oleífera* y *E. guineensis* además, su menor ritmo de crecimiento alarga la vida útil del cultivo, pues es posible cosecharla con facilidad por más años que la palma africana. Su aceite tiene características que lo hacen atractivo para la industria de alimentos, contiene más triglicéridos con ácido oleico que la tradicional y menos ácido palmítico y, por tanto, es más insaturado (Zapata, 2010, p.1).

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona,

pues este cultivo propio de climas cálidos y tropicales requiere grandes inversiones. La palma de aceite se adapta bien hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y a la zona ecuatorial, entre los 15° de latitud norte y 15° de latitud sur, la temperatura máxima promedio debe ser de 30 a 33 °C y de un promedio de 22 a 24 °C. El mínimo de temperatura no debe ser inferior a 18 °C. Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas al igual que el cocotero (Méndez, 2009, p.3). Por esta razón la subregión de Urabá se proyecta como una subregión palmera prometedora y potencial, de esta manera es indispensable el reconocimiento de las plagas y su manejo integrado

Plagas del cultivo de la palma

Actualmente se han desarrollado varios materiales de palma de aceite entre estos el híbrido OxG alto oleico con el objetivo de incrementar la productividad y la calidad de los productos obtenidos (Cenipalma, 2013). Este cultivo ha presentado problemas de Fitosanidad el cual provoca la llegada de plagas como el torito (*Strategus aloeus*), picudo negro (*Rhynchophorus palmarum* L.), picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) y gusano cabrito (*Opsiphanes cassina*), entre otras plagas (Rahmana, 1994; Calvache, 1995; Genty, 1998; Pallares, 2000; Fedepalma y Cenipalma, 2010; Cenipalma, 2105), estas plagas ocasionan daños de menor a mayor grado en diferentes partes de la planta, provocándole pérdidas al cultivo en la parte productivas; en otros países como en Colombia y en la subregión de Urabá se han reconocido como plagas que afectan a este cultivo provocándole daños a la planta.

En cuanto al follaje del cultivo de palma algunos autores reportan las siguientes plagas:

Gusano monturita *Sibine spp.* - Lepidoptera: Limacodidae. Este tiene unas características explosivas y a su voracidad a lo hora de comerse las hojas es muy rápida. Este ataca fuertemente en etapa de larva ya que puede consumir hasta el 20% del área foliar de la planta. Esta especie afecta mayormente a las hojas del tercio medio. Se ha encontrado que su población aumenta mayormente en épocas de lluvias y pueden vivir en colonias de 100 a 200 gregarios (Chigne, 2013, p.7).

Gusano cuerno mayor *Loxotoma elegans* Zeller-Lepidoptera: Stenomidae. Suele atacar en altas poblaciones, causando fuertes defoliaciones, razón por

la cual se considera plaga de importancia económica en el sector palmicultor. El daño ocasionado por el insecto en los primeros instares consiste en un “raspado” del parénquima, lo que puede favorecer el desarrollo de enfermedades como la pestalotiopsis. A medida que crece consume toda la lámina foliar de forma irregular causando fuertes defoliaciones (Monroy et al., 2011, p.2).

Gusano cuerno menor *Stenoma cecropia* Meyrick-Lepidoptera: Elachistidae. Es una plaga polífaga que ataca la palma de aceite debido a las altas defoliaciones que ocasiona, es considerada plaga de importancia económica en las zonas Suroccidental y Central de Colombia. Su manejo se concentra en el uso de insecticidas químicos principalmente, aunque responde bien a insecticidas biológicos como el *Bacillus thuringiensis*. La duración total del ciclo fue de 58 días en promedio. El huevo dura 4 a 5 días; el estado larval duró 39 a 41 días pasando por 8 o 9 instares. El estado de pupa tomó 10 a 12 días y el adulto duró 3 a 5 días. Las hembras de *S. cecropia* ovipositan en promedio 116 a 97 huevos. Las larvas de *S. cecropia* consumen en promedio 36 a 12,3 cm de las hojas, durante los primeros cuatro instares larvales roen la epidermis de los folíolos y desde el V instar consumen toda la lámina foliar. (Barrios et al., 2013, p.1).

Chinche de encaje *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner-Hemiptera: Tingidae. Es una plaga muy importante de la palmicultura porque ha causado serios daños en las zonas Norte y Central de Colombia. Este insecto, que se encuentra en el follaje de las palmas, tiene un aparato bucal chupador que le permite alimentarse del follaje succionando la savia de las hojas; este daño abre la entrada a varios hongos oportunistas que penetran el follaje y causan manchas pardo-oscuros que se denominan Pestalotiopsis. Al final, el daño se traduce en una defoliación y reducción de la fotosíntesis, que conlleva a una merma en la producción de aceite. (Barrios y Bustillo, 2014, p.1)

Gusano canasta *Oiketicus Kyrbyi* Lands Guilding-Lepidoptera: Psychidae. El gusano canasta es un insecto polífago que se alimenta de varios cultivos y plantas silvestres se ha reportado principalmente en plantaciones de centro américa. La larva puede alimentarse de una gran variedad de especies vegetales que incluye cultivos y malezas. Las larvas desarrolladas pueden soportar muchos días sin comer, también el clima y el cuidado que tenga la plantación pueden ser factores fundamentales para su desarrollo en las plantas. (Mexzon, et al., 2004, p.1).

Hormiga arriera *Atta* sp.-Hymenoptera: Formicidae. Las Hormigas arrieras o cortadoras de hojas representan uno de los grupos de insectos con mayor dispersión, adaptabilidad y éxito evolutivo en el Neotrópico. Aunque importantes en términos de biodiversidad, su mayor impacto está representando en su gran adaptabilidad biológica, ecológica y de comportamiento, que las convierte en serias amenazas para los sistemas agrícolas, pecuarios y silvopastoriles. Estas atacan principalmente las hojas y frutos de la planta. (Perkins Ltda, 2013, p.1).

Gusano cabrito *Opsiphanes cassina* Felder-Lepidoptera: Nymphalidae. Difícilmente puede ocasionar daños de importancia económica; no obstante, de manera impredecible y bajo ciertas condiciones, puede incrementar violentamente sus poblaciones. Pareciera que cuando falla el control biológico, principalmente en larvas del V instar, las poblaciones se escapan de control originando explosiones de la plaga en generaciones posteriores. Bajo estas circunstancias pueden desarrollarse poblaciones de larvas que superan los valores señalados de acuerdo a los niveles económicos, por lo que se recomienda que en la unidad de producción se realice el seguimiento de la plaga y de sus enemigos naturales. (Rodríguez et al., 2012, p.5).

En cuanto a las raíces las plagas reportadas según algunos autores son la siguiente:

Barrenador de raíces *Sagalassa valida* Walker-Lepidoptera: Glyphipterigidae. Este insecto se ha registrado en Colombia, Panamá, Venezuela, Brasil (Noreste), Ecuador, Perú, Surinam. En Colombia se encuentra en todas las zonas palmeras. Sin embargo, es una plaga de importancia económica en la Zona Occidental y Oriental. Esta es la plaga que afecta al Sistema radicular. Presente en el 100% de las fincas de Urabá (O. Castillo, 2017, comunicación personal). La destrucción parcial de las raíces primarias es seguida por una cicatrización de los tejidos con emisión de brotes nuevos o por una pudrición que puede extenderse hasta el bulbo radical (Fedepalma y Cenipalma, 2016, p.5).

El barrenador de raíces se ha convertido en una plaga de gran importancia económica en Colombia. La gravedad del daño se relaciona con alteraciones fisiológicas como amarillamiento y secamiento prematuro de las hojas, lento crecimiento, emisión

continua y prolongada de inflorescencias masculinas (Bustillo, 2014a. p.7).

En cuanto a las plagas del tronco o estirpe se reportan:

Torito *Strategus aleous* L. - Coleoptera: Scarabaeidae. Se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 1.500 msnm. En Colombia se distribuye ampliamente en regiones que van de muy húmedas a secas, por debajo de los 1.500 m. Se comporta como saproxilófaga, ya que consume troncos en descomposición o habita en suelos ricos en materia orgánica; (Pardo-Locarno 1994; citado por Ahumada et al., 1995). El ciclo de vida tiene una duración de 11 meses, distribuidos así: Huevo 15 días; Larva, tres instares y prepupa, 8 meses; pupa, 2 meses. La hembra deposita los huevos en la madera en descomposición, donde las larvas completan todo su ciclo. El adulto, durante la noche, perfora el suelo en la base de la palma joven y construye una galería vertical de 30-40 cm donde permanece durante el día. (Genty et al., 1978; citado por Ahumada et al., 1995), ya que al momento del ataque entra en contacto directo con los tejidos internos de la palma.

El ataque de *S. aleous* afecta especialmente el meristemo de las palmas jóvenes, causándole la muerte a la palma. El macho realiza una perforación vertical junto al bulbo de la palma y posteriormente hace perforación lateral, donde inicia su alimentación llegando incluso hasta el meristemo y provocando la muerte de la palma. (Fedepalma y Sena, 2012).

Picudo negro *Rhynchophorus palmarum* L-Coleoptera: Curculionidae. Es un insecto de importancia económica en el cultivo de la palma de aceite y el cocotero en América Latina y el Caribe. En Colombia este insecto está ampliamente distribuido y se constituye en un problema fitosanitario de importancia por el daño causado en la palma de aceite y en híbridos interespecífico. El daño puede ser directo o indirecto y en ambos casos ocasiona la muerte de las palmas. (Fedepalma y Cenipalma, 2010, p.5). Como mecanismo de control se utilizan distintos diseños de trampas para adultos preparadas a partir de tallos de palmas improductivas o que no son útiles por cualquier razón. Otro tipo de trampas utilizan pedazos de piña o caña machacada en recipientes de plástico o latas con agujeros. El uso de la feromona de agregación producida por el macho permite incrementar el número de capturas por trampa en un factor entre 6 y 30. Debido a la naturaleza agregada de la población adulta del picudo la intensidad del trampeo puede

variar entre 1 y 10 trampa (Cenipalma, 2015, p.5). La intensidad del trameo puede variar ubicando una trampa cada cien o cuatrocientos metros, dependiendo de la presión de la plaga teniendo en cuenta la Resolución N° 4170 de 2014 del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario, 2014; Fedepalma, 2017).

Este insecto regularmente llega a la palma cuando esta es afectada por pudrición de cogollo (Griffith, 1998). Al estar la planta afectada por pudrición de cogollo el insecto llega, ya que las larvas se alimentan de tejidos en descomposición, la gravedad de esta plaga es que es el vector de la enfermedad conocida como anillo rojo, transmitida por el nemato de *Bursaphelenchus cocophilus* (O. Castillo, 2017, comunicación personal)

En cuanto a las plagas del fruto se reportan las siguientes:

Raspador del fruto: *Demotispa neivai* actualmente ***Imatidium neivai* Bondar –Coleóptera: Chrysomelidae.** Las raspaduras que ocasiona sobre la superficie de los frutos de palma generan pérdidas importantes en la extracción de aceite, además de ocasionar el corte de racimos verdes por el cambio de color que se presenta en los frutos afectados. Los adultos presentan actividad nocturna, las hembras llegan a los racimos una vez se rompe la espata que la cubre, depositan sus huevos en la base interna de las espigas del nuevo racimo; las larvas raspan los frutos externos de la parte inferior de los racimos y los adultos los frutos superiores, un adulto puede raspar 1,5 cm². (Aldana et al., 2004, p.1)

En cuanto a enfermedades reportadas en el cultivo de palma se encuentran las siguientes: pudrición del cogollo (pc) *Phytophthora palmivora*, Anillo rojo *Bursaphelenchus cocophilus*, la pudrición basal húmeda del estipe, la pudrición seca del estipe, la Marchitez sorpresiva, la pudrición de flecha, mancha Anular y Pestalotiopsis, algunas de menor importancia económica (Sánchez, 1990; Rocha, 2007; Martínez, 2010).

Según Genty (1998), la evolución en el manejo de las plagas y el adecuado conocimiento de los insectos plaga en las plantaciones de palma de aceite, ha permitido modificar y mejorar los conceptos existentes para resolver los diferentes tipos de infestación. El MIP se base en Cinco puntos fundamentales:

1.Conocimiento y vigilancia precisos de cada plaga (censos).

2.Patrones exactos de decisiones de intervención (índices críticos)

3.Diferentes tipos de control natural, biológico, cultural y químico

4.Prevencción con la siembra de plantas nectaríferas útiles (plantas arvenses)

5.Nueva filosofía del mantenimiento general de la plantación. resolver los diferentes tipos de infestación.

Metodología

Localización geográfica.

Este proyecto de investigación se realizó en fincas palmeras de la zona norte y sur de la subregión del Urabá antioqueño y en el laboratorio de sanidad vegetal del Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA. En la subregión de Urabá se reporta una temperatura promedio de 30°C, humedad relativa del 86%, precipitación promedio de 2800mm/año, luminosidad promedio 4.5 horas/día, clasificada como bosque húmedo tropical (Bh-T) según zonas de vida de Holdridge.

Procedimiento de campo

Monitoreo de la plantación: Se hicieron los recorridos en forma sistemática cada recorrido se hace sobre una ruta establecida a través del campo tomando como punto de referencia los sectores donde había mayor incidencia de plagas según el encargado de la finca, esto ayudó ahorrar tiempo y a cubrir una mayor área de la plantación. En la figura 1 se muestra el monitoreo del cultivo.

Recolección de insectos plaga: Para la recolección se hizo un seguimiento al palmicultor para revisar si se le había presentado alguna problemática en cuanto a las plagas en el cultivo y si utilizaba productos químicos.



Fuente: Los autores

Figura 1. Recolección de las plagas en campo.
Monitoreo de la plantación

Identificación de insectos según área afectada: Para la identificación de insectos se tuvo en cuenta revisión de literatura, seguimiento en cuanto a la parte de la planta donde había sido encontrada la plaga, por observaciones detalladas en laboratorio y por recomendaciones de expertos en el tema se llega al género de la plaga encontrada.

Elaboración de mapa en campo: Para la elaboración del mapa se utilizó GPS con el fin de georreferenciar la presencia de las plagas encontradas en una de las fincas visitadas, el mapa de zonificación se elaboró con el programa ArcGis.

Elaboración de la propuesta de manejo integrado

La propuesta de manejo integrado se realizó basada en documentos, manuales guías técnicas de campo, donde se describa el control y manejo de las diferentes plagas en otras regiones y que tengan aplicaciones en los cultivos de la subregión de Urabá. Además, se realizó un mapa de la presencia de las plagas en el cultivo según observaciones de campo en una de las fincas evaluadas. También se realizaron recomendaciones según el conocimiento y experiencia de técnicos y expertos de campo que prestan la asistencia agronómica en los cultivos.

Resultados y discusión

Después de realizar los recorridos de campo se obtuvieron los siguientes resultados. En la tabla 1 y figura 2 se muestra las plagas encontradas en las diferentes fincas visitadas, estos resultados tienen relación con otros estudios realizados en otras regiones donde se observa la presencia de estos insectos causando daño. Rahmana (1994), reporto las siguientes plagas en el cultivo de la palma en Colombia: gusano monturita (*Sibine spp*)-Lepidóptera, gusano de la palma (*Brassolis sophorae*)-Lepidóptera. Gusano cuerno mayor (*Loxotoma elegans*)-Lepidóptera, chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicarina*)-Hemíptera, gusano araña (*Phobretton hipparchia cramer*)-Lepidóptera, esto coincide con los resultados para Urabá en la presente investigación en el caso de tres plagas. Otros autores como Genty, (1981); Díaz et al., (2000); Calvache (2001); Coto y Saunders, (2004); Daza (2010); Aldana et al., (2011), Chinchilla, (2012); Cenipalma y Fedepalma (2012); Barrios et al., (2013); Barrios y Bustillo, (2014); Cenipalma, (2015) y también han reportado

estas y otras plagas en el cultivo de la palma en Colombia. Además, en Urabá se ha reportado la presencia de insectos plaga tales como larvas con estructuras urticantes: *Mesocia sp*, *Euprosteria sp.* y *Euclea sp.* y raspador de fruto *Demotispa sp* (O. Castillo, 2017, comunicación personal).

Tabla 1. Insectos plagas asociados al cultivo de palma en la subregión de Urabá

Plaga	N. científico	Orden
Gusano araña	<i>Phobetron sp.</i>	Lepidóptera
Gusano cabrito	<i>Opsiphanes sp.</i>	Lepidoptera
Torito de la palma	<i>Strategus aloeus</i>	Coleoptera
Hormigas	<i>Atta sp.</i>	Hymenoptera
Gusano monturita	<i>Sibine sp.</i>	Lepidoptera
Picudo negro	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Coleoptera
Barrenador de raíces	<i>Sagallasa valida</i>	Lepidóptera



Fuente: Oscar Castillo

Gusano araña *Phobetron sp*



Fuente: Mónica Obregón y Oscar Castillo

Gusano cabrito *Opsiphanes sp.* y Picudo negro *Rhynchophorus palmarum*



Fuente: Cristian Argumedo y Mónica Obregón

Torito palma *Strategus aloeus*



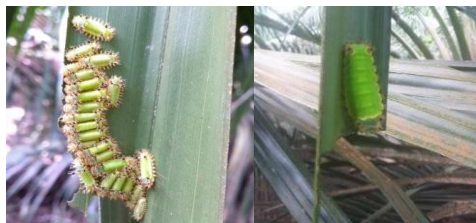
Fuente: Samuel Calle y Oscar Castillo

Barrenador de raíces *Sagalassa valida*



Fuente: Cristian Argumedo

Hormiga arriera *Atta* sp.

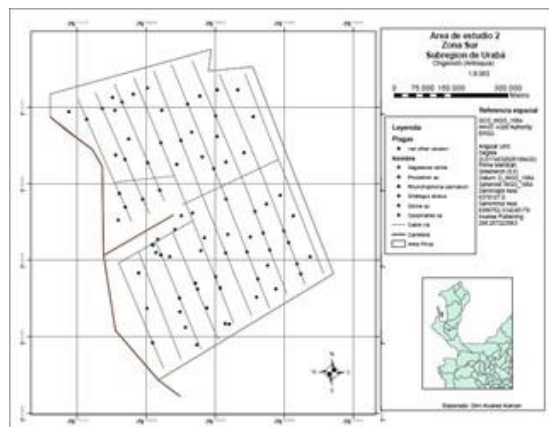


Fuente: Samuel Calle y Oscar Castillo

Gusano monturita *Sibine* sp.

Figura 2. Insectos recolectados en campo e identificadas como plagas en las tres fincas evaluadas

En la figura 3 se muestra el mapa como ejemplo de zonificación de las plagas, la edad del cultivo (área de estudio) es de 6 años, este mapa puede servir de herramienta para el monitoreo permanente de plagas teniendo en cuenta que la presencia de insectos varía dependiendo de las condiciones climáticas y agronómicas del área estudiada, se aclara que es un mapa con un reporte de presencia de plagas en un determinado momento de la evaluación, por lo tanto se toma como un ejemplo de zonificación, es importante que los mapas de plagas deben ser permanentemente actualizados.



Fuente: Slim Álvarez (2017)

Figura 3. Mapa de la zonificación de plagas en el área de estudio 2. Chigorodó Antioquia. Cultivo de 6 años.

Recomendaciones para el manejo integrado de las plagas en el cultivo de la palma en Urabá.

En Urabá la palma africana fue afectada por una enfermedad, que prácticamente acabó con el cultivo, actualmente se emplea la alternativa de cultivar el Híbrido OxG alto oleico, pero al establecer el cultivo también se presentan las plagas y muchas veces por desconocimiento se puede llegar a emplear productos químicos o insecticidas que contaminan al medio ambiente ocasionando deterioro del suelo y la contaminación de las fuentes hídricas. Existen alternativas más económicas y menos contaminantes para el entorno como son las diferentes formas de controles natural e integrado entre estas se encuentra: control natural, control cultural, control biológico y control etológico que cumplen una función en cada plaga y sin afectar a la planta. (Fedepalma, 2010, p.8). Por lo tanto, es importante que los productores conozcan los procedimientos y los apliquen según el tipo de plaga.

Rahmana (1994), reportó las siguientes plagas en el cultivo de la palma en Colombia: gusano monturita (*Sibine spp*)-Lepidóptera, gusano de la palma (*Brassolis sophorae*)-Lepidóptera. Gusano cuerno mayor (*Loxotoma elegans*)-Lepidóptera, chinche de encaje (*Leptopharsa gibbicarina*)-Hemíptera, gusano araña (*Phobretton hipparchia cramer*)-Lepidóptera, esto coincide con los resultados para Urabá en la presente investigación en el caso de tres plagas.

A continuación, se describe algunos aspectos relevantes para el manejo integrado del cultivo y que se proponen desde el semillero de investigación en sanidad vegetal Fisau del Sena:

Manejo de la Hormiga arriera (*Atta sp.*)

Control cultural: se realiza para erradicar nuevos hormigueros, por lo cual se debe de localizar los hormigueros recién formados, desenterrar la reina y eliminarla para que el resto de hormigas puedan irse porque de ellas dependen de su reina. Este método es catalogado el más importante y es indispensable que toda la comunidad lo realice de manera permanente a través del trabajo en equipo, después que ocurra el “vuelo nupcial”, el cual se identifica fácilmente por la cantidad de machos alados muertos en el suelo (Ripa et al., 2008, p.7).

Manejo biológico: Mediante el uso de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*) y hongos micro patógenos *Trichoderma lignorum* aplicados en forma de cebos atrayentes a base de hojuelas de avena o salvado de trigo con jugo de naranja. El control biológico es implementado a partir del uso de cebos atrayentes de la hormiga, contaminados con hongos entomopatógenos y hongos antagonistas del hongo que produce la reina (Perkin Ltda, 2012, p.3).

Cebo formícida agroecológico: Los ingredientes necesarios para la elaboración de este cebo son: 2kgs de salvado de trigo, 1 Litro de jugo de naranja natural o de sobre, 40 Gramos del hongo *Bauveria bassiana* o *Metarrhizium anisopliae*, una cucharada de melaza y una cucharada de sal, todo este proceso se debe hacer con guantes. Para la preparación debe ser en un recipiente plástico, mezclando el jugo de naranja con el salvado, y luego de agregarle el hongo más la melaza y la sal. Integrar bien todos los componentes y aplicar cebos formícidos como: Blitz y Atakill (Montoya, 2012, p.1).

Manejo del Torito (*Strategus aloeus*)

Ante la necesidad de diversificar las técnicas de control para lograr un manejo racional de los insectos, entre las cuales están: la utilización de sustancias atractivas basadas en la ecología química del insecto (feromonas, por ejemplo) la protección y aumento de insectos útiles (depredadores y parasitoides), organismos entomopatógenos, búsqueda de materiales tolerantes a las plagas, de los tratamientos en número y área y, en lo posible, diversificación de las técnicas

de aplicación (Pallares et al., 2000, p.186). La práctica de control más común es la aplicación de un insecticida (recomendado por su asistente técnico) disuelto en agua con jabón en una dosis de 8 cc por bomba de espalda de 20 litros. Una vez aplicada la mezcla se debe tapar el orificio, también se puede aplicar agua jabonosa en las galerías del insecto, recolección manual de pupas y adultos en cultivos de renovación (Chinchilla, 2012). Además, en Urabá se pueden aplicar dosis que pueden ir de 4 a 8 cc, por bomba de 20 litros, esto depende del ingrediente activo formulado. Siempre usar agua jabón ya que este disminuye la tensión superficial del agua y hace más eficiente la entrada del insecticida por los espiráculos del insecto, lo que optimiza el efecto de la molécula (O. Castillo, 2017, comunicación personal). Según Bustillo (2014b), como control biológico para el torito se puede recomendar el hongo entomopatógeno *Metarrhizium anisopliae*.

Manejo del Gusano araña (*Phobetrion sp.*)

Es una plaga frecuente en los cultivos de la zona, posee variedad de enemigos naturales, que se cree ayudan a mantener las poblaciones muy bajas. No existe mucha literatura en el país sobre esta plaga debido a que no ha presentado grandes problemas. Se cree puede responder a aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* por el orden al que pertenece, sin embargo, se requieren más investigaciones al respecto (O. Castillo, 2017, comunicación personal).

Control biológico: En focos donde se observan poblaciones de importancia económica o si la infestación es generalizada se recomienda hacer aspersiones con *Bacillus thuringiensis*, en dosis de 350 a 400 g/hectárea. El producto se debe usar recién formulado; la aplicación se debe hacer en las primeras horas de la mañana. Es recomendable usar equipo de motor para aplicar el producto, adicionando un pegante al 2.5% del volumen, asperjando todo el follaje (Asociación de Bananeros de Colombia-Augura, 2009, p.3). En caso de infestaciones fuertes se pueden utilizar insecticidas biológicos (Coto y Sanders, 2004, p. 268).

Manejo integrado del gusano cabrito (*Opsiphanes sp*)

Control mecánico y etológico: La trampa propuesta es la de bolsa plástica cebada con un atrayente alimenticia a base de la formula básica: melaza (1 litro), levadura (15 g), urea (10g) diluida en 1,00 o 0,75 l de agua, las

cuales elimina una proporción alta de hembras (Rodríguez et al., 2012).

Control mecánico: También se suele hacer colección manual de pupas con lo cual se logra reducción de poblaciones. En este caso, el almacenamiento de las pupas debe permitir la emergencia de los controladores naturales (Daza, 2010, p.20).

Atrayentes: Es la herramienta más eficaz en el seguimiento (muestreo) y combate de la plaga desde un manejo integrado de plagas, ya que ayuda a minimizar la utilización de productos agroquímicos. Los adultos de *Opsiphantes sp.* y en particular las hembras, son atraídos por fuentes de carbohidratos en las frutas maduras (piña, banano, caña de azúcar, etc.). Una trampa tradicional consiste en añadir un insecticida a las frutas y colocarlas sobre el suelo o en algún recipiente. Solo en casos de ataques extremos en necesario aplicar insecticidas (Ceniap, 2007, p.12). Sin embargo, en Colombia en la actualidad estas prácticas ya no se recomiendan.

Manejo integrado del picudo negro (*Rhynchophorus palmarum*).

Aldana et al., (2011), para el manejo de picudo negro recomiendan diferentes tipos de controles, tales como:

Recipiente de trampa: Su diseño conduce a lograr la mayor captura de insectos al menor costo y con el menor deterioro ambiental. La trampa más efectiva en las evaluaciones realizadas por Cenipalma ha sido la de tipo cerrada con capacidad de 20 litros. A un recipiente plástico se le hacen dos ventanas laterales en la parte superior de 8 cm de ancho por 12 cm de longitud. El área cortada de las ventanas se conserva como cubierta para que no entre agua al recipiente y para que interfiera con la salida de los insectos que estén adentro. Esta ventana debe quedar semi abierta en forma de techo. Los machos cuando detectan el olor a fermento, liberan la feromona de agregación que atrae tanto hembras como machos, respondiendo al instinto de alimentación y reproducción. Bajo este mismo principio se utiliza la feromona sintética de agregación *Rhynchophorol* y los cebos vegetales en las trampas logrando que los insectos migren hacia la fuente de atracción. La feromona va dentro del recipiente trampa, de este modo los insectos caen en la trampa (p.21).

Erradicación química: Uno de los pasos en el manejo de *R. palmarum*, es la erradicación de palmas enfermas descartadas por PC, esto con el fin de que no siga atrayendo el insecto, esto solo aplica para la palma

susceptible a esta enfermedad. La aplicación de 100 cc del herbicida sistémico Metanarsonato monosódico (msma), mediante la inyección del producto al estípite evita la colonización de este insecto (p.28). Vale la pena aclarar que en la subregión de Urabá solo se siembra el híbrido O_xG alto oleico el cual es tolerante a esta afección, por lo tanto, el descarte de plantas por PC no se presenta.

Trampas para adultos: Son preparadas a partir de tallos de palmas improductivas o que no son útiles por cualquier razón. Otro tipo de trampas utilizan pedazos de piña o caña machacada en recipientes de plástico o latas con agujeros. El uso de la feromona de agregación producida por el macho permite incrementar el número de capturas por trampa en un factor entre 6 y 30. La intensidad del trampeo puede variar ubicando una trampa cada cien o cuatrocientos metros, dependiendo de la presión de la plaga (Resolución N° 4170 de 2014 del ICA)

Cebo vegetal: En zonas de alta infestación de *R. palmarum* se utilizan 100 g de caña de azúcar picada en trozos y 250 cc de una solución de agua-melaza en proporción 2:1, con por lo menos tres días de fermentación que se colocan en una botella plástica de 600 ml o dispensador que tiene orificios en la parte superior que permite la salida de los aromas. Este se cuelga dentro del recipiente y se cambia cada dos semanas (p.25).

Manejo integrado del Barrenador de raíces (*Sagilassa valida*)

Para el barrenador de raíces Fedepalma y Cenipalma (2016), recomiendan el control cultural y biológico de la siguiente manera:

Control cultural: Se realiza en lotes con alta incidencia del insecto las palmas deben ser sometidas a prácticas agronómicas que induzcan una recuperación rápida y efectiva del sistema radical afectado. El aporque con la tusa o raquis es una excelente alternativa para la recuperación de las palmas afectadas por *S. valida*, colocando unas 80 tusas sobre el plato, alrededor de las palmas. Estas funcionan como posible barrera física, impidiendo o dificultando el ingreso de las larvas neonatas al sitio de alimentación, pero de manera especial, en la recuperación de todo el sistema radical de la palma (p.9)

Control biológico: Se han hecho evaluaciones en la Zona Occidental con diferentes nematodos

entomopatógenos han logrado mortalidades en laboratorio donde se han obtenido porcentajes de mortalidad del 90%, se cumple la biología de nematodos en las larvas y se recuperan juveniles infectivos, permitiendo su posible uso en campo y el mantenimiento de esta especie para el manejo de larvas en las plantaciones. (p.10).

Control químico: La aplicación de insecticidas químicos, como Tiametoxam + Lambdacihalotrina, dirigida a la zona de plateo de la palma ha sido una de las Cenipalma 1 formas de control más empleada en las Zonas Occidental (Sáenz y Ospino, 2007, p.4). Sin embargo, actualmente en la zona occidental lo que más ha funcionado son las barreras físicas elaboradas con raquis, fibra u hojas y las aplicaciones químicas han sido en casos particulares y aislados. Esta plaga que afecta el sistema radicular de la palma se presenta en el 100% de las fincas de Urabá (O. Castillo, 2017, comunicación personal).

Manejo del gusano monturita (*Sibine sp.*)

Cenipalma (2015); y Chávez et al., (2003) para el manejo de monturita recomiendan el uso de *Bacillus thuringiensis*. Según el departamento agronómico del Núcleo de la Bioplanta palmera para el Desarrollo – BPD, en Urabá la dosis recomendable es entre 400 y 500 cc/ha, esto depende del estado de las larvas y de las poblaciones (O. Castillo, 2017, comunicación personal).

A nivel general para el control y manejo de lepidópteros en palma de aceite, Genty (1998), reporta que, para cada una de las plagas importantes, se han establecido niveles críticos, a partir de los cuales una población de plaga se vuelve peligrosa para el cultivo. Estos índices fueron definidos con base en el consumo de cada tipo y especie de defoliador, pero tienen un carácter subjetivo y teórico y por esta razón deben ser manejados con mucho criterio y sentido común. En efecto, el índice crítico de una plaga puede variar o modificarse según diferentes criterios.

El índice crítico de cada plaga está establecido cuando el follaje está sano y completo, y debe modificarse si el cultivo presenta algún grado de defoliaciones acumuladas anteriores. El índice crítico debe modificarse en caso de presencia simultánea de varias especies de defoliadores.

El índice crítico depende de la presencia o ausencia de factores de control natural, como: parasitoides,

agentes entomopatógenos y depredadores, así como también de las condiciones meteorológicas articulares en un momento preciso del ciclo, etc.

- En el caso de sectores con defoliaciones acumuladas, no sólo se controlarán las zonas focos sino también todos los sectores aledaños, aun con poblaciones muy bajas, sin tener en cuenta en absoluto el índice crítico de la plaga. La palma de aceite puede soportar defoliaciones de hasta un 20% o más sin sufrir consecuencias muy marcadas sobre su producción, siempre y cuando sean defoliaciones puntuales en el tiempo, por lo cual se deben evitar las defoliaciones acumuladas en largos períodos de tiempo (meses) que causan reducciones severas a largo plazo

Además, según Kalida (2012), para biocontrol de coleópteros recomienda el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, además reporta en plantaciones de palma parasitorides o enemigos naturales reguladores de poblaciones de plagas, tales como *Apanteles sp.* y *Brachymeria sp.* lo cual se debe preservar como estrategias de manejo integrado en el cultivo. Además, Calvache (1995), argumenta que se ha dado énfasis a temas como el reconocimiento y la evaluación de enemigos naturales, estudio de reservorios de insectos benéficos y sistemas de inspección o revisión, porque constituyen la base para la implementación de un programa de Manejo Integrado de Plagas. En Colombia hay bastante información y experiencias sobre las diferentes estrategias de control de plagas, que correcta y oportunamente utilizadas pueden contribuir al logro de los objetivos del MIP. Sólo falta el deseo y la voluntad de iniciar un cambio de actitud frente al problema, brindar a la naturaleza la oportunidad de establecer su propio equilibrio. De ser así, los resultados serán tangibles los órdenes económico, ecológico y social.

Según lo reportado por Calvache (2001), cuando se habla de un manejo integrado del agroecosistema en función de un adecuado manejo de insectos plagas, se está hablando de un sistema de prevención basado en el fortalecimiento de la estabilidad del ecosistema. En un cultivo perenne, como la palma de aceite, poco a poco, con el transcurrir del tiempo, va pasando de un ecosistema bastante simple, parecido al de un cultivo anual, a uno cada vez más complejo, propio de un cultivo perenne, cuya estabilidad estará dependiendo de las características mismas del cultivo y del grado y de la forma de intervención dados por el hombre en el proceso de explotación del mismo. En consecuencia, en la forma como se contribuya a esa estabilidad y a una mayor complejidad del sistema productivo,

menores riesgos existirán de la presencia de un aumento rápido de las poblaciones de las diferentes especies de insectos. Sin embargo, en la naturaleza suceden eventos que se salen del control humano y que pueden generar desórdenes ecológicos que es necesario detectar a tiempo, especialmente cuando éstos se refieren al incremento de alguna o algunas especies de insectos fitófagos, conocidos como plagas de la palma de aceite. De lo anterior se desprende que el MIP en palma de aceite se podría reducir a tres actividades principales:

1. Manejo del agroecosistema de la palma de aceite
2. Detección de focos iniciales de insectos potencialmente plagas
3. Manejo de esos focos muy iniciales

Es importante aclarar que en la subregión de Urabá hasta el momento no se hace controles con productos químicos para defoladores, teniendo en cuenta que según los reportes no es necesario, por ahora el manejo se ha realizado sólo con productos biológicos, motivando e incentivando también la protección de la fauna benéfica. Para el caso de *Strategus sp.* si se usan insecticidas químicos (O. Castillo, comunicación personal, 2017).

Según O. Castillo, (2017, comunicación personal), el control natural debe ser la primera estrategia dentro del manejo integrado, por eso la importancia de la identificación de estas especies, incentivar la propagación de plantas nectaríferas para mantener las poblaciones de enemigos naturales dentro de las plantaciones, no usar de forma irracional insecticidas químicos que alteren el equilibrio de las poblaciones de controladores naturales y capacitar a los técnicos y administradores encargados del aspecto sanitario de los cultivos. En todas las plantaciones sin excepción se debe establecer un sistema de censo de plagas y de enfermedades de acuerdo a los lineamientos del asistente técnico. los censos pueden ser de acuerdo a la metodología 10 x 0, 5 x 5 etc. y la frecuencia mensual; esto atendiendo las exigencias de los órganos de control sanitario como el ICA, y más que eso para detectar focos iniciales y actuar sobre ellos. Según experiencias de otras zonas palmeras cuando se superan 5000 ha. del cultivo, inician los grandes retos de manejo de las plagas, por lo que el censo sanitario es imprescindible, para determinar poblaciones y definir las estrategias de manejo integrado

Teniendo en cuenta lo anterior se hace relevante esta investigación porque permite conocer aspectos generales de las plagas del cultivo de la palma, lo cual puede apoyar el trabajo de asistentes técnicos y productores, además se abre el camino para la sistematización de las experiencias y la gestión del conocimiento acerca del cultivo del híbrido O_xG en la subregión de Urabá.

Conclusiones y recomendaciones

- Los insectos encontrados en esta investigación corresponden a hormiga arriera *Atta sp.* gusano araña *Phobetreron sp.*, gusano cabrito *Opsiphanes sp.*, torito *Strategus aloeus*, picudo negro *Rhynchophorus palmarum*, barrenador de raíces *Sagallassa sp.* y gusano monturita *Sibine sp.*
- La implementación del manejo integrado de plagas (MIP) es la mejor opción para la disminución de la población de los insectos plagas para los cuales, si no se toman medidas de manejo adecuadas se podrían ocasionar pérdidas económicas.
- Es importante utilizar los diferentes tipos de controles y medidas para disminuir la incidencia de las plagas en el cultivo para evitar la propagación de estas.
- La zona de Urabá es muy propensa al desarrollo de insectos plagas debido a las condiciones edafoclimáticas, ya que estas son diferentes al del resto del país y por sus largos periodos de verano y humedad relativa la presencia de plagas puede aumentar, es de anotar que debido a estas condiciones también se encuentran gran cantidad de enemigos naturales de las plagas que se observan en los cultivos.
- Identificar correctamente las plagas insectiles de los diferentes cultivos de acuerdo a sus características morfológicas y su nivel de daño es de gran importancia para el productor.
- Se debe mantener un seguimiento semanal a la plantación y registro de plagas para un eficiente monitoreo y control.

- Los bioplaguicidas pueden ser una parte importante de MIP y pueden reducir el uso de plaguicidas químicos, disminuyendo el riesgo de la resistencia a los insecticidas.
- Es necesario continuar el estudio de los insectos plagas de las plagas con el fin de evitar que estos puedan generar pérdidas económicas a los palmiticultores.
- Realizar investigaciones de la presencia de insectos biocontroladores en los agroecosistemas palmeros en Urabá.

Agradecimientos

A Dios por la vida y por permitir alcanzar nuestros logros. Al semillero de investigación Fisau. Al Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico-SENA del municipio de Apartado por todo el acompañamiento y apoyo. Al ingeniero Oscar Castillo Reyes director agrónomo Bioplanta Palmera para el Desarrollo por todos sus aportes y sugerencias, son muy valiosos sobre todo cuando estamos en un proceso de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Ahumada, L., Calvache, H., Cruz, M. y Luque, J. (1995). *Strategus aloeus* (L.). (Coleoptera: Scarabaeidae): *Biología y comportamiento en Puerto Wilches (Santander)*. En: Revista Palmas. Vol. 16 N° 3. pp.9-16 Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/476/476> [Octubre 12, 2016]
- Aldana, J., Calvache, H., Cataño, C., Valencia, C. y Hernández, J. (2004) *Aspectos biológicos y alternativas de control de Imatidium neivai Bondar* (Coleoptera: Chrysomelidae) *raspador del fruto de la palma de aceite*. Revista: Palmas. Vol. 25, núm. Especial. Colombia. pp.240-248. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1088/1088> [Diciembre 26, 2016]
- Aldana, R., Aldana, J. y Moya, O. (2011). *Manejo del picudo Rhynchophorus palmarum*. Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. Editorial: Produmedios. 51p. Recuperado de: <http://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eefc398f2/Manejo-del-picudo--Rhynchophorus-palmarum-L.> [Agosto 8, 2016]
- Asociación de Bananeros de Colombia-Augura. (2009). *Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano Magdalena y Urabá Colombia*. Medellín, Colombia: Editorial: Comunicaciones Augura. 63p. Recuperado de: <http://cep.unep.org/repicar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/plagas-definitiva.pdf> [Noviembre 10, 2016]
- Barrios, C y Bustillo, A. (2014). *Biología de la chinche de encaje Leptopharsa gibbicarina y su control con hongos entomopatógenos*. Ceniavances. N° 180. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma. Bogotá, Colombia pp.1-4. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/ceniavances/article/download/.../11038> [Noviembre 1, 2016]
- Barrios, C., Bustillo, A. y Aldana, R. (2013). *Biología del defoliador de la palma de aceite, Stenoma cecropia* Meyrick. Revista: palma. Vol. 34, núm. especial, (2013). Bogotá. Colombia. pp.13-19. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10860> [Noviembre 16, 2016]
- Benítez, E. (2012). *Pudrición del cogollo*. Croplife. Latín América. Recuperado de:

- <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pudricion-del-cogollo> [Noviembre 29, 2017]
- Bioplanta Palmera para el Desarrollo-BPD. S.A. (2017). *Departamento agronómico del Núcleo BPD SA*. Carepa- Antioquia. Colombia. Recuperado de <https://www.bioplantapalmera.com/producto-s-servicios> [Diciembre 21, 2017]
- Bustillo, A. (2014a). *Nematodos entomopatógenos y sus posibilidades para el control de plagas de la palma de aceite*. Bogotá, Colombia. Revista Palmas. Vol. 35, Núm. 2. pp. 53-58. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/10979/10964> [Noviembre 10, 2017]
- Bustillo, A. (2014b). *Manejo de insectos plagas de la palma de aceite, con énfasis en control biológico y sus relaciones con el cambio climático*. XII Reunión técnica nacional de palma de aceite. Bogotá, Colombia. Memorias. Recuperado de [http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/magistral-manejo-de-insectos-plaga-en-palma\(1\).pdf](http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/magistral-manejo-de-insectos-plaga-en-palma(1).pdf) [Agosto, 13 2017]
- Calvache, H. (1995). *Manejo integrado de plagas de la palma de aceite*. En: Revista Palmas. Vol. 16. Número 4. pp.255-264. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/517/517> [Noviembre 14, 2017]
- Calvache, H. (2001). *El manejo integrado de plagas en el agroecosistema de la palma de aceite*. En: Revista Palmas. Vol. 22 No. 3. pp.51-60. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/884/884> [Noviembre 10, 2017]
- Centro Nacional de Investigación Agropecuarias-Ceniap. (2007). *Manejo de brotes de brotes del gusano cabrito en plantaciones de palma aceitera en Monagas*. Revista: palma. Vol. 26 No.2. Venezuela. Monagas, p.1-8. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/308742019_Manejo_de_brotes_del_gusano_cabrito_en_plantaciones_de_palma_aceitera_en_Monagas_Venezuela [Agosto 2, 2016]
- Chávez, F y Rivadeneira, J. (2003). *Manual del cultivo de palma aceitera*. Quito, Ecuador. Editorial: ANCUPA. 124p. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=CnszAQAAMAAJ&pg=PA73&lpg=PA73&dq=gusano+monturita-sibine&source> [Diciembre 11, 2017]
- Chigne, A. (2013). *Experiencias en el manejo integrado de plagas en la palma aceitera*. Lima. Perú. 65p. Recuperado de: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/A%20Chigne%20L%20GPalmas%20IICIPalma.pdf [Junio 26, 2017]
- Chinchilla, C. (2012). *Manejo integrado de problemas fitosanitarios en palma aceitera Elaeis guineensis en América Central*. San José, Costa Rica. 14p. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/repdoc/a1989e/a1989e.pdf> [Agosto 4, 2016]
- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma. (2013). *Experiencias en el procesamiento industrial de racimos de fruta fresca de la palma de aceite Alto Oleico interespecíficos OxG (E. oleífera x E. guineensis)*. Fedepalma. 39p. Recuperado de http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/33Experienciasprocesamientoindustrialracimos%20frutafrescaaltooleico_opta.pdf [Marzo 16, 2017]
- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma. (2015). *Guía para*

- la elaboración y ubicación de trampas para la captura de *Rhynchophorus palmarum*. Colombia. 8p. Recuperado de: http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Guia_elaboracion_yubicacion_trampascapturaRhynchophoruspalmarum.pdf [Agosto 3, 2016]
- Coto, D. y Saunders, J. (2004). *Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central*. Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Universidad Earth.. Editorial: Catie. Turrialba, Costa rica. 420p. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=TwW4euuVjbc&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> [Diciembre 1, 2017]
- Daza, C. (2010). *Correlación de larvas de Opsiphanes cassina, en hoja 9 y 17 de palma de aceite*. Colombia. 34p. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2727/1/carlosalexanderdazaperez.2010.pdf> [Agosto 6, 2016]
- Díaz, A. Gonzales, C. Villalba, V. y Rodríguez, G. (2000). *Evaluación de defoliadores y de sus enemigos naturales en plantaciones de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) del oriente de Venezuela*. Monagas, Venezuela. Revista Palmas. Vol. 21 No. Especial. Tomo 1. pp.195-200. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/784/784> [Enero 29, 2017]
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma y Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma. (2010). *Biología, hábitos y manejo de Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae)*. Bogotá, Colombia. Boletín Técnico. 56p. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10508/10498> [Agosto 3, 2016]
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma y Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite-Cenipalma. (2016). *Sagallasa valida: Lepidoptera Glyphipterigidae*. Medellín, Colombia. 12p. Recuperado de: [http://fito.portalpalmero.com/sites/default/files/files/Sagallasa%20valida%20\(1\).pdf](http://fito.portalpalmero.com/sites/default/files/files/Sagallasa%20valida%20(1).pdf) [Abril 5, 2017]
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma y Servicio Nacional de Aprendizaje-Sena. (2012). *Guía de prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite ya establecido*. Bogotá. Colombia. 157p. Recuperado de: <http://fito.portalpalmero.com/bigdata/fito/renovar/pdfwebguiabuenaspracticassagricolas.pdf> [Agosto, 18, 2017]
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma. (2017). *Colombia logró cosecha récord de aceite de palma en 2015*. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://web.fedepalma.org/colombia-alcanza-cifra-record> [Diciembre 7, 2017]
- Griffith, R. (1998). *Observaciones sobre anillo rojo y marchitez sorpresiva en palma aceitera en Colombia*. En: Revista Palmas. Vol. 9. No. 2. pp.11-17. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/188> [Agosto 6, 2016]
- Genty, P. (1981). *Problemas entomológicos de E. guineensis en América del Sur*. En: C. Ruiz (Ed.). La Palma Africana de Aceite. Temas de Orientación Agropecuaria. No. 149. TOA, Santafé de Bogotá. pp.147-161.
- Genty, P. (1998). *Reflexiones sobre el manejo integrado de plagas en plantaciones industriales de palma de aceite*. En Revista Palmas. Vol. 19. N° 3. pp.1-9. Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/633/633> [Diciembre 3, 2017]
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2014). *Resolución ICA 4170 de 2014*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/0e5ecaa-c-cb6-444f-96bb.../2014R4170.aspx> [Diciembre 2, 2017]

- Kalida, P. (2012). *Pest problems of oil palm and management strategies for sustainability*. En Agrotechnology. Agrotechnology. Special Issue 11. pp.1-3. ISSN:2168-9881 AGT. Pedavegy. India. Recuperado de <https://www.omicsonline.org/open-access/pest-problems-of-oil-palm-and-management-strategies-for-sustainability-2168-9881.S11-002.pdf> [Diciembre 2, 2017]
- Lacouture, L. (2014). *Palma de aceite: compromiso con el progreso y la convivencia*. Cali. Colombia. 8p. Recuperado de: http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Discurso_PresidenteJunta.pdf [Agosto 29, 2017]
- Martínez, G. (2010). *Pudrición del cogollo, Marchitez sorpresiva, Anillo rojo y Marchitez letal en la palma de aceite en América*. Revista Palmas. Vol. 31. N° 1. pp.43-53. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1471/1471> [Marzo 30, 2017]
- Méndez, L. (2009). *Efecto de dos dosis de extracto de algas marinas sobre el rendimiento del cultivo de palma africana (Elaeis guineensis jacq) y servicios prestados en la empresa Indesa, el estor, Izabal*. Guatemala. Recuperado de: <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02804.pdf> [Agosto 14, 2017]
- Mexzon, A. Chinchilla, C. y Rodríguez, R. (2004). *El gusano canasta, Oiketicus kirbyi Land Guilding (Lepidoptera: Psychidae), plaga de la palma de aceite*. Revista Palmas. Vol. 25 No. 4. 2004. San José, Costa rica. p.9. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1014> [Mayo 15 26, 2017]
- Monroy, F. Aldana, J. Mesa, E. Aldana, R y Valencia, H. (2011). *Patogenicidad de diferentes aislamientos del genero Beauveria sobre larvas de Loxotoma elegans (Lepidoptera: Elachistidae), defoliador de la palma de aceite en los llanos orientales*. Revista Palmas. Vol. 32 No. 1, 2011. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1589/1589> [Enero 30, 2017]
- Montoya, R. (2012). *Manejo integrado de hormigas cortadoras de hojas*. Santiago. Chile. p.2. Recuperado de: <https://rubielmontoya.wordpress.com/2012/07/13/manejo-integrado-de-hormigas-cortadoras-de-hojas-hormiga-arriera/> [Septiembre 4, 2017]
- Pallares, C. Aldana, J. Calvache, H. Ramírez, P. Rochat, D. Luque, E y Correa, N. (2000). *Análisis del comportamiento y comunicación química intraespecífica en Strategus aloeus (L.) (Coleoptera, Scarabaeidae - Dynastinae)*. En: Revista Palmas. Vol. 21 No. Especial, Tomo I. pp.185-194 Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/783/783> [Agosto 5, 2017]
- Perkin Ltda. (2012). *Manejo integrado de hormiga arriera*. Palmira-Valle, Colombia. 4p. Recuperado de: <http://perkinsltda.com.co/articulos/04.pdf> [Agosto 15, 2017]
- Perkin Ltda. (2013). *El barrenador de las raíces de la palma de aceite, Sagalassa valida*. Cali. Colombia. 4p. Recuperado de: <http://perkinsltda.com.co/articulos/03.pdf> [Octubre 15, 2017]
- Rahmana, D. (1994). *Estudio del manejo de palma de plagas en palma de aceite en Colombia*. Bogotá, Colombia. Vol. 15. No. 2. pp.55-68. Colombia. p.14. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/435/435> [Noviembre 16, 2017]
- Ripa, R., Larral, P., Rodríguez, L. & Luppichini, P. (2008). *Importancia y manejo de las hormigas en el MIP*. En: Manejo de plagas en paltos y cítricos. pp.273-283 Mazatlán. México. Recuperado de: http://www.avocadosource.com/books/Ripa2008/Ripa_Chapter_09.pdf [Diciembre 26, 2017]
- Rocha, P. (2007). *Sanidad de la palma de aceite: diagnóstico e investigación integral liderada por el gremio palmero colombiano*. Revista Palmas. Vol. 28 No. 2. pp.87-98. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php>

/palmas/article/download/1471/1471 [Marzo
28, 2017]

Rodríguez, G. Silva, R. Casares, R. Barrios, R. Díaz, A y Fariñas, J. (2012). *Tecnología agronómica de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) y manejo integrado de su defoliador Opsiphanes cassina Felder (Lepidoptera: Brassolidae) en plantaciones comerciales del estado Monagas, Venezuela*. Monagas. Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. Vol.12. N° 3. pp.584-598. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4689901.pdf> [Julio 1, 2017]

Sáenz, A & Ospino, J. (2007). *Efectividad de insecticidas para el control del barrenador de raíces de palma Sagalassa valida*. Revista Palmas. Vol. 28. N°1. pp.31-38 Recuperado de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1202> [Diciembre 10, 2017]

Sánchez, A. (1990). *Enfermedades de la palma de aceite en América Latina*. Revista Palmas Vol. 11. No. 4. pp.5-35. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/265/265> [Marzo 23, 2017]

Zapata, J. (2010). *Situación y perspectivas del aceite de palma alto oleico O x G en Colombia*. Revista Palmas. Vol. 31. N°. Especial. Tomo II. Bogotá. Colombia. pp.349-353. Recuperado de: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1583/1583> [Julio 1, 2017]

Revista Urabá: Ciencia y Desarrollo



Normas para los colaboradores

1. Generales

La Revista Urabá Ciencia y Desarrollo del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico - SENA es un medio de difusión de carácter técnico – científico arbitrado a partir de investigación formativa, aplicada y desarrollo experimental, con periodicidad anual, cuya misión es la divulgación permanente de la producción intelectual, dirigida a presentar nuevos aportes de conocimiento. Los trabajos recibidos deben ser originales e inéditos, no deben haber sido publicados total o parcialmente con anterioridad en ningún otro medio impreso o electrónico, ni propuestos simultáneamente en otras publicaciones.

La revista considera para su publicación trabajos en diferentes temáticas y áreas del conocimiento, teniendo en cuenta la importancia de divulgar los resultados de los procesos de investigación de aprendices, instructores, administrativos, empresas, investigadores externos y demás interesados en presentar sus productos de investigación a través de un medio impreso. El número de investigadores co-autores no debe ser superior a seis (6). Los trabajos serán aceptados de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Título del documento
2. Profundidad del tema
3. Resumen
4. Palabras clave
5. Introducción
6. Organización del documento
7. Claridad del discurso
8. Generación de nuevo conocimiento
9. Aportes al sector, región o área que pertenece
10. Contribución a futuras investigaciones
11. Proceso metodológico
12. Originalidad
13. Interpretación y análisis de resultados
14. Pertinencia de los resultados y discusión
15. Conclusiones y/o recomendaciones
16. Referencias bibliográficas pertinentes y adecuadas para la temática
17. Pertinencia del tema investigado
18. Cumplimiento de las normas de la revista
19. Organización y buen uso de citas bibliográficas

20. Apreciación general de los evaluadores

El Comité Editorial realiza una presentación de artículos según la pertinencia de su contenido y los mismos son evaluados por un Comité evaluador, constituido por profesionales y expertos en los temas desarrollados, quienes formulan las observaciones convenientes y necesarias según sea el caso, las cuales deben ser acogidas de acuerdo a las sugerencias presentadas.

El Comité de edición con base en la revisión de estilo, hace las correcciones pertinentes a los artículos, respetando la idea original del autor. La aceptación de los trabajos queda sujeta a la decisión del Comité Editorial. Una vez aprobados, los artículos pasan a ser propiedad de la revista. La Revista no se hace responsable por las opiniones emitidas por los autores. La recepción de artículos se hace durante todo el año.

Presentación de los artículos

Los interesados en publicar en la Revista Urabá Ciencia y desarrollo del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) deben enviar sus trabajos al E-mail: revistauraba@sena.edu.co

1. El artículo debe acompañarse de una breve reseña curricular del (los) autor(es) que incluya: nombre(s) y apellido(s), institución a la que pertenece, dirección e mail. Un dato de contacto.
2. El (los) autor (es) debe(n) entregar un (1) original de su artículo debidamente identificado. Dicho trabajo se presenta en formato digital o impreso a una sola cara, en papel bond tamaño carta y en versión digital, procesada en Microsoft Word.
3. La extensión de los trabajos no puede ser mayor a 22 páginas, ni menor de 10, la cual incluye portada, resumen en español e inglés, introducción, cuerpo del trabajo, metodología, resultados y discusión, conclusiones recomendaciones, gráficos, tablas, ilustraciones, referencias bibliográficas, entre otros. La revista puede considerar la publicación de trabajos de mayor extensión si es necesario.
4. Los trabajos deben cumplir con los siguientes aspectos formales: Tipografía recomendada: Times new Roman, estilo de fuente: normal; tamaño de la letra: 10 puntos; interlineado:

sencillo; alineación: párrafos justificados; sangría: cinco espacios; márgenes del documento uniformes: 2.4 cm. en la parte superior, inferior, derecha e izquierda de cada página. Cada página del artículo debe estar correctamente enumerada en la parte inferior derecha.

Normas para los colaboradores- Autores

El artículo presentará las siguientes secciones fundamentales:

1. **Título:** Enuncia de manera concisa, clara y explicativa el contenido del artículo. Su extensión no debe excederse de 22 palabras. Evitar el uso de abreviaturas, paréntesis o caracteres desconocidos.

Autores: Indicar los nombres y apellidos completos, sin colocar títulos profesionales.

Direcciones: Se debe escribir la dirección completa, teléfonos, correo electrónico de la institución donde realizó el trabajo, y aquellas a las cuales pertenecen los autores, indicando con símbolos apropiados a qué autor corresponden. Indicar además el autor principal a quien se le debe dirigir la correspondencia. Enviar una breve reseña curricular de cada autor.

2. **Resumen:** Condensa en un máximo de 400 palabras, de manera precisa, el contenido básico del trabajo. Sus aspectos fundamentales corresponden a: exponer los principios objetivos y la importancia de la investigación, describir la metodología empleada, sintetizar los resultados y presentar las conclusiones más relevantes. Debe presentarse en español traducido al idioma inglés (Abstract).

Palabras clave: Incorporación de un máximo de tres a cinco (3-5) palabras clave que exponen los elementos fundamentales del artículo. Sirven para agilizar la búsqueda del trabajo en base de datos. Deben estar también en inglés en el Abstract

3. Cuerpo del documento

Introducción: Expone el propósito del artículo y aporta al lector la información necesaria para comprender el contenido y la temática del estudio. Plantea los objetivos principales y aportes más

relevantes del trabajo y describe la estructura general de los aspectos que contiene el cuerpo del artículo.

Desarrollo: Se presentará en divisiones identificadas con subtítulos o secciones si es necesario. Esta parte del trabajo incluye: Fundamentación teórica si es necesario, conceptos relevantes y estado del arte según el tema de trabajo.

Métodos: debe contener el contexto o espacio en el cual se desarrolló el estudio, diseño, población y muestra, y el análisis estadístico de los datos. Descripción de los métodos o procedimientos realizados para el desarrollo de la investigación.

Resultados: Describe los hallazgos más relevantes del estudio y resume los datos e información recolectada. Los resultados deben ser presentados de manera organizada en texto, tablas, figuras, gráficos, según la metodología. La discusión o confrontación con resultados de otros autores debe ser coherente, actualizada y pertinentes de acuerdo al tema.

Discusión: Los resultados aportan al sector, región o área de trabajo, los análisis contribuyen a la generación de nuevo conocimiento. Muestra las relaciones entre los hechos observados y en dicha sección se examinan e interpretan los resultados obtenidos en la investigación. Además, resume las pruebas que respaldan cada conclusión. Además, se hace confrontación con los resultados obtenidos por otros autores de otras investigaciones en referencia. Es importante aclarar el aporte que hace la investigación para la región, el país, el centro de formación SENA, las empresas, instituciones y la comunidad en general.

Conclusiones y recomendaciones: Presenta una versión condensada de las secciones del artículo y de los resultados clave, y está directamente relacionada con los objetivos que se mencionaron en la introducción. Además, se pueden hacer recomendaciones si es necesario.

Bibliografía citada: Debe ser adecuada, pertinente, actualizada y estar estrictamente referenciada en el texto. Asimismo, las citas bibliográficas textuales cortas pueden incorporarse en el texto entre comillas dobles. Si tienen más de cuarenta palabras, se ubicarán en un bloque de texto o párrafo aparte, con interlineado a un espacio y con sangría al margen izquierdo. Para citar textualmente al autor se indicará apellido, seguido de coma, año de publicación de la obra y el número de la página; todos estos datos se escriben entre paréntesis, ejemplo: (Martínez, 2013, p. 12). En caso de varios autores se considerará el estilo:

(Hernández et al., 2013, p.67). Si es un parafraseo solo se cita Apellido del autor y año: (Pérez, 2015) y si son varios autores (Ramírez et al., 2012). Si es una entidad, institución o empresa por primera vez se escribe el nombre completo con la sigla. Ejemplo: (Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA, 2014), si hay posteriores citas se escribe solo la sigla, Ejemplo: (SENA, 2014).

Referencias bibliográficas: Deben ser de recientes y pertinentes según sea el tema y los conceptos. Limitarse exclusivamente a fuentes citadas en el trabajo, escribirse en orden alfabético y de acuerdo con las normas establecidas por la American Psychological Association (APA). A continuación, se presentan algunos ejemplos de las referencias:

Libros: Apellido del autor, Inicial del nombre. (Año). Título del libro (Edición). Ciudad, País: Editorial. Ejemplo: Ramírez, M. (2006). *Importancia de la investigación aplicada*. (7ª ed.). Medellín: Editorial McGraw-Hill. 77p.

Capítulo de libro: Apellido del autor del capítulo, Inicial del nombre. (Año). Título del capítulo. En: Título del libro. Apellido del autor del libro, Inicial del Nombre (comp.). pp. Ciudad, País: Editorial.

Ejemplo: Tamayo, P. (2008). *Enfermedades y desordenes abióticos*. En: Tecnología para el cultivo del aguacate. J. A. Bernal E. y Cipriano A. Díaz D. (Eds), *Tecnología para el cultivo del Aguacate*. pp.155-195. Corpoica. Rionegro-Antioquia. Produmedios.

Revista (impresa): Apellido del autor, Inicial del nombre. (Año). Título del artículo. Nombre de la Revista, Volumen, Número, páginas que comprende el artículo precedidas por pp. Lugar de publicación.

Ejemplo: Ochoa, Y., Cerna, E., Landeros, J., Vásquez, O., Olalde, V. & Flores, A. (2009). *Diversidad genética de Phytophthora cinnamomi Rands de aguacate en México, por medio de RAPD*. En: Revista Internacional de Botánica Experimental. Vol. 1 N° 78: pp.28-30. México.

En todos los casos en que la publicación del artículo o documento consultado es en línea se debe anexar el recuperado de: poner el link de donde se consultó y fecha de recuperación por ejemplo Recuperado de: www.centroinvestigacionydesarrollo.com/aplicaciones [Marzo 13, 2016]

Ponencias: Apellido del autor, Inicial del nombre. (Año). Título de ponencia. Nombre del Evento e institución organizadora en negrita. Ciudad y país.

Ejemplo: Obregón, M. (2009). El cultivo del aguacate. Primer seminario de Biotecnología. SENA. Apartadó Antioquia.

Los referentes bibliográficos deben tener sangría especial- Sangría francesa y en orden alfabético.

Las tablas, figuras, gráficos e ilustraciones deben incorporarse como parte del artículo si contienen información verdaderamente relevante, mostrando valores numéricos, tendencia de los datos, representaciones gráficas del entorno en el cual se basó el estudio. Se identificarán de manera consecutiva con números arábigos. Las tablas tendrán numeración y título en la parte de arriba. Y la figuras numeración y título en la parte de abajo.

4. Evaluación

Los trabajos que cumplan con las normas generales y de presentación de la Revista, serán sometidos a evaluación, mediante el método “doble ciego”, en el cual se considera de carácter confidencial la identidad del (los) autor (es) y del (los) evaluadores (s). El proceso de arbitraje es realizado por dos expertos en las respectivas áreas temáticas desarrolladas en los trabajos. Los aspectos a considerar por los evaluadores para realizar la correspondiente evaluación académica son los mencionados anteriormente. Dichos criterios serán evaluados según la escala de estimación, representada por las siguientes categorías: Excelente, bueno, regular y deficiente. Los evaluadores deberán presentar las observaciones respectivas que respalden plenamente su evaluación. El Comité Editorial podrá emitir cualquiera de los siguientes tipos de veredictos finales, de acuerdo con la opinión emitida por los expertos:

- **Publicable tal y como está presentado:** el documento es satisfactorio según pertinencia del tema y normas de la revista.
- **Publicable con algunas modificaciones:** El artículo requiere algunas correcciones en cuanto a la presentación formal y redacción, tener en cuenta las observaciones de los evaluadores.
- **Publicable con modificaciones sustanciales:** Se sugieren cambios fundamentales de forma y fondo, relacionados con la correspondencia del



artículo y la Revista. De igual manera, se propone profundizar sobre el tema, manejo de referencias teóricas o citas actuales, reestructuración de los aspectos metodológicos y generación de propuestas y aportes significativos.

- **No publicable:** El documento carece de rigor científico y amerita correcciones que implican una reformulación completa de su contenido.

Tabla de Contenido

Editorial	Pág. 5
Elaboración de un biopolímero a partir de almidón de banano (<i>Musa sp.</i>) para usos agrícolas. <i>Leidy Julieth Rentería Estrada</i>	7
Las ventas por catálogo en el municipio de Apartadó- Antioquia: una alternativa para las mujeres cabeza de familia <i>Andrés Fernando Jiménez Mejía y Darío Enrique Oquendo Gómez</i>	22
El SENA y sus aportes al cultivo del aguacate (<i>Persea americana</i> Mill) frente a la problemática agronómica y fitosanitaria en Urabá, Antioquia <i>Mónica Obregón Barrios. Eulises Manuel Garcés Gutiérrez y Felipe Arias Sánchez</i>	37
Desarrollo de una aplicación con programación Android que optimice el entrenamiento deportivo en el fútbol. <i>Jhoan David Galarcio Martínez</i>	47
Diseño y elaboración de un destilador automatizado para la producción de alcohol etílico a partir de excedentes de banano. <i>Carlos Emilio Restrepo Vélez. Kelly Jhojana Arteaga Mezquida. Hernán de Jesús Pulgarín Arcila y Slim Camilo Álvarez Alarcón</i>	57
Dinámica de mantos freáticos en el cultivo de banano (<i>Musa sp.</i>) Apartadó – Colombia <i>Juan Camilo Durango y Slim Camilo Álvarez Alarcón</i>	70
Identificación de insectos plaga asociados al cultivo de palma de aceite “híbrido alto oleico” en Urabá y propuesta de manejo integrado. <i>Cristian Camilo Argumedo Espitia. Rosa Indira Vásquez Vargas. Mónica Obregón Barrios. Slim Camilo Álvarez Alarcón y Yuber Arley Domínguez Asprilla</i>	86
<i>Instrucciones para autores</i>	103



Km 1. Vía a Turbo. Apartadó
Teléfono: (94) 8280072 Ext. 44222
E-mail: revistauraba@sena.edu.co

Apartadó, Antioquia, Colombia