



GIAA

Revista agropecuaria y
agroindustrial La Angostura

No. 7 Año 7
diciembre 2020
Huila, Colombia
ISSN: 2422-0493



SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



TECNOPARQUE
Nodo La Angostura / Programa SENA

Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

No. 7; Año 7. Diciembre de 2020. Huila, Colombia. ISSN: 2422-0493

Con el apoyo del Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura

Director de la revista

Cándido Herrera González

cherrerag@sena.edu.co

Comité editorial y científico

Andrea Melisa Vásquez

Claudia Mercedes Ordóñez

Dayana Moreno

Leidy Machado Cuellar

Sergio Andrés Orduz

Yuli Marcela Ordóñez

Paula Marcela Vidal

Vanessa Vara

Corrección de estilo

Nicolás Peralta Páez, Germán Peralta Pardo

Diseño y diagramación

Víctor Manuel Montealegre A.

Producción Editorial

Casa editorial Fusunga.

Servicio Nacional de Aprendizaje

Directivos SENA

Carlos Mario Estrada Molina

Director General SENA

Farid de Jesús Figueroa Torres

**Director de Formación Profesional y Coordinador
Grupo de Gestión Estratégica de la Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA)**

Fermín Beltrán Barragán

Director Regional (E) - SENA Regional Huila

Cándido Herrera González

**Subdirector - Centro de Formación Agroindustrial
La Angostura SENA Regional Huila**

Isaías Farfán Collazos

**Coordinador Formación Profesional Centro de
Formación Agroindustrial La Angostura SENA
Regional Huila**

Sergio Andrés Orduz Tovar

**Líder SENNOVA, Centro de Formación Agroindustrial
La Angostura**

Gloria Maritza Sánchez Alarcón

**Coordinadora Académica Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura**

Andrea Melisa Vásquez Riascos

**Dinamizadora Tecnoparque Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura**

Distribución: gratuita

Revista anual

Fecha de publicación: diciembre de 2020

Fotografías interior y carátula: Banco de imágenes Centro de Formación Agroindustrial La Angostura.

Foto principal de carátula: Nancy Cachaya

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Tecnoparque nodo La Angostura

Dirección: Kilómetro 38 vía al sur de Neiva; Campoalegre (Huila).

Teléfonos.: (578) 8380191-8385060

Páginas web: <http://sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/zona-andina/Huila/Paginas/Huila.aspx>

<http://centroagroindustrial.blogspot.com>

Correo electrónico: angostura@sena.edu.co

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

Contenido

Tecnoacademia Itinerante, Huila: Acompañamiento del Centro de Formación Agroindustrial a Instituciones Educativas en Tiempos de Covid-19

Tecnoacademia Itinerante (TAI), Huila: Assistance from The Centro de Formación Agroindustrial to Educational Institutions in Times of Covid-19

Sofía Imelda Mora Lamilla, Duván Darío Quintero Cardozo,
Lida Viviana González Mora, Diana Paola González Campos,
Jhon Jairo Trujillo Sánchez

5

Resultados de un Proceso de Obtención de Biodiésel a partir de Aceite

Results of a Process for Obtaining Biodiesel from Fish Oil

Jorge Mario Olivar Barreto, Julián Giraldo Murcia, David Ángel,
Liliana Marcela Moreno Turriago, Cesar Augusto Tafur

11

Aislamiento e identificación del Agente Causal de la Pudrición Basal en Frutos de Pitahaya (*selenicereus megalanthus*) Cultivada en el Departamento del Huila

Isolation and Identification of the Causal Agent of basal Rot in Fruits of Pitahaya (*selenicereus megalanthus*) Cultivated in the Department of Huila

Liliana Marcela Moreno, Leidy Banessa Luna, Liz Nataly Escobar

21

Evaluación de los parámetros de control del compostaje (oxigenación y relación C/N) de residuos de hogares en Neiva, Huila

Evaluation of composting control parameters (oxygenation and C/N ratio) from household waste in Neiva, Huila

Julián Alejandro Giraldo Murcia, Luis Enrique Pérez Castrillón,
Leidy Carolina Mosquera Rivera, Rafael David Ángel Gasca.

27

**Evaluación de la temperatura corporal en sistemas de producción
ovina en el Centro de Formación Agroindustrial**

Body temperature evaluation in sheep production systems at the
Centro de Formación Agroindustrial

Claudio Mauricio Navas, Sofía Imelda Mora Lamilla,
Laura Constanza Rojas Basto, Diego Orlando Grisales Cabrera,
David Saavedra Mora

34

**Prevalencia De Staphylococcus Aureus En Mastitis Bovina.
Municipio De Campoalegre – Huila**

Prevalence Of Staphylococcus Aureus In Bovine Mastitis.
Municipality Of Campoalegre - Huila

Sergio Falla Tapias, Eduardo Muñoz Collazos, Gustavo Adolfo
Trujillo Lancheros, Luceni Muñoz Bermeo

40

**Estudio De Afectación De Abejas En Un Apiario Por Extracción
De Apitoxina Monitoreado Por Sistema Automatizado De
Medición De Variables.**

Nicolás Silva y Rodrigo Rocancio

45

**Modelo de aplicación Qr (Quick Response Code) en actividades
de trazabilidad en banco de germoplasma de cacao (*Theobroma
cacao L.*) en el Centro de Formación Agroindustrial**

David Saavedra Mora, Valentín Murcia Torrejano,
César Augusto Pérez Tafur

51

Tecnoacademia Itinerante, Huila: Acompañamiento del Centro de Formación Agroindustrial a Instituciones Educativas en Tiempos de Covid-19

Tecnoacademia Itinerante (TAI), Huila: Assistance from The Centro de Formación Agroindustrial to Educational Institutions in Times of Covid-19

Sofía Imelda Mora Lamilla⁽¹⁾, Duván Darío Quintero Cardozo⁽²⁾, Lida Viviana González Mora⁽³⁾, Diana Paola González Campos⁽⁴⁾, Jhon Jairo Trujillo Sánchez⁽⁵⁾

⁽¹⁾simora@sena.edu.co

⁽²⁾dquinteroc@sena.edu.co

⁽³⁾lvgonzalezm@sena.edu.co

⁽⁴⁾dgonzalesc@sena.edu.co

⁽⁵⁾jtrujillos@sena.edu.co

Facilitadores Tecnoacademia
Itinerante Huila
Centro de Formación
Agroindustrial
Regional Huila

Maidy Tatiana Perdomo Castillo
mperdomo@sena.edu.co

Líder Tecnoacademia Itinerante
Huila
Centro de Formación
Agroindustrial
Regional Huila

"Aunque se tenga que aceptar la nueva normalidad, lo que docentes y estudiantes recordarán no son las actividades académicas que hicieron sino todo lo que lograron construir en familia y las actividades que los enaltecieron como personas". Anónimo

Resumen

Durante los meses de mayo a julio del 2020, en el contexto de la pandemia provocada por el COVID-19, fue necesaria la transferencia de conocimiento a grupos de docentes pertenecientes a las instituciones educativas donde está presente la Tecnoacademia Itinerante del Huila (TAI Huila) en diferentes áreas tecnológicas. El equipo de TAI Huila identificó la necesidad de capacitar a los docentes de las nueve instituciones educativas que abarcan la estrategia Tecnoacademia Itinerante en el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), fortaleciendo competencias pedagógicas para la creación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA). Se realizaron cinco sesiones en jornadas mañana y tarde con asistencia de 105 docentes, donde se brindaron las estrategias de acompañamiento y se resolvieron las inquietudes de los docentes frente a la nueva normalidad académica. Los asistentes que asumieron el reto de pasar de un aula tradicional a un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA), por causa de la emergencia sanitaria decretada por el Ministerio de Salud y Protección Social a través del Decreto 285 del 12 de marzo de 2020, recibieron los mecanismos y estrategias con gran receptividad y manifestaron satisfacción con el trabajo de las sesiones, pues dio claridad en la forma de manejo de la nueva metodología académica.

Palabras clave:

Ambiente virtual, Covid-19, herramientas educativas, TIC's.

Abstract

During the months of May to July 2020, in the context of the pandemic caused by COVID-19, it was necessary to transfer knowledge to groups of teachers belonging to educational institutions where the Huila Tecnoacademia Itinerante (TAI Huila) is present in different technological areas. The TAI Huila team identified the need to train the teachers of the nine educational institutions that comprise the Tecnoacademia Itinerante strategy in the use of Information and Communication Technologies (ICT), strengthening pedagogical skills for the creation of Virtual Learning Environments (AVA). Five sessions were held in morning and afternoon sessions with the attendance of 105 teachers, where support strategies were provided and the concerns of teachers were resolved in the face of the new academic normality. Attendees who took on the challenge of moving from a traditional classroom to a Virtual Learning Environment (VLE), due to the health emergency decreed by the Ministry of Health and Social Protection through Decree 285 of March 12, 2020, received mechanisms and strategies with great receptivity and expressed satisfaction with the work of the sessions, as it gave clarity in the way of handling the new academic methodology.

Key words

Virtual environment, Covid-19, educational tools, ICT's

Introducción

A lo largo de las últimas décadas, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han cobrado una relevancia que viene creciendo en forma exponencial. De hecho, el uso de las TIC en la actualidad desborda las simples tareas de comunicar o servir de fuente de información. Según Ávila (2003), la incidencia de estas herramientas en la educación es tal que constituye un recurso valioso para llevar a cabo un proceso educativo centrado en el aprendizaje del alumno. Por otra parte, el contexto generado por la crisis del COVID-19 ha obligado a los docentes a transformar sus estrategias y metodologías educativas de un ambiente tradicional a un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA). Este escenario es, a pesar de los enormes costos que ha provocado sobre la sociedad, una gran oportunidad para acelerar el proceso de incorporación de las TIC en la educación.

En el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura se lleva a cabo uno de los doce programas pilotos de Tecnoacademia Itinerante (TAI) del SENA a nivel nacional, el cual busca fomentar el desarrollo de competencias en ciencia, tecnología e innovación en niños y jóvenes, mediante el diseño y ejecución de proyectos de tecnología que les permita desarrollar su capacidad para crear, colaborar, comunicar y pensar críticamente, con énfasis en la construcción de soluciones para el campo colombiano.

Ante esta situación, el equipo TAI Huila desarrolló actividades de apoyo a docentes, quienes en muchas ocasiones encuentran enormes obstáculos para adaptarse a los nuevos requerimientos educativos. El aporte del TAI Huila consistió en programar una serie de talleres de transferencia de conocimiento sobre habilidades digitales con recursos gratuitos.

Objetivos planteados

1- Plantear estrategias de apoyo en tiempos de COVID-19 a Instituciones Educativas (I.E.) acompañadas por TAI Huila del Centro de Formación Agroindustrial, mediante la ejecución de sesiones de trabajo que permita a los docentes la apropiación del conocimiento.

2- Orientar las herramientas virtuales para fortalecer los procesos educativos de apropiación en las aulas y la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el proceso de transferencia en sus actividades de enseñanza-aprendizaje con los componentes del currículo de cada una de las áreas.

Antecedentes.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2020), en el mundo hay aproximadamente 1.650 millones de estudiantes que no están asistiendo a las I.E. debido a la pandemia del COVID 19. La mitad de ellos, aproximadamente 826 millones, no tiene acceso a un equipo de cómputo y el 43%, es decir, unos 706 millones, no tienen internet en su vivienda. Para resolver este problema se han implementado diversas iniciativas. Un experto en Microsoft Teams explica:

Se están habilitando todo tipo de plataformas educativas, donde niños y padres no solo pueden consultar información, sino que también pueden comunicarse en tiempo real con profesores y tutores, plataformas como Teams, Zoom, Moodle, Facebook y plataformas similares tienen funciones de comunicación, trabajo colaborativo o supervisión para que tanto docentes como estudiantes estén conectados (Gascón, 2020).

Según el Ministerio de Educación Nacional (2013), los docentes deben apropiarse de las llamadas competencias del

siglo XXI, es decir, competencias pedagógicas, comunicativas, de gestión, de investigación y tecnológicas, que permitan aportar calidad educativa con el apoyo de las TIC, mediante la construcción de recursos educativos digitales de calidad.

Metodología.

Para el desarrollo de la actividad planteada se siguieron los siguientes pasos:

1. Alistamiento

A través de un sondeo realizado por el equipo de trabajo de TAI Huila, se identificó la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas que contribuyeran en la construcción de un Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) donde el docente pudiera publicar contenido educativo e interactuar con los estudiantes, diseñar evaluaciones, crear actividades, contestar preguntas, retroalimentar el desarrollo de los trabajos, realizar seguimiento y llevar registro de calificaciones.

Se determinó la realización de jornadas de transferencia de conocimiento, utilizando la plataforma Google Meet, con una duración de dos (2) horas.

2. Convocatoria.

A través de correo electrónico se realizó la invitación a los rectores de las I. E. Agropecuaria de Aipe, San Antonio de Anaconia, San Luis Beltrán, San Andrés, La Ulloa, Núcleo Escolar El Guadual, El Juncal, La Arcadia, y Técnica La Vega, a participar con sus docentes en las jornadas de transferencia de conocimiento y apropiación tecnológica programadas para los meses de mayo, junio y julio del 2020.

3. Transferencia de Conocimiento

Se realizaron jornadas virtuales de transferencia de conocimiento sobre las herramientas digitales que entregan las aplicaciones que permiten al docente crear un AVA.

Tabla 1. Herramientas digitales utilizadas para la creación de AVA.

Herramienta	Función
Facebook	Para publicación de contenido educativo.
Formulario de Google	Publicación de evaluaciones y el registro de calificaciones en el espacio de almacenamiento Drive.
Blogger	Herramientas para la publicación de contenido digital.
PowerPoint	Para realizar videos a partir de una presentación.
Mindomo	Elaboración de mapas mentales colaborativos en línea donde se puede crear, ver y compartir.
Jamboard	Complementos gratuitos de Google que permiten trabajar en tiempo real mediante la creación de tableros.
Lucidchart	Complementos gratuitos de Google para elaborar diagramas de flujo, organigramas, esquemas de sitios web, mapas mentales, entre otros recursos visuales y gráficos para la presentación, organización y ordenamiento de contenido temático.

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de las jornadas de transferencia, el equipo TAI Huila, dio a conocer el objetivo de la estrategia. La metodología utilizada en el proceso de formación se basó en un enfoque conductista y práctico que permitió fortalecer los métodos educativos de apropiación en las AVA a través del seguimiento de pasos secuenciales, donde cada docente podía visualizar y crear los diferentes recursos a implementar dentro de su estrategia de formación con estudiantes.

4. Encuesta de satisfacción

Finalizando cada jornada de formación, a través de la herramienta formulario de Google

los participantes diligenciaron encuestas de satisfacción.

Resultados y discusión.

La transferencia de conocimiento a los docentes en herramientas tecnológicas gratuitas, de gran utilidad durante el confinamiento provocado por el COVID-19 (Figura 1), se desarrolló siguiendo la temática presentada en la Tabla 2. Según la revista Forbes (2020), la coyuntura mundial del COVID-19 obligó a los sistemas educativos a iniciar el proceso de transformación digital que estaba en mora por años. Este proceso de transformación se identifica con los objetivos trazados por TAI Huila en este ejercicio pedagógico, aceptado ampliamente por las I.E. invitadas.

Tabla 2. Temática abordada en las jornadas de capacitación a docentes de las I.E. invitadas a participar.

FECHA	TEMÁTICA
Mayo 14 de 2020	Desarrollo de formularios de Google para la aplicación de evaluación. Clases virtuales mediante la red social Facebook.
Mayo 21 de 2020	Aprende con YouTube y elabora tus propios videos educativos en PowerPoint. Taller práctico de construcción de un Blog Institucional.
Junio 2 de 2020	Herramientas para la elaboración de diagramas de flujo, mapas conceptuales, entre otros. Crea tu propia videoconferencia.
Julio 21 de 2020	Clases virtuales mediante la red social Facebook. Descarga de videos de Youtube.
Julio 27 de 2020	Clases virtuales mediante la red social Facebook. Descarga de videos de Youtube y utilización de plataforma para gestión de archivos en pdf.

Fuente: Elaboración propia.

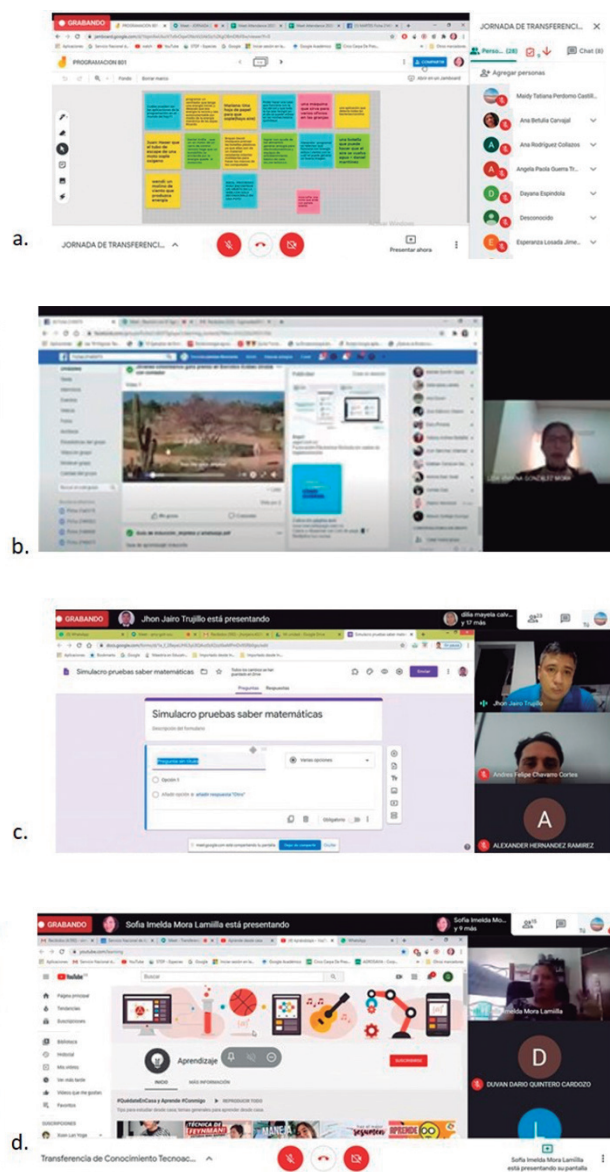
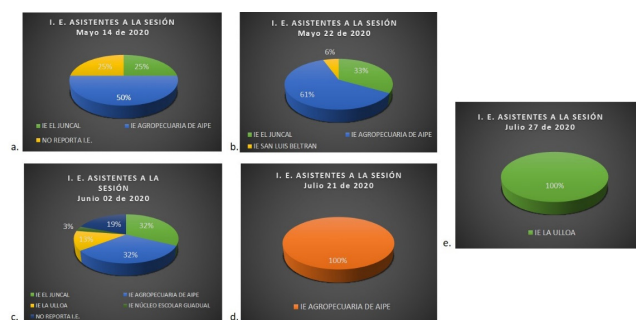


Figura 1. Jornadas de transferencia en tecnologías digitales realizadas por TAI Huila. a) Jamboard para creación de tableros b) Facebook para publicación de contenido educativo c) Formulario de Google para realizar evaluaciones y registro de calificación en Drive d) YouTube para descargar videos educativos.

Se contó con la participación de las I.E. Agropecuaria de Aipe, El Juncal, La Ulloa, Núcleo Escolar Guadual y San Luis Beltrán (Figura 1a, 1b, 1c, 1d y 1e). En total se registró la asistencia de 105 docentes en las cinco jornadas de transferencia de tecnología impartidas.

Sin embargo, a pesar de la enorme importancia de estas capacitaciones en este contexto particular, las jornadas no contaron con participación total de los docentes, hecho que también se evidencia en las invitaciones a capacitación realizadas por la Gobernación del Huila en convenio con Fundación Telefónica y Profuturo, programadas con los mismos objetivos de capacitación en estrategias tecnopedagógicas (Gobernación del Huila, 2020).



Figuras 2. Asistencia de las I.E. a sesiones de transferencia de tecnologías digitales realizadas por TAI Huila. a) Mayo 14 de 2020 b) Mayo 22 de 2020 c) Junio 02 de 2020 d) Julio 21 de 2020 e) Julio 27 de 2020.

A pesar de las falencias que manifestaron tener los docentes en herramientas y estrategias digitales útiles en sus clases, un alto porcentaje de las I. E. convocadas (45%) no participó de las jornadas de transferencia.

Se envió una encuesta de satisfacción en cuatro de las jornadas a los participantes que finalizaron cada sesión, la respuesta obtenida refleja una gran receptividad y satisfacción por parte de los docentes como se observa en la Figura 3. Los ítems calificados en la encuesta fueron: Taller, contenido, talleristas y logística (1, 2, 3, y 4). La pregunta 5 se formuló como *pregunta orientadora* para la planificación de la siguiente sesión por parte del equipo TAI Huila, ya que en ella los docentes manifestaron su interés en temas específicos para fortalecer sus competencias pedagógicas.

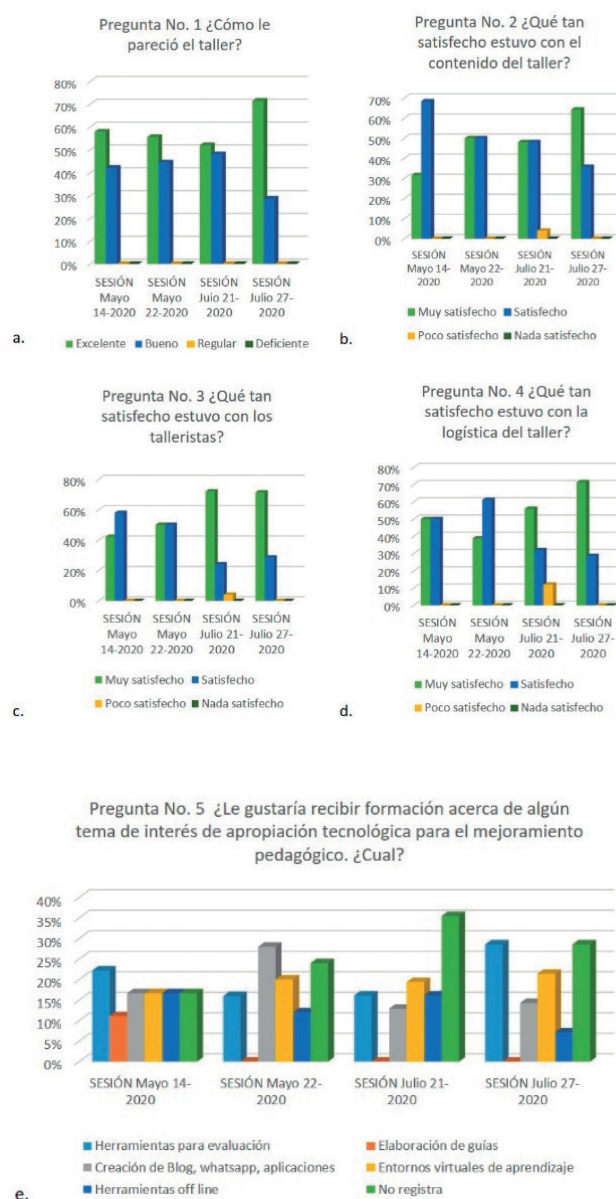


Figura 3. Respuesta a preguntas de la encuesta de satisfacción realizada a los docentes que participaron de las jornadas de transferencia en tecnologías digitales realizadas por TAI Huila. Grado de satisfacción en a) Taller, b) Contenido, c) Tallerista, d) Logística del taller e) Temas de interés de apropiación tecnológica.

Finalmente, a través de estas sesiones se obtuvo una medida más clara acerca de la dificultad de apropiación del uso de herramientas tecnológicas por parte de los docentes así como al temor de manifestar sus deficiencias en habilidades tecnológicas.

Conclusiones

El riesgo de propagación de COVID-19 llevó a replantear estrategias en el sistema educativo para lograr dar continuidad en la formación escolar de la gran mayoría de estudiantes. En este escenario, las sesiones realizadas por la TAI Huila lograron que los docentes de las I.E. aliadas exploraran herramientas digitales que les permitieron mejorar sus competencias y adaptarse a las diferentes circunstancias del actual contexto de pandemia global.

Gracias a las transferencias de conocimiento, los docentes incorporaron las

actividades de enseñanza-aprendizaje propias de cada una de sus áreas de conocimiento a los espacios virtuales de aprendizaje sugeridos.

Agradecimientos

A las I.E. Agropecuaria de Aipe, El Juncal, La Ulloa, Núcleo Escolar Guadual y San Luis Beltrán por darnos la oportunidad de compartir nuestra experiencia de adaptación a una nueva normalidad y a los docentes por su compromiso en el aprendizaje de herramientas virtuales.

Referencias bibliográficas

Ávila, E. (2003). Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación como herramientas necesarias en la formación profesional de los estudiantes universitarios. Revista Etic@ net. N° 1. Granada España: ISSN: 1695-324X

Gascón, M. (2020, 24 de Abril). *Efectos del coronavirus en la educación: Brecha digital ya deja atrás a millones de estudiantes*. <https://www.20minutos.es/noticia/4241143/0/los-efectos-del-coronavirus-en-la-educacion-la-brecha-digital-ya-deja-atras-a-millones-de-estudiantes/>

Gobernación del Huila (11 de julio de 2020). *Programa ProFuturo. Cursos virtuales para docentes*. <https://www.huila.gov.co/educacion/publicaciones/9610/programa-pro-futuro/>

Ministerio de Educación Nacional (2013). Competencias y estándares TIC desde la dimensión pedagógica. Colección Sistema Nacional de Innovación Educativa con uso de Nuevas Tecnologías,

Primera Edición - Obra Independiente. ISBN: 978-958-750-762-1. Recuperado de: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-339097_archivo_pdf_competencias_tic.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2020, 21 de Abril). *Surgen alarmantes brechas digitales en el aprendizaje a distancia*. <https://es.unesco.org/news/surgen-alarmanentes-brechas-digitales-aprendizaje-distancia>

Organización Mundial de La Salud, (s.f.). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Recuperado el 28 de julio de 2020 de <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>

Revista Forbes (2020, 30 de Abril). *Así ha afectado el Covid-19 la educación en Colombia*. <https://forbes.co/2020/04/30/actualidad/asi-ha-afectado-el-covid-19-la-educacion-en-colombia/>

Resultados de un Proceso de Obtención de Biodiésel a partir de Aceite

Results of a Process for Obtaining Biodiesel from Fish Oil

Jorge Mario Olivar Barreto, Julián Giraldo Murcia, David Ángel, Liliana Marcela Moreno Turriago, Cesar Augusto Tafur

Servicio Nacional de Aprendizaje
(SENA), Regional Huila
Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura
Correo electrónico:
jolivar@sena.edu.co

Resumen

El presente trabajo consistió en obtener Biodiésel a partir de dos tipos de aceites de pescado tilapia roja (*Oreochromis* sp). En la elaboración del biodiésel se utilizaron dos catalizadores en dos concentraciones: un catalizador ácido, H_2SO_4 (ácido sulfúrico) al 5.0 % y 1.5 %, y NaOH (soda caústica) en concentraciones del 1.0% y 0.5%. Los rendimientos obtenidos en el proceso de esterificación para ambos aceites fueron de 83.75 % y 68.52%, respectivamente. El análisis de perfil de ácidos grasos concluyó que todas las muestras analizadas presentaban altas concentraciones de ácido nonanoico, con un promedio de 33,05%. El biodiésel obtenido presentó combustión al ser utilizado en alimentación de maquinaria agrícola.

Palabras clave:

Aceite, Biodiésel, Catalizador, Cromatografía

Abstract

The present work seeks to obtain Biodiesel from two types of red tilapia fish oils (*Oreochromis* sp). For the production of biodiesel, two catalysts were used in two concentrations, an acid catalyst, H_2SO_4 (sulfuric acid) at 5.0% and 1.5%, and NaOH (caustic soda) at concentrations of 1.0% and 0.5 %. The yield obtained in the esterification process for both oils was 83.75% and 68.52%. The fatty acid profile analysis concluded that in all the analyzed samples it had high concentrations of nonanoic acid, this being an average of 33.05%, the biodiesel obtained presented combustion when were used in feeding agricultural machinery

Keywords:

Biodiesel, Catalyst, Chromatography, Oil

Introducción

La búsqueda de nuevas y más potentes fuentes de energía es casi tan antigua como la necesidad misma de energía adicional a la proporcionada por el cuerpo humano en el proceso de reproducción de la vida social. Sin embargo, a partir del siglo XIX, la industrialización ha impulsado el desarrollo de máquinas que convierten la energía almacenada en una variedad de recursos sin precedentes hasta entonces. La aparición y el desarrollo constante de estas máquinas intensificó la búsqueda de fuentes de energía y formas de transformarla en inputs útiles al proceso productivo. El motor de combustión interna en sus dos variaciones, el encendido por chispa y el encendido por compresión o (diésel), es un resultado de este desarrollo.

Los combustibles que alimentan los motores de combustión interna han sido en su mayoría, obtenidos de fuentes fósiles. Sin embargo, algunos materiales biogénicos han suscitado cierto interés, principalmente el etanol en el caso del motor de encendido por chispa y los aceites vegetales en el caso del motor de encendido por compresión (Knothe & Razon, 2017). En la actualidad, el 80% de la energía consumida es suministrada por los combustibles fósiles, el sector que mayor los demanda (58%) es el de medios de transporte. Los combustibles fósiles son la principal fuente de gases de efecto invernadero y, además, el petróleo es un recurso no renovable cuyo agotamiento es previsible en los próximos decenios. Por ello es necesario desarrollar alternativas capaces de generar energía que contribuyan a mitigar la producción de gases de efecto invernadero (Montaner, 2015).

El desarrollo de un combustible alternativo al petrodiesel debe considerar factibilidad técnica, competitividad económica, sostenibilidad ambiental y fácil disponibilidad.

Una de estas alternativas se denomina *biodiésel* y su uso puede reducir significativamente el nivel de emisión de sustancias contaminantes. Sin embargo, para cuantificar el efecto del biodiésel es importante tener en cuenta varios factores como materia prima, ciclo de conducción, tecnología de vehículos, etc. El uso de biodiésel debe buscar un equilibrio entre la agricultura, el desarrollo económico y el medio ambiente (Demirbas, 2007).

El biodiésel se produce gracias a la reacción química denominada transesterificación, lo que significa que el glicerol contenido en los aceites es sustituido por alcohol ante la presencia de un catalizador ya sea ácido o alcalino. En la preparación de biodiésel es posible utilizar aceite de pescado, grasas animales y muchas otras materias primas, lo cual constituye una ventaja gracias a su fácil disponibilidad (Quilcat Rodríguez, 2013).

La sustitución de combustibles convencionales por alternativos como el biodiésel parece ser una opción viable debido a los recursos restringidos para transformación de combustibles fósiles y el aumento constante de las regulaciones de emisiones de gases que cada vez son más estrictas. El biodiésel es un sustituto prometedor entre los combustibles de encendido por compresión de motores debido a su similitud con las propiedades del diésel (Gharehghani et al., 2017).

El biodiésel tiene las mismas propiedades del combustible diésel empleado como carburante para vehículos de transporte pesado y liviano, se puede utilizar ya sea en forma pura designándolo B100 o mezclado con diésel obtenido del petróleo designándolo BXX. La XX establece el porcentaje de mezcla en el diésel. Actualmente, en el país cuenta con biodiésel tipo B10 que contiene un 10% de biodiésel y un 90% de diésel. No obstante, según el tratado de Kioto, todos los países firmantes

de este acuerdo tienen como meta establecer una mezcla de B20 para 2020. Gracias a estas disposiciones y a diversas políticas gubernamentales, se ha diseñado una gran cantidad de aplicaciones en los motores diésel, también debido a que para el empleo de este combustible no se requieren modificaciones en los diseños de los motores y a que el uso de del biodiesel reduce substancialmente la producción de monóxidos de carbono, hidrocarburos no quemados, y partículas pesadas comparado con las emisiones obtenidas del diésel (Bulla, 2014)

Metodología

En la elaboración del biodiésel fueron utilizados dos diferentes tipos de aceite: uno proveniente de las vísceras obtenidas en la sala de desposte nacional y el otro obtenido en la sala de desposte para exportación. Estos aceites fueron identificados con las siglas N (Nacional) y E (Exportación) respectivamente. Posteriormente, se utilizaron dos catalizadores en dos concentraciones: Un catalizador ácido, H_2SO_4 (ácido sulfúrico puro) al 5 % y al 1.5 % diluido en alcohol etílico en una proporción de 6:1 y 9:1 respecto al aceite trabajado. También se utilizó un catalizado alcalino NaOH (soda

caustica) en concentraciones del 1,0% y 0,5% diluidos en alcohol en las proporciones 6:1 y 9:1 respecto al aceite trabajado.

Previo al proceso de elaboración fue necesario determinar algunos valores físicos de los reactivos utilizados. En el caso del aceite se realizó el cálculo de la densidad mediante la utilización de la siguiente formula:

		m
p	=	---
		v

La fórmula indica que la densidad es igual al peso del aceite dividido por el volumen. En este estudio fueron tomados 89 mL de cada muestra y pesados y la densidad promedio fue de 0.89 para cada muestra de aceite trabajada.

El cálculo del peso molar del aceite fue realizado teniendo en cuenta datos de literatura encontrados. El valor de una mol de aceite se definió en 884.7 mL, con lo cual el peso molar del etanol es de 40.50 mL. Con estos datos en consideración se calculó el volumen de alcohol para cada reacción de esterificación y transesterificación por medio de estequiometria utilizando la siguiente formula en la cual se debe tener en cuenta la densidad del aceite y el peso molecular del mismo:

$$P \text{ Etanol} = \frac{M \text{ etanol}}{V \text{ Etanol}} = V \text{ Etanol} = \frac{M \text{ Etanol}}{P \text{ Etanol}}$$

$$V \text{ Aceite definido} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{V \text{ aceite}} \times \frac{6 \text{ mol Etanol}}{1 \text{ mol aceite}} \times \frac{V \text{ Etanol}}{1 \text{ mol Etanol}}$$

$$100 \text{ ml de aceite} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{884.7 \text{ mL}} \times \frac{6 \text{ moles Etanol}}{1 \text{ mol de aceite}} \times \frac{40,50 \text{ mL}}{1 \text{ mol de Etanol}} = 27.46 \text{ mL de etanol}$$

$$100 \text{ ml de aceite} \times \frac{1 \text{ mol aceite}}{884,7 \text{ mL}} \times \frac{9 \text{ moles Etanol}}{1 \text{ mol de aceite}} \times \frac{40,50 \text{ mL}}{1 \text{ mol de Etanol}} = 41.2 \text{ mL de etanol}$$

Adaptado de (Bulla, 2014)

Para los volúmenes de 6:1 y 9:1 se requieren volúmenes de aproximadamente 27,46 y 41,2 ml de etanol para cada reacción



$$m_{NaOH} = m_{aceite} \times \text{porcentaje catalizador}$$

$$m_{aceite} = V_{aceite} \times P_{aceite}$$

$$m_{aceite} = 100 \text{ mL} \times 0,890 \frac{g}{mL} = 89 \text{ g}$$

$$m_{NaOH} = 89 \text{ g} \times 0,5 \% = 4,45 \text{ g}$$

$$m_{NaOH} = 89 \text{ gr} \times 1,0 \% = 8,9 \text{ g}$$

En las concentraciones de 0.5 y 1.0 % fueron utilizados 4.45 g y 8.9 g de NaOH respectivamente. Para lograr un mejor efecto en la reacción, se calcula un exceso de NaOH



$$m_{aceite} \times \frac{\% \text{ AGL}}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{M \text{ AG}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{M \text{ NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = g \text{ NaOH}$$

$$89 \text{ g} \times \frac{3,46}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{250,83} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{39,99}{1 \text{ mol NaOH}} = 0,49 \text{ g de NaOH}$$

Para las reacciones de esterificación utilizando NaOH en concentraciones de 0.5% y 1.0% son necesarios 4.94 g y 9.39 g de soda caustica para cada reacción. Los valores de porcentaje de ácidos grasos libres y la masa de los ácidos grasos fueron tomados de datos de literatura.



de esterificación y transesterificación. En el cálculo del catalizador NaOH requerido se utilizó la siguiente formula:

con la finalidad de neutralizar ácidos grasos libres en la fase de esterificación a partir la siguiente formula:

Calculo para el catalizador ácido H_2SO_4

La cantidad de catalizador ácido es también una proporción variable. Este catalizador es usado para disminuir el índice de acidez del aceite utilizado en el experimento.

$$m_{H2SO4} = 89 \text{ g} \times 0,5 \% = 4,45 \text{ g}$$

$$m_{H2SO4} = 89 \text{ g} \times 1,5 \% = 13,35 \text{ g}$$

Para la reacción de transesterificación se utilizará una cantidad de 4.45 g y 13.35 g de ácido sulfúrico con un 98 % de pureza.



El exceso de ácido necesario como catalizador y permitir la transformación de los ácidos grasos libres a esteres se determina a partir de la siguiente relación estequiométrica:

$$m_{aceite} \times \frac{\% AGL}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{M_{AG}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{M_{H_2\text{SO}_4}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = g_{H_2\text{SO}_4}$$

$$\text{Donde } M_{H_2\text{SO}_4} = 98,079 \frac{g}{\text{mol}} ; P_{H_2\text{SO}_4} \frac{89g}{mL}$$

$$89 g \times \frac{6.95}{100\%} \times \frac{1 \text{ mol AG}}{250,83} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol AG}} \times \frac{98,079 \frac{g}{\text{mol}}}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 2,41 g \text{ de H}_2\text{SO}_4$$

La transesterificación requirió agregar a los valores de ácido un exceso de 2.41 g de ácido sulfúrico, para una concentración del 0.5% y 1.5 % fueron necesarios 6.86 g y 15.76 g de ácido sulfúrico.

Análisis de cromatografía

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) fueron identificados en un cromatógrafo de gases (*Shimadzu, Japón*) *GCMS-QP2010 Plus*, equipado con un detector selectivo de masas, serie *QP2010*. La inyección de la muestra se realizó manualmente por el modo split con una relación de 1:20, siendo la temperatura del inyector 250°C. La separación se realizó en una columna capilar *Crossbond* de 30 m × 0,25 mm DI y 0,25 µm de espesor de película. La temperatura del horno se programó a 100°C (3 min), 250°C (10 min) y 280°C hasta completar los 30 min. Como gas portador se utilizó helio a un flujo de 1 mL/min

técnicas de esterificación y transesterificación se obtuvo un promedio en el rendimiento de cada muestra de 76.18%. El mayor rendimiento se obtuvo en la muestra N12 con un volumen final de 92 mL y el peor con la muestra N11 con un rendimiento de 37%, el cual pudo ser debido a la concentración del catalizador alcalino utilizado en la reacción. Los resultados finales de la reacción se presentan en la Tabla 1.

Resultados

Tras el proceso de obtención de biodiésel mediante la combinación de las

Tabla 1. Concentración de cada catalizador utilizado y los rendimientos finales

Código Muestra	Mezcla de compuestos	Peso en gramos 100 mL de muestra	Volumen final de aceite etapa acida mL	Volumen final biodiesel lavado y secado mL
E1	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	80
E2	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	70
E3	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	85
E4	Aceite exportación x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	85
E5	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	86
E6	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	88
E7	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	87
E8	Aceite exportación x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	89
N9	aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	36
N10	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	60
N11	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	128	37
N12	Aceite nacional x alcohol 6:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	128	92
N13	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	75
N14	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 0.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	80
N15	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 0.5%	89	142	85
N16	Aceite nacional x alcohol 9:1, H ₂ SO ₄ 1.5% pp, NaOH 1.0%	89	142	84
				Promedio 76.18 mL

Fuente: Elaboración propia.

Los rendimientos de cada tipo de aceite trabajado fueron de 83.75 % para el aceite proveniente de la sala de importación y 68.52 para el aceite de la sala nacional. Ambos aceites fueron trabajados con las mismas concentraciones de catalizadores y las misma relación entre aceite y alcohol.

Análisis de cromatografía

En este proceso se analizaron varias muestras de biodiésel. El perfil de ácidos grasos

nos permitió determinar que todas las muestras analizadas presentaban altas concentraciones de ácido nonanoico equivalente al 33.05 % del total de los ácidos que componen cada muestra. Datos de literatura indican que este ácido puede ser usado en la preparación de lacas y plastificantes, en formulaciones de herbicidas y repelentes. La Figura 1 presenta los espectros de masas para cada una de las muestras de biodiésel analizada.

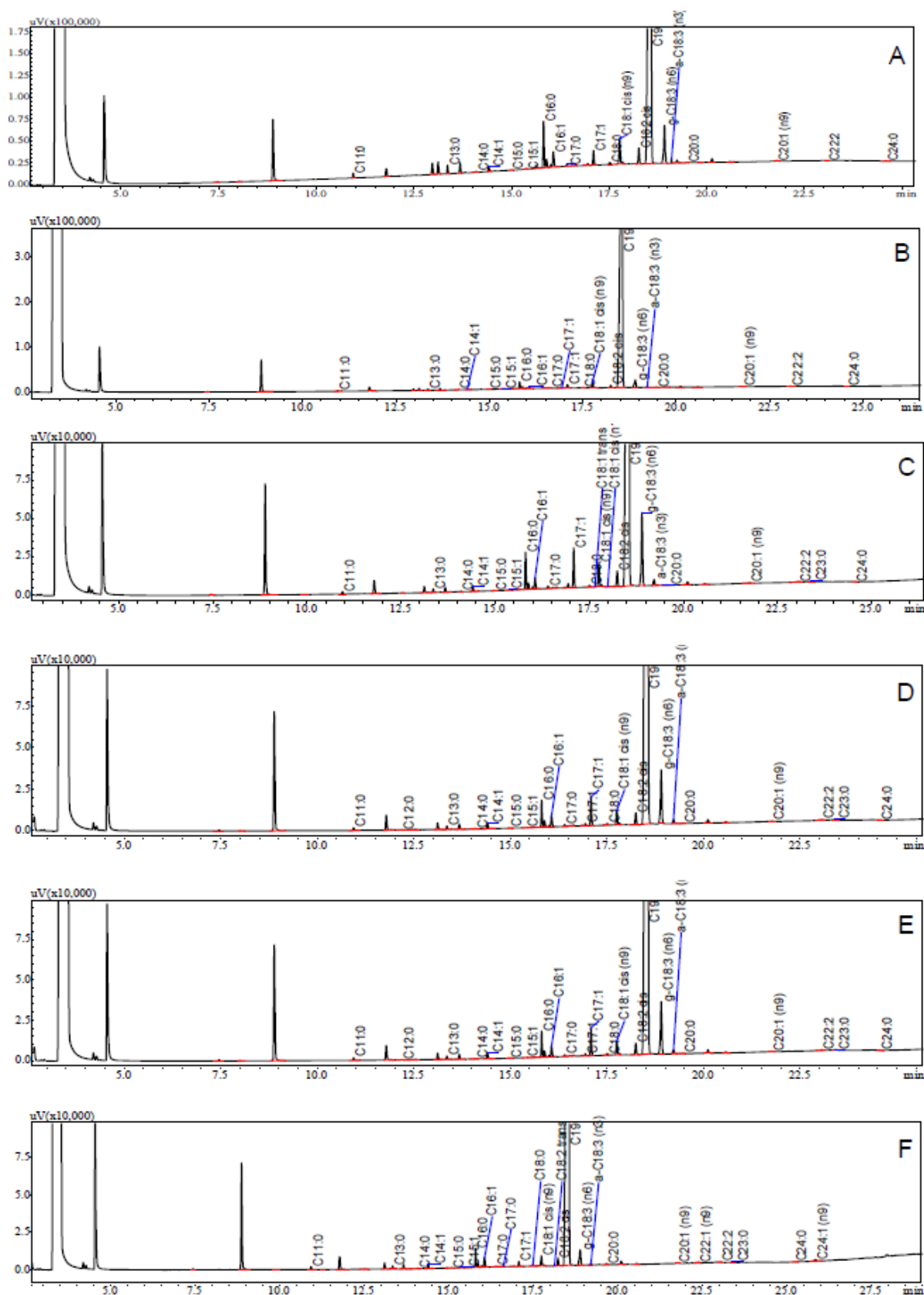


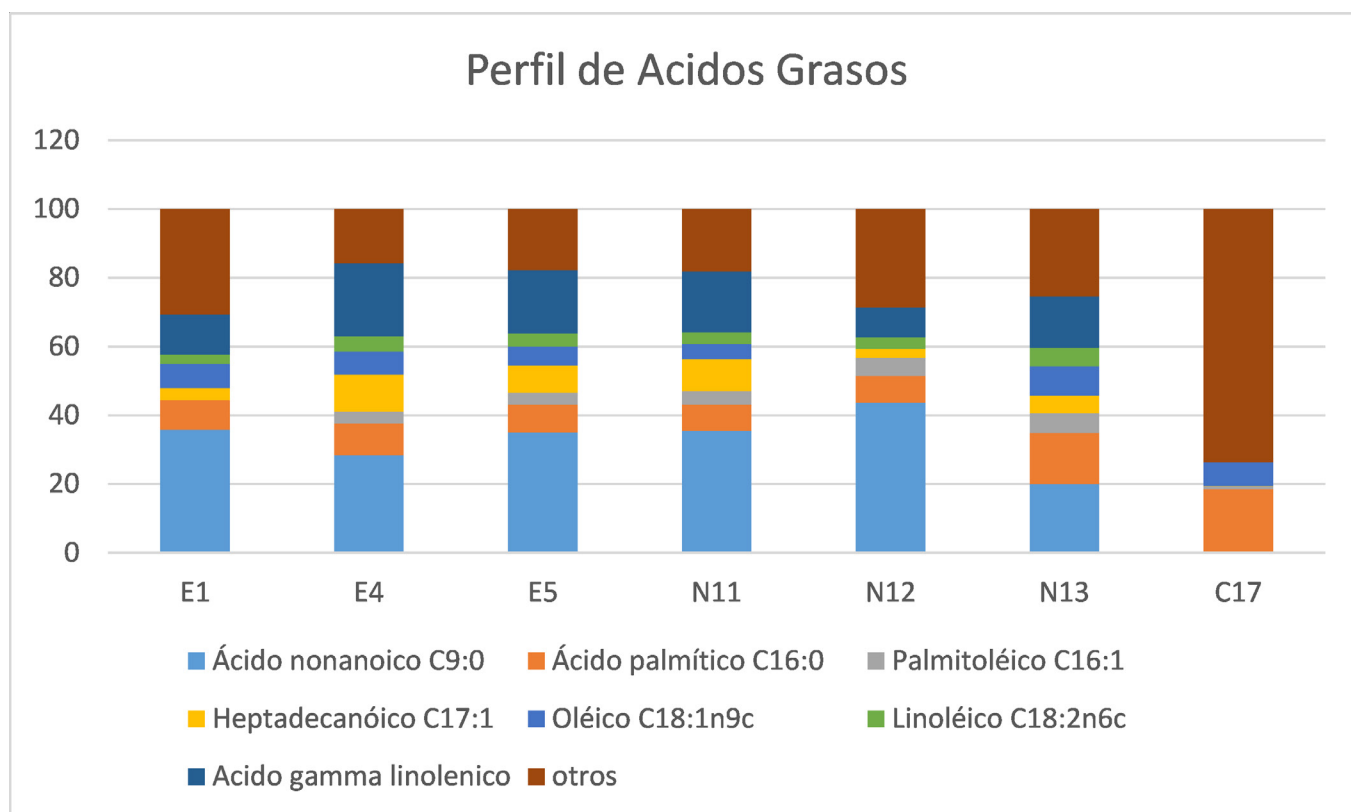
Figura 1. Espectro de masas muestras de biodiésel analizadas A) muestras N13, B) muestra E1, C) muestra E4, D) muestra E5, E) muestra N11 e F) muestra N12

En los otros ácidos grasos analizados se observó un predominio de ácido palmítico, y ácido oleico en todas las muestras analizadas. Esto nos permite determinar que todas las muestras analizadas muestran grandes cantidades de ácidos grasos saturados lo cual genera problemas de solidificación del



biodiésel a temperaturas inferiores a los 15 grados celsius. En la Grafica 1 se presentan los valores de ácidos grasos de las 6 muestras de biodiésel de aceites de pescado analizadas más una muestra control de biodiésel elaborado a partir de aceite vegetal usado.

Grafica 1. Valores de ácidos grasos encontrados en seis muestras de biodiésel analizadas



Fuente: Elaboración propia

En Colombia la norma técnica que reglamenta los combustibles para motores diésel es la *NTC 1438 PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS, COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIÉSEL*. Esta establece las características físico-químicas de estos productos, la cual se basa en la norma internacional EN 14078. El valor máximo permitido de Alquil esteres de

ácidos grasos en diésel corriente y extra es de 5 % del volumen.

Los valores de Alquil esteres de ácidos grasos presentes en el biodiésel elaborado se encuentran entorno al 5,35 %, con predominio del ácido oleico. Tal resultado permite afirmar que este biodiésel es apto para ser mezclado con diésel obtenido de productos del petróleo.

Trabajos realizados por Agudelo & Artunduaga (2019) evaluaron la obtención de biodiésel a partir de aceite de pescado utilizando catalizadores similares a los usados en nuestro estudio. Ellos determinaron valores de ésteres metílicos de 95.98%, debajo de la normativa existente de 96%. Sin embargo, el combustible obtenido fue apto para su uso en maquinaria.

En Estados Unidos es legal mezclar el biodiésel con el diésel elaborado a partir de petróleo en cualquier porcentaje. El biodiésel B100 es biodiésel puro, el B20 contiene 20% de biodiésel y 80% de diésel de petróleo, y el B5 contiene 5% de biodiesel y 95% de diésel de petróleo. La mayoría de los usuarios de biodiésel eligen el B20 porque no presenta problemas de desempeño en clima frío y de compatibilidad de materiales que sí presenta el B100.

Las biomezclas también emiten menos gases de efecto invernadero cuando se queman en comparación con el diésel de petróleo. De acuerdo con el Centro de Información de Combustibles Alternativos y Vehículos Avanzados del Departamento de Energía de los Estados Unidos, el uso de B100 reduce las emisiones de CO₂ en más de 75% en comparación con el diésel de petróleo. El uso de B20 reduce las emisiones de dióxido de carbono en un 15%.

En Colombia actualmente se mezcla B7 en el centro-orienté del país y, en el resto, B10, con excepción de las zonas de frontera con Venezuela, país que exporta a Colombia, en condiciones especiales, los combustibles fósiles que allí se consumen. Debe tenerse en cuenta que la mayoría de los fabricantes de maquinaria ofrecen garantía sobre el uso

de biodiésel en mezcla con porcentajes de máximo B7 o B10.

Las pruebas realizadas en maquinaria agrícola demostraron que es viable la utilización del biodiésel obtenido de aceite de pescado para alimentación de maquinaria agrícola. Un trabajo realizado por Páez (2019) evaluó el uso de Biodiésel obtenido a partir de aceite de pescado en alimentación de plantas eléctricas. Fueron evaluadas combinaciones de 10, 30 y 50% de biodiésel mezclado con diésel normal. Los resultados obtenidos mostraron que con las tres mezclas trabajadas se presentó disminución tanto en la potencia y el torque en la planta eléctrica donde fueron probados. El tratamiento con la mezcla de 10% presentó menor disminución, todos los tratamientos presentaron reducción en la opacidad en los gases de escape. Los autores recomiendan el uso de la mezcla al 30% en maquinaria fija. Otro trabajo realizado por Regalado & Clemente, (2019) encontró que el uso de diferentes mezclas de diésel y biodiésel puede disminuir la opacidad de las emisiones de gases, disminuyendo la contaminación.

Otros estudios, como los realizados por Cheung et al., (2015) utilizaron mezclas de diésel puro con biodiésel (B10, B20 y B30) obtenido de aceite de fritura usado, para estudiar su efecto en las emisiones. Los resultados obtenidos afirman que el biodiésel permite reducir HC, CO y la concentración de masa del material particulado, aunque incrementa el NO_x.

Referencias bibliográficas

- Agudelo, I. M., & Artunduaga, J. M. (2019). *Evaluación técnico financiera de la obtención de biodiésel, partiendo de aceite de tilapia proveniente de la empresa Todo Pez del Huila* [B.S. thesis]. Fundación Universidad de América.
- Bulla, E. A. (2014). *Diseño del proceso de producción del biodiésel a partir de aceites de fritura*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cheung, C. S., Man, X. J., Fong, K. W., & Tsang, O. K. (2015). Effect of Waste Cooking Oil Biodiesel on the Emissions of a Diesel Engine. *Energy Procedia*, 66, 93-96. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.02.050>
- Demirbas, A. (2007). Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy policy*, 35(9), 4661-4670.
- Gharehghani, A., Mirsalim, M., & Hosseini, R. (2017). Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission. *Renewable Energy*, 101, 930-936.
- Knothe, G. & Razon, L. F. (2017). Biodiesel fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58, 36–59.
- Montaner, V. S. (2015). *Síntesis de biodiésel y caracterización de bebidas alcohólicas mediante técnicas de elevada resolución*. Universitat de València.
- Páez, F. (2019). *Pruebas de desempeño en motor diésel utilizando aceite de pescado refinado como combustible: Asistencia de investigación* [B.S. thesis]. Universidad de Ibagué.
- Quilcat Rodríguez, E. V. (2013). *Obtención de biodiésel por reacción de trans esterificación del aceite de pescado con metanol*.
- Regalado, A. D. M., & Clemente, E. R. C. (2019). Influencia del biodiésel de aceite de fritura usado, sobre las emisiones: Índice de opacidad. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 23(59), 60-67.

Aislamiento e identificación del Agente Causal de la Pudrición Basal en Frutos de Pitahaya (*selenicereus megalanthus*) Cultivada en el Departamento del Huila

Isolation and Identification of the Causal Agent of basal Rot in Fruits of Pitahaya (*selenicereus megalanthus*) Cultivated in the Department of Huila

Liliana Marcela Moreno^a, Leidy Banessa Luna^b, Liz Nataly Escobar^b

^a Tecnoparque Nodo La Angostura - Servicio Nacional de Aprendizaje.
E-mail: lilimoreno@sena.edu.co

^b Programa de Ingeniería Agrícola.
Universidad Surcolombiana.

Resumen

El cultivo de pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus*) es de gran importancia comercial en el departamento del Huila por el significativo aporte económico que brinda a familias productoras de la región. Sin embargo, la pérdida de frutos en el cultivo alcanza el 30 % del total de la producción debido a la presencia de hongos fitopatógenos que atacan la parte basal del fruto, convirtiéndose en un factor de alto riesgo para el desarrollo del cultivo. En la presente investigación se analizó la cáscara, pulpa y semillas del fruto de la pitahaya cultivada en el municipio de Pitalito, Huila, para identificar el hongo fitopatógeno que afecta la calidad fisicoquímica de los frutos durante su desarrollo fisiológico en la planta. Se aisló e identificó morfológicamente un hongo perteneciente al género *Fusarium*, tomando como base las claves de Barnett y Hunter. El análisis estructural demostró que la especie aislada fue *F. oxysporum*, agente causante de la pudrición basal y pérdida de calidad sensorial. Se detectó presencia del hongo en la cáscara y la pulpa, descartando la posibilidad del uso del fruto en la elaboración de productos de tipo alimenticio, sin embargo no se encontró presencia del patógeno en las semillas. Los resultados de la investigación brindan la posibilidad de adoptar medidas de control tratamiento y control biológico de las enfermedades presentes en el cultivo de pitahaya amarilla, con el fin de minimizar la pérdida de frutos y poder ofrecer más y mejores productos al mercado nacional e internacional.

Palabras claves:

aislamiento, fitopatógenos, identificación, pitahaya, pudrición.

Abstract

The cultivation of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) has a great commercial importance in the department of Huila due to the significant economic contribution it provides to productive families in the region. However, the loss of fruits in the crop reaches 30% of the total production due to the presence of phytopathogenic fungi that attack the basal part of the fruit, becoming a high risk factor for the development of the crop. In the present investigation, the peel, pulp and seeds of the fruit of the pitahaya grown in the municipality of Pitalito, Huila, were analyzed to identify the phytopathogenic fungus that affects the physicochemical quality of the fruits during their physiological development in the plant. A fungus belonging to the genus *Fusarium* was isolated and morphologically identified, based on the Barnett and Hunter keys. The structural analysis showed that the isolated species was *F. oxysporum*, the causative agent of basal rot and loss of sensory quality. The presence of the fungus was detected in the peel and pulp, ruling out the possibility of using the fruit in the preparation of food-type products, however the presence of the pathogen was not found in the seeds. The results of the research offer the possibility of adopting control measures, biological control and treatment of the diseases present in the yellow pitahaya crop, in order to minimize the loss of fruits and to be able to offer more and better products to the national and international market.

Keywords: isolation, phytopathogens, identification, dragon fruit, rot.

Introducción

Colombia se ha consolidado durante la última década como uno de los principales países productores y exportadores de frutas (Jiménez, 2013). Entre las frutas que se comercializan se destacan las frutas exóticas que son de gran demanda y se distinguen por su variedad y sabores característicos. Una de estas especies frutales es la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) (Delgado, 2010), catalogada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural como una de las seis frutas de ciclo largo consideradas en la Apuesta Exportadora Agropecuaria 2006-2020.

La pitahaya amarilla es considerada

como un fruto de gran importancia para el sector hortofrutícola, gracias a sus características nutritivas, funcionales y organolépticas. Se ha posicionado en los mercados con cifras de exportación del 43,7% para el año 2011 (Mosquera et al., 2011). Según datos registrados del año 2011, los principales departamentos productores son: Valle del Cauca, Boyacá y Bolívar con los mayores cultivos y Caldas, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima con una menor participación (Medina & Kondo, 2012). En los últimos años, el área sembrada de esta fruta ha tenido un crecimiento considerable gracias

al incremento de su demanda. Sin embargo, las condiciones climáticas y las constantes lluvias que afectan la humedad en el ambiente, incrementan el riesgo de plagas y el desarrollo de enfermedades, limitando la producción de los cultivos (ICA, 2012). La rápida transición de cultivo silvestre a producción comercial se realizó sin un desarrollo tecnológico adecuado, dando lugar a diferentes problemas fitosanitarios como la pudrición basal del fruto ocasionada por hongos fitopatógenos (Figura 1) (Salazar et al., 2015), afectando la calidad y por ende la rentabilidad del cultivo, reportando pérdidas de fruta exportable superiores al 30%. Por este motivo, es necesario realizar una adecuada identificación del agente patógeno causante de la pudrición basal en campo, para así reducir la heterogeneidad de tratamientos improvisados implementados por los productores por desconocimiento del origen de la enfermedad.



Figura 1. Frutos de pitahaya amarilla con síntomas de pudrición basal, pardeamiento y ablandamiento del tejido.

Metodología

Sitio de recolección

Se realizó la recolección del material vegetal en la finca El Descanso ubicada en el corregimiento de Charcaguayaco, municipio de Pitalito, a una altitud de 1,820 msnm y temperatura media de 19.5°C. Fueron recolectados 20 frutos afectados en la parte basal de 10 árboles seleccionados al azar, posteriormente se depositaron en bolsas de plástico estériles y fueron llevados inmediatamente al laboratorio en neveras de espuma de poliuretano.

Aislamiento del hongo

Los frutos se desinfectaron en una solución de hipoclorito al 1.5 % durante 5 minutos y luego se lavaron con abundante agua destilada para eliminar las trazas de químicos que pudieran afectar el desarrollo normal del patógeno. Los tejidos de pulpa y cáscara se obtuvieron con la ayuda de un bisturí estéril, cortando fragmentos de tejido infectado y sano. Posteriormente, los fragmentos de tejido y semillas se sembraron

en el medio microbiológico de cultivo Agar-Papa Dextroxa (PDA, Merck®), colocando tres fragmentos de tejido en cada caja Petri. Por último, se envolvieron las cajas con papel parafilm y se llevaron a un horno incubadora (memmert®) por convección forzada a 27°C durante cinco días. Las colonias desarrolladas se transfirieron a nuevas cajas de Petri con agar PDA hasta que se obtuvo su purificación.

Identificación de hongo

La identificación del hongo se realizó por medio de la técnica cinta pegante, donde se presionó firmemente la superficie del cultivo purificado y se dispuso en un portaobjetos para realizar la tinción con azul de lactofenol. Finalmente las muestras se observaron en un microscopio óptico (LEICA DM500 a 40X). La caracterización morfológica macro y microscópica, se hizo tomando como base las claves de Barnett & Hunter (1998).

Resultados y discusión

Se comprobó la presencia del hongo en la cáscara y pulpa de todos los frutos afectados en la parte basal. En el medio nutritivo inicialmente se observó una colonia de color blanco con micelio algodonoso que cambió de coloración a rosa-salmón al sexto día de crecimiento hasta que, finalmente (noveno día), el hongo tornó a un color violeta o purpura. La siembra realizada a partir de las semillas de frutos afectados no evidenció presencia del patógeno, al igual que en las fracciones del fruto sano usado como control. El fenotipo macroscópico del hongo aislado se muestra en la Figura 2, en donde se aprecian las características coloniales principales que constituyen el primer paso de identificación a nivel de género.

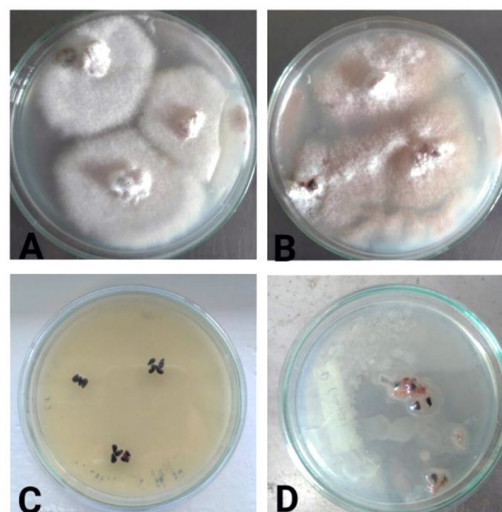


Figura 2. Siembra microbiológica para identificar el hongo patógeno en frutos de pitahaya amarilla. **A.** Cáscara de frutos enfermos. **B.** Pulpa de frutos enfermos. **C.** Semillas de frutos enfermos. **D.** Pulpa de fruto sano.

Las colonias del hongo obtenidas a partir de los aislamientos de tejido de pulpa y cáscara sobre PDA se pueden apreciar en la Figura 3, en donde se observan las características macroscópicas como micelio de textura algodonosa con pigmentos de color blanco y salmón pálido, características morfológicas similares a las descritas por Leslie & Summerell (2006) para hongos del género *Fusarium*.

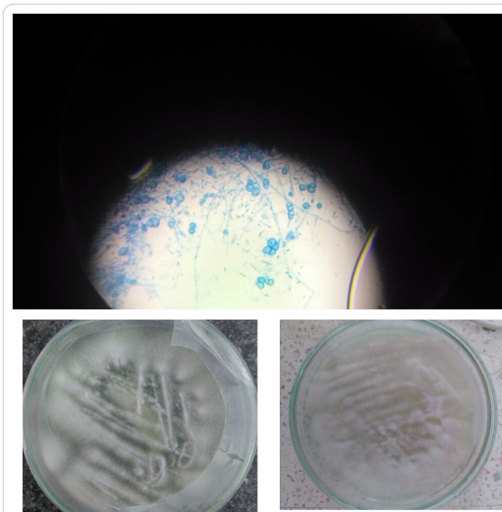


Figura 3. Purificación del hongo patógeno en agar PDA. **A.** Cáscara. **B.** Pulpa.

Al realizar la observación microscópica, se estableció que el organismo causante de la pudrición basal en los frutos de pitahaya amarilla analizados pertenece al género *Fusarium* especie *oxysporum*, como lo afirma Salazar et al. (2016), quienes realizaron la caracterización molecular de *Fusarium* asociado a pudrición basal del fruto de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), encontrando que la pudrición basal de la pitahaya amarilla es causada por *Fusarium oxysporum*.

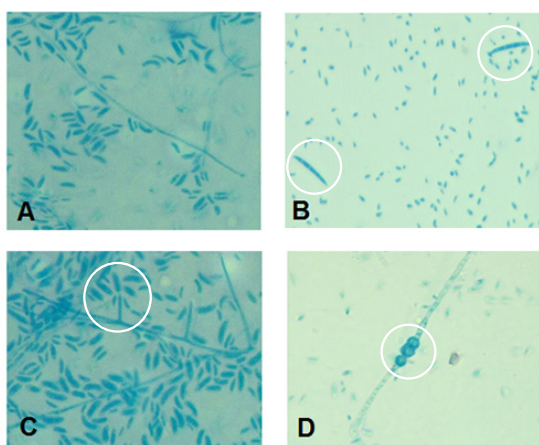


Figura 4. Estructuras microscópicas de *Fusarium oxysporum* (40X). **A.** Abundantes microconidias, de forma alargada y de una sola célula. **B.** Macroconidias en forma de media luna con cuatro y cinco septas. **C.** Monofiliades acompañados de microconidas y **D.** Clamidosporas.

En la Figura 4, se muestran las características taxonómicas de *Fusarium oxysporum*, donde se pueden observar abundantes microconidas, más comúnmente de forma oval, la mayoría sin septos, que se forman sobre monofiliades cortos. En el caso de las macroconidias, estas presentaron forma alargada en media luna con dos y tres septos, así como algunas diferencias entre ellas (unas un poco más cortas y otras menos curvas). También se hallaron hifas finas e hiladas y esporodocios donde se agrupan las esporas y clamidosporas.

Conclusiones

El análisis microbiológico permitió establecer que los frutos analizados en la presente investigación se encontraban afectados por el microorganismo de género *Fusarium*. De igual forma se observó que este patógeno está presente en cáscara y pulpa, por lo tanto estas fracciones no pueden ser destinadas para uso alimenticio.

De acuerdo con los resultados encontrados, el microorganismo *Fusarium oxysporum*, no presenta patogenicidad en las semillas de los frutos de pitahaya, así que pueden ser empleadas en la industria alimentaria sin causar ningún riesgo a los consumidores.

El género *Fusarium* ha sido asociado en Colombia a problemas fitosanitarios relevantes en cultivos de importancia agrícola como el banano, plátano, melón, guayaba, lenteja, tomate y algodón, generando grandes pérdidas económicas para los productores nacionales.

La identificación del agente causal de la pudrición basal de frutos de pitahaya permite que se establezcan programas de manejo y control que contribuyan a mantener la sanidad del cultivo y un manejo más eficiente del hongo.

Se recomienda realizar la cuantificación del hongo fitopatógeno presente en la parte basal de los frutos de pitahaya para definir en qué concentración este agente puede causar afectación en la pulpa de los frutos y convertirse en un problema de salud pública.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento a la Asociación Agrícola de Productores de Palestina APROPIT por el suministro de frutos de pitahaya usados en el presente estudio. De igual manera a la Dra. María del Rosario Castañeda, líder Sennova del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, por su apoyo técnico a lo largo de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). Descriptions and illustrations of genera. Illustrated genera of imperfect fungi, 4th edn. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, 68-69.
- Delgado, J. (2010). Análisis general de mercado de pitahaya amarilla (*Selenicereus Megalanthus*), con fines de su comercialización en la República Popular China (RPC) (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. Ex. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/87a2482e-a36a-4380-80ae-11072d0c717c/->
- Jiménez, A. (2013). Estudio de los cambios físicos y químicos de la gulupa (*Passiflora edulis Sims fo. edulis*) durante la maduración (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- La Nación. (2012, 11 de Septiembre). Huila le apuesta a la pitahaya de calidad. La Nación. Recuperado de <http://www.lanacion.com.co/2012/09/11/huila-le-apuesta-a-la-pitahaya-de-calidad/>
- Leslie, F. & Summerell, B. (2008). The Fusarium laboratory manual. Recuperado de file:///C:/Users/Estudiantes_2018/Downloads/TheFusariumLaboratoryManual.pdf
- Medina, J., & Kondo, T. (2012). Listado taxonómico de organismos que afectan la pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran (Cactaceae) en Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 13 (1), 41-46
- Mosquera, H., Betancourt, B., Castellanos, J., & Perdomo, L. (2011). Vigilancia comercial de la cadena productiva de la Pitaya Amarilla. Cuadernos de Administración, 27(45), 75-93
- Salazar, C., Serna, L. & Gómez, E. (2015). Caracterización molecular de *Fusarium* asociado a pudrición basal del fruto en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). Agron. Mesoam, 27 (2), 277-285

Evaluación de los parámetros de control del compostaje (oxigenación y relación C/N) de residuos de hogares en Neiva, Huila

Evaluation of composting control parameters (oxygenation and C/N ratio) from household waste in Neiva, Huila

Julián Alejandro Giraldo Murcia, Luis Enrique Pérez Castrillón ^b, Leidy Carolina Mosquera Rivera ^b, Rafael David Ángel Gasca ^c.

^a Tecnoparque Nodo
La Angostura
Servicio Nacional de
Aprendizaje.
E-mail: jgiraldom@sena.edu.co

^b Co-fundador empresa
GEOMAAC.SAS.

^c Tecnoparque Nodo
La Angostura
Servicio Nacional de
Aprendizaje.

Resumen

Los residuos sólidos orgánicos son una fuente de materia prima para la producción de acondicionadores de suelos que, gracias a un proceso de descomposición y compostaje, son aprovechados en la producción de alimentos a pequeña escala. Sin embargo, el proceso de producción depende del adecuado manejo y disposición de los residuos debido a que este puede ocasionar variaciones en las diferentes etapas del proceso de compostaje. El objetivo del presente estudio es evaluar los parámetros del control del compostaje (oxigenación y relación C/N) a partir de residuos de cocina previamente balanceados en su contenido bromatológico, producidos en unidades residenciales de la ciudad de Neiva. Se realizó una encuesta dirigida a una comunidad residencial de la ciudad de Neiva-Huila sobre la disposición de los residuos domiciliarios, posteriormente se evaluaron tres tipos de compostaje con base en la oxigenación y la relación carbono nitrógeno (C/N) de la pila. En el análisis estadístico se consideró el factor temperatura (variable dependiente) vs cada uno de los tratamientos (Tr1, Tr2 y Tr3), hasta terminar su descomposición al cabo de 75 días de análisis. Los tratamientos con una relación inicial C/N entre 25 y 30 presentaron temperaturas más elevadas y, por ende, demostraron ser los más benéficos al proceso de sanitización útil en la reducción de microorganismos patógenos en el compost. Además se observó una maduración del compost en menor tiempo con el sistema de biodigestor rotativo horizontal.

Palabras claves:

compostaje, relación C/N, residuos de cocina, temperatura.

Abstract

Organic solid waste is a source of raw material for the production of soil conditioners that, thanks to a decomposition and composting process, are used in small-scale food production. However, the production process depends on the proper handling and disposal of waste because of the variations in the different stages of the composting process. The objective of this study is to evaluate the parameters of composting control (oxygenation and C / N ratio) from kitchen waste previously balanced in its bromatological content, produced in residential units in the city of Neiva. A survey was conducted in a residential community in the city of Neiva, Huila on the disposal of household waste, subsequently three types of composting were evaluated based on oxygenation and the carbon nitrogen (C / N) ratio of the pile. In the statistical analysis, the temperature factor (dependent variable) vs each of the treatments (Tr1, Tr2 and Tr3) was considered until its decomposition was completed after 75 days of analysis. Treatments with an initial C / N ratio between 25 and 30 presented higher temperatures and, therefore, proved to be the most beneficial to the sanitization process useful in reducing pathogenic microorganisms in the compost. In addition, the compost matured in less time with the horizontal rotary biodigester system.

Keywords:

composting, C / N ratio, kitchen waste, temperature.

Introducción

El crecimiento acelerado de la población mundial, la concentración de la población en zonas urbanas y los cambios de consumo provocan el aumento de la tasa de eliminación de residuos, ocasionando la apertura de nuevos vertederos de residuos e incineradores (Castañeda & Rodríguez, 2017).

Un estudio del Banco Mundial y Planeación Nacional (2015) indica que:

... si se continúa con la misma dinámica de generación de residuos, sin adecuadas medidas para mejorar su aprovechamiento o tratamiento, y con patrones de producción y consumo insostenibles, en el año 2030 tendremos emergencias sanitarias en la mayoría de ciudades del país y una alta generación

de emisiones de gases de efecto invernadero (citado por Huenchuan & Rivera, 2019).

En este sentido, el reciclaje desde casa y la clasificación de los desechos según su naturaleza son una herramienta útil para mitigar el impacto ambiental producido por la generación de residuos (Semarnat, 2006), sobre todo si consideramos que el volumen de residuos generados será mayor en el futuro gracias, entre otras cosas, a que el proceso de urbanización sigue en aumento.

La elaboración de abono orgánico para el suelo, o compostaje, se realiza a partir de un proceso biológico aerobio, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia fácilmente biodegradable permitiendo la obtención de un fertilizante natural (abonos

orgánicos), acondicionador de suelos o biofertilizante. El abono orgánico es adecuado para la agricultura porque en las plantas ayuda a la absorción de agua y nutrientes mejorando las condiciones del sitio propicias para una óptima productividad. De esta manera se retribuyen de forma cíclica los nutrientes al suelo. En consecuencia, el compostaje protagoniza un papel importante en el sistema de reciclaje que revaloriza el residuo orgánico, produciendo un impacto ambiental positivo y mejorando las propiedades físicoquímicas y microbiológicas del suelo (Semarnat, 2006). No obstante, la producción de compostaje es un proceso que requiere de manejo y control adecuado para no generar olores indeseables y largos periodos de descomposición. La gestión sostenible de residuos sólidos domiciliarios es una alternativa de reutilización de residuos amigables con el medio ambiente (Castañeda & Rodríguez, 2017). En este contexto, el presente estudio evaluó los parámetros del control del compostaje (oxigenación y relación C/N) a partir de residuos de cocina previamente balanceados en el contenido bromatológico, producidos en unidades residenciales de la ciudad de Neiva, Colombia.

Metodología

La metodología del estudio es de tipo descriptivo. Inicialmente, se realizó un levantamiento de datos vía encuesta para definir las características de la muestra proveedora del material orgánico generado a partir de residuos de cocina, para luego identificar los tipos de residuos y disponer la primera pila de descomposición. La encuesta fue totalmente anónima, las preguntas de la encuesta arrojaron información sobre las siguientes variables: Número integrantes en el hogar (Int_Hogar), frecuencia de tiempo en labores de cocina (Frec_Cocinar), tipo de verduras que consume con mayor frecuencia

(Residuos_Verduras), tipo de frutas que consume con mayor frecuencia (Residuos_Frutas), cantidad de huevos consumidos por semana (N_Huevos), método de disposición de residuos (Residuos_cocina) y el interés por implementar un sistema de aprovechamiento de residuos (Imp_Aprovechamiento_residuos). La muestra sobre la cual se aplicó la encuesta se compuso de 90 unidades residenciales de la ciudad de Neiva, Colombia.

A partir de los resultados de la encuesta se establecieron las materias primas con mayor participación en el modelo estadístico (residuos de naranja y plátano) (Figura 2), se definieron tres tratamientos diferenciados por dos tipos de oxigenación del compost (rotativo y volteo) y por la relación C/N inicial:

Tr1: Residuos de plátano + residuos de naranja + tamo de arroz, con una relación C/N inicial entre 25% y 30%, depositado en un digestor horizontal rotativo.

Tr2: Residuos de plátano + residuos de banano + residuos de naranja + residuos de tomate + residuos de pimiento, con una relación C/N inicial mayor a 35%, dispuesto en forma de pila.

Tr3: Gallinaza + Tamo de arroz, con una relación C/N inicial entre 25% y 30%, dispuesto en forma de pila.

Se efectuaron las evaluaciones periódicas de temperatura durante los procesos de compostaje, con una duración de 75 días.

Evaluación del proceso de compostaje: La evaluación en campo para el control de la temperatura se realizó en visitas periódicas al digestor rotativo horizontal y las pilas de compost, registrando los datos semanalmente durante los 75 días.

Temperatura: Las lecturas de temperatura se realizaron con un geotermómetro a 30 cm de profundidad en los distintos tratamientos, la toma de temperatura se registró en los

dos lados de la pila. Cada lado fue dividido en tres puntos en la parte media de la pila, registrándose en total seis lecturas de temperatura para cada pila.

Análisis estadístico: En el diseño estadístico se consideró el factor temperatura (variable dependiente) versus cada uno de los tratamientos (Tr1, Tr2 y Tr3), en una línea del tiempo hasta terminar su descomposición. En el diseño fue utilizado el análisis de correspondencia múltiple.

Resultados y Discusión

El análisis de correspondencia múltiple se aplicó para las variables Int_Hogar, Frec_Cocinar, Residuos_Cocina, Residuos_Frutas, Residuos verduras, N_Huevos y Imp_Aprovechamiento_residuos, descritas en la Figura 1. Esta metodología permite resumir las asociaciones entre las diferentes categorías de cada variable en las primeras dos dimensiones, como podemos ver también en la Figura 1, debido a que el eje horizontal 15.7% y el eje vertical 38% presentaron un poder explicativo significativo del 53.7% de la variabilidad total del modelo.

Al observar los resultados del análisis de correspondencia múltiple entre variables, estos presentan una alta correlación entre la Frec_cocinar y Residuos_cocina, dado que cuando aumenta la frecuencia para cocinar (Figura 1), la disposición de los residuos tiende a aumentar, y por lo general aumenta la probabilidad de que acaben mezclados con los demás residuos reciclables (Figura 2). La otra correlación significativa entre variables corresponde a Int_Hogar, Residuos_Fruta y Residuos_Verduras, donde podemos observar que existe un aumento proporcional de residuos de fruta y verduras determinado por el número de integrantes del hogar (Figura 1).

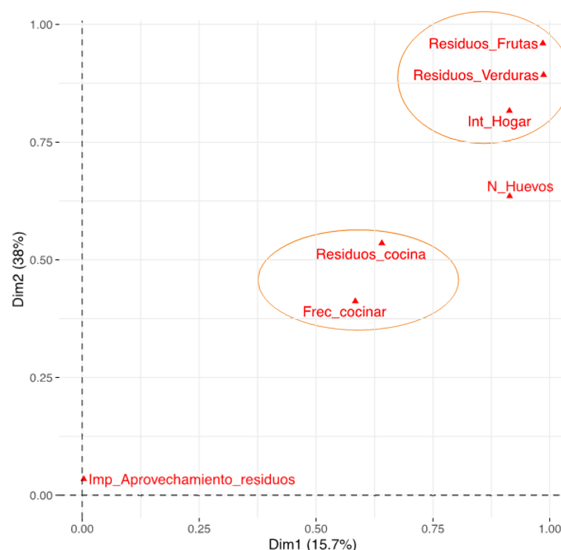


Figura 1: Análisis de correspondencia múltiple sumando elipses de correlación entre variables.

La Figura 2 muestra la participación de cada categoría en las dimensiones del modelo. Algunas medidas de tendencia central observadas en las variables son las siguientes: Uso de verduras (plátano), uso de frutas (naranja), número de integrantes en el hogar (2), frecuencia para cocinar (3 días a la semana), disposición de los residuos (lo mezcla con los residuos reciclables), deseo de implementar un sistema de aprovechamiento de residuos (sí).

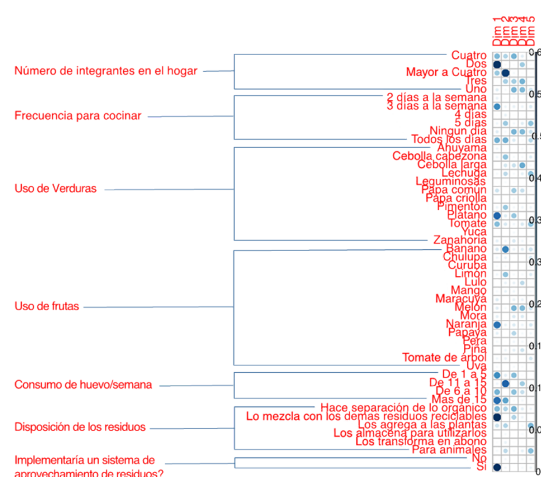


Figura 2: Cos2 de categorías de filas en todas las dimensiones, residuales estandarizados de cada casilla y su contribución.

Según los resultados, el hogar representativo de la muestra se compone de dos personas que cocinan tres veces por semana, los residuos orgánicos que más generan son plátano y naranja, estos residuos se mezclan con los residuos reciclables. De acuerdo con las cifras del Banco Latinoamericano de Desarrollo (Sturzenegger, 2014) el 53.5 % de las familias neivanas encuestadas por GEOMAAC están generando 2.94 Kg de residuos orgánicos no reciclables por semana. Sin embargo, al grupo encuestado le gustaría implementar un sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos en casa.

Se eligieron los residuos con mayor contribución en el modelo estadístico, es decir, fruta (naranja) y verdura (plátano) en las dos dimensiones (Figura 3) para conformar el tratamiento 1 (Trt1). Al tratamiento 1 se le agregó una fuente de carbono (tamo de arroz) para estabilizar la relación 25/1 a 30/1 (C/N).

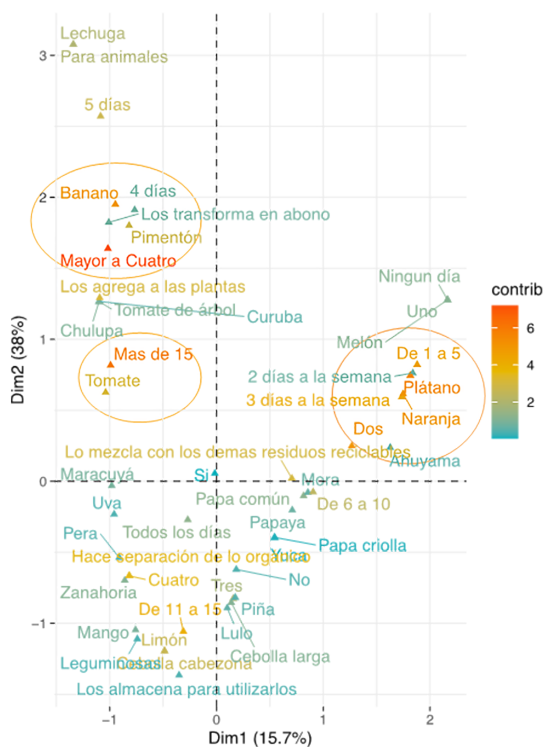


Figura 3. Relación entre categorías (análisis de correspondencia múltiple), y contribución en el modelo.

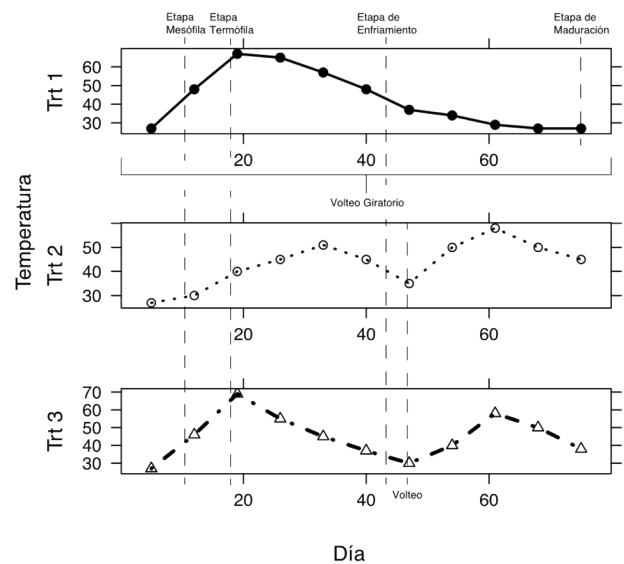


Figura 4. Variación de la temperatura durante el proceso de compostaje

El segundo tratamiento (Trt2) se realizó con la mayor contribución en el modelo estadístico de la Figura 3, en los cuales las categorías de residuos de (plátano, tomate, pimentón, naranja y banano), pertenecientes a las variables de residuos de fruta y verdura, se calcularon en una relación C/N menor a 15/1. En el tercer tratamiento (Trt3) se estableció una relación C/N entre 25/1 a 30/1 a partir de una mezcla de gallinaza, hojarasca y tamo de arroz como tratamiento control.

Los tratamientos Trt 1 y Trt 3 fueron los primeros en superar los 40°C. en un periodo de ocho días y registraron las temperaturas más elevadas en comparación a Trt 2 (Figura 4) debido a la generación de calor microbiano que es activado por el contenido de carbono disponible (Alkoai, 2019). Para superar los 40°C., el Trt 2 tardó una semana más, lo que indica un proceso de descomposición relativamente menos eficiente, dado que la temperatura del compost se puede utilizar como medida indirecta de actividad microbiana (Tchobanoglous, 2002). Además, la relación C/N desbalanceada indica un retraso en la activación enzimática por parte de los microorganismos (Sun et al., 2011).

En la etapa termófila, el Trt 1 presentó una temperatura alta por un periodo de tiempo mayor que los demás tratamientos, esto se debe a la mezcla de materiales dentro del biorreactor giratorio horizontal que genera una distribución uniforme de la temperatura de compost, mejorando las reacciones exotérmicas y el aumento de la descomposición de la materia orgánica disponible mediante la actividad microbiana (Alkoaik, 2019).

Los Trt 1 y Trt 3 en la etapa termófila registraron temperaturas máximas de 65 y 68°C. respectivamente, consideradas optimas (Tchobanoglous, 2002) debido a que temperaturas por encima de los 65°C pueden sanitizar patógenos, microorganismos benéficos y la actividad enzimática encargada de la degradación. Además, las altas temperaturas pueden evaporar el contenido de humedad de la pila generando vapores con olores (amoniacal fuerte) de una descomposición equivocada (Escobar et al., 2012).

Se observó que durante la etapa de enfriamiento el Trt 2 (sin aporte de materia rica en carbono) aún registraba temperaturas elevadas encima de los 35°C, al contrario de los tratamientos Trt1 y Trt3, que mostraban

un descenso de temperatura hasta alcanzar temperaturas próximas a las del medio ambiente, lo cual es un indicador para realizar el primer volteo y riego en los Tr2 y Tr3. Después de realizados los volteos, las pilas de los tratamientos Tr2 y Tr3 generaron de nuevo calor por un período de tiempo menor. Sin embargo, el Trt1 a pesar de la rotación presentó reducción en su temperatura hasta alcanzar la temperatura ambiente, estas características se consideran propias de un proceso en fase de maduración.

Conclusiones

Se puede concluir que los tres tratamientos evaluados presentaron características que permitieron diferenciar las etapas mesófila de la termófila durante la evaluación de la temperatura. Sin embargo, solo en el tratamiento Trt1 se pudo diferenciar con claridad la etapa de maduración. A lo largo de la etapa termófila, los tratamientos Trt1 y Trt3, con mayor aporte de carbono 25/1 a 30/1 (C/N), alcanzaron las temperaturas más elevadas por encima de los 60°C salvaguardando la sanitización del compost útil para la reducción de microorganismos patógenos.

Referencias bibliográficas

- | | |
|--|--|
| <p>Alkoaik, F. N. (2019). Integrating aeration and rotation processes to accelerate composting of agricultural residues. <i>PloS one</i>, 14(7), e0220343.</p> <p>Castañeda, S., & Rodriguez, J. P. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.</p> | <p>Escobar, F., Sánchez, J., & Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. <i>Acta Nova</i>, 5(3), 390-410.</p> <p>Guerrero, K. S. (2013). Diseño, construcción y operación de una compostera doméstica para el tratamiento de residuos sólidos</p> |
|--|--|

- orgánicos de la ciudad de Quito. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de ciencias de la Vida, Ingeniería de Biotecnología.
- Huenchuan, S. & Rivera, E. (2019). Experiencias y prioridades para incluir a las personas mayores en la implementación y seguimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
- Semarnat (2006). Manual de compostaje municipal: tratamiento de residuos sólidos urbanos. México: secretaria de medio ambiente y recursos naturales de México, Instituto de Ecología (INE) de México.
- Sturzenegger, G. (2014). BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Recuperado el mayo de 2020, de <https://blogs.iadb.org/agua/es/sabes-cuanta-basura-generas-en-undia/>
- Sáez, A., Urdaneta G. & Joheni A, (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe Omnia, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 121-135 Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Sun, W., Huang, G.H., Zeng, G., Qin, X., Yu, H., (2011). Quantitative effects of composting state variables on C/N ratio through GA-aided multivariate analysis. Sci. Total Environ. 409, 1243–1254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.023>.
- Tchobanoglous, G. (2002). Handbook of solid waste management. New York: McGraw-Hill. United States.

Evaluación de la temperatura corporal en sistemas de producción ovina en el Centro de Formación Agroindustrial

Body temperature evaluation in sheep production systems at the *Centro de Formación Agroindustrial*

Claudio Mauricio Navas, Sofía Imelda Mora Lamilla, Laura Constanza Rojas Basto, Diego Orlando Grisales Cabrera, David Saavedra Mora

Servicio Nacional de Aprendizaje
SENA - Regional Huila

Centro de Formación
Agroindustrial - SENNOVA
- Grupo de Investigación
Agroindustrial

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar y comparar la temperatura corporal de los ovinos en dos hábitat diferentes: en ambiente con arreglo silvopastoril con árboles dispersos (CS) y en pradera convencional (SS), establecidos en el Centro de Formación Agroindustrial. Se organizaron dos grupos de ovinos, cada uno con un ejemplar de la raza Santa Inés y otro de la raza Katahdin. Las variables registradas para medir las condiciones ambientales fueron la temperatura atmosférica ($T_a^{\circ}\text{C}$) y la humedad relativa (% HR), y en los ovinos la temperatura corporal vía rectal ($Tr^{\circ}\text{C}$). Los datos fueron analizados de manera descriptiva considerando la relación entre los dos ambientes, encontrando que los ovinos en condiciones SS alcanzaron la temperatura corporal interna más alta (39.53°C), afectada directamente por la temperatura ambiental (33.38°C), pero al mismo tiempo presentaron autorregulación térmica, como se puede evidenciar al comparar con los valores de CS. El estudio concluye que la presencia de sombra dentro de los sistemas productivos en ovinos mejora las respuestas del confort animal en la temperatura corporal.

Palabras clave:

Confort animal, estrés calórico, ovinos, temperatura ambiental

Abstract

The objective of this study is to evaluate and compare the body temperature of sheep in two different habitats: in an environment with a silvopastoral arrangement with scattered trees (CS) and in a conventional pasture (SS), established in the *Centro de Formación Agroindustrial*. Two groups of sheep were organized, each one with a specimen of the Santa Inés breed and another of the Katahdin breed. The variables recorded to measure environmental conditions were atmospheric temperature ($T_a^{\circ}\text{C}$) and relative humidity (% RH), and rectal body temperature ($Tr^{\circ}\text{C}$) in sheep. The data were descriptively analyzed considering the relationship between the two environments, finding that the sheep in SS conditions reached the highest internal body temperature (39.53°C), directly affected by the environmental temperature (33.38°C), but at the same time presented thermal self-regulation, as can be seen when comparing with CS values. The study concludes that the presence of shade within the productive systems in sheep improves the responses of animal comfort in body temperature.

Keywords:

Animal comfort, heat stress, sheep, environmental temperature

Introducción

El desarrollo de la ganadería ovina se ha convertido en una alternativa viable para el desarrollo sustentable y sostenible de los pequeños productores, gracias a que esta especie tiene bajos niveles de selectividad de alimento, los costos de producción son bajos en comparación de la ganadería bovina y presenta alta adaptación a condiciones ambientales. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (2020), en Colombia la población ovina es de 1.682.767 animales y el departamento del Huila cuenta con 12.950 cabezas de este ganado.

Los ovinos de pelo han demostrado ampliamente su habilidad para crecer y reproducirse en escenarios de elevada temperatura y poca disponibilidad de forrajes (condiciones producidas en ocasiones por el cambio climático). La adaptación a estas condiciones ambientales está dada por una compleja interacción entre sus mecanismos de termorregulación y la presencia de factores genéticos, lo que les confiere plasticidad fisiológica a la respiración, frecuencia cardíaca y temperatura corporal, permitiendo la tolerancia a temperaturas extremas (Queiroz et al., 2015) mediante el proceso de homeotermia, sin afectar drásticamente su productividad (Vega-Pérez et al., 2020).

Los ovinos criollos gracias a su constitución genética cuentan con un sistema inmune muy resistente que les permite sobrevivir a plagas y enfermedades de distintas etiologías en comparación con otras razas exóticas o introducidas (Núñez et al., 2016).

Una de las principales enfermedades que afecta a pequeños rumiantes, es el parasitismo gastrointestinal, debido especialmente a la temperatura y humedad ambiental, las cuales permiten el desarrollo de larvas infectantes en diferentes pisos térmicos (Alvarado, 2007),

afectando directamente el estado de salud de los ovinos y por ende el sistema productivo.

El presente estudio pretende evaluar el impacto de las condiciones medioambientales sobre la temperatura corporal en el ganado ovino en un bosque seco tropical (Bs-T), bajo sombra y a plena exposición.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, en el municipio de Campoalegre, Huila, (Colombia) ubicado a 2° 40' 30.2" N y 75° 21' 24.6" W, con altura de 533 msnm, temperatura promedio de 25.6°C, humedad relativa promedio de 68%, precipitación media anual 1.370 mm y brillo solar de 1.679 horas/año, que corresponde a una zona de Bs-T.

La evaluación de las constantes fisiológicas de los ovinos se realizó mediante la metodología modificada propuesta por López et al. (2015), realizando un diseño experimental en dos ambientes: uno en arreglo silvopastoril con árboles dispersos y otro en una pradera convencional (Figura 1). Para cada ambiente fueron seleccionados dos ovinos de las razas Santa Inés y Katahdin, con peso promedio de 20 Kg.



a)



b)

Figura 1. a) Sistema rotacional con árboles disperso en potrero, b) Pradera tradicional, Centro de Formación Agroindustrial

Las variables ambientales evaluadas fueron temperatura atmosférica ($T_a^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%HR) con termómetro digital. La constante fisiológica evaluada en los ovinos fue la temperatura corporal ($T_r^{\circ}\text{C}$) mediante termómetro de mercurio vía rectal. Los datos se tomaron en tres momentos: 8:00 am, 12:00 m y 3:00 pm, durante 30 días. Se realizó un análisis descriptivo de los datos, donde se determinó la media general y el error estándar empleando el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2018)

Resultados y discusión

Los ejemplares en condiciones de CS, fueron afectados por la HR (%) y los ejemplares evaluados en SS alcanzaron los rangos más altos de temperatura rectal (T_r), influenciada directamente por la temperatura ambiente (T_a) y la condición a plena exposición (Tabla 1). En cuanto a la T_r ($^{\circ}\text{C}$), se presentó una fluctuación entre 39.15°C a 39.74°C (que se encuentra dentro de los rangos normales) debido a que

las ovejas de pelo mantienen condiciones de normotermia durante periodos de verano cálido y a que sus mecanismos adaptativos fisiológicos le permiten la pérdida de calor corporal a través de la piel durante las horas menos cálidas (Macías et al., 2016). La T_r se utilizó en este estudio porque es la variable que mejor explica la temperatura interna del animal, y al incrementarse en valores por encima de 39.9°C se puede considerar como una respuesta generada por estrés calórico (Marai et al., 2007).

Por otra parte, La T_a ($^{\circ}\text{C}$) mínima presentada en ambos ambientes fue de 29.73°C y la máxima de 36°C , siendo valores superiores a lo reportado por Baêta & Souza (2010) como zona de confort térmica para los ovinos (entre 15 y 30°C). Esto permite afirmar que los especímenes estuvieron de manera general en condiciones de estrés calórico que, según Macías et al., (2016) y Macías et al. (2018), puede generar una ligera disminución en el consumo de alimento y el estado corporal.

Tabla 1. Valores medios $\pm$ error estándar (EE) de las condiciones de temperatura interna de los ovinos (T.I) y de las condiciones atmosféricas (humedad relativa del aire HR), temperatura atmosférica (Ta), en dos sistemas de acondicionamiento y distintas horas del día (horas oficiales UTC/GMT-5:00). Los sistemas de acondicionamiento corresponden a un sistema silvopastoril con árboles dispersos (CS) y una pradera convencional (SS).

Hora	Tipo Exposición	Individuo	Tr (° C)		Ta (° C)		H.R (%)	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE
8:00 a. m.	SS	11B	39.15	$\pm$ 0.20	31.26	$\pm$ 1.29	61.29	$\pm$ 4.62
		13B	39.34	$\pm$ 0.17	31.26	$\pm$ 1.29	61.29	$\pm$ 4.62
	CS	15B	39.19	$\pm$ 0.25	29.73	$\pm$ 1.14	69.86	$\pm$ 2.52
		5836	39.30	$\pm$ 0.16	29.73	$\pm$ 1.14	69.86	$\pm$ 2.52
12:00 p. m.	SS	11B	39.66	$\pm$ 0.16	32.74	$\pm$ 0.89	55.62	$\pm$ 3.97
		13B	39.66	$\pm$ 0.15	32.74	$\pm$ 0.89	55.62	$\pm$ 3.97
	CS	15B	39.52	$\pm$ 0.13	30.75	$\pm$ 0.71	60.83	$\pm$ 3.30
		5836	39.48	$\pm$ 0.17	30.75	$\pm$ 0.71	60.83	$\pm$ 3.30
3:00 p. m.	SS	11B	39.58	$\pm$ 0.16	36.00	$\pm$ 0.92	54.60	$\pm$ 2.35
		13B	39.74	$\pm$ 0.17	36.00	$\pm$ 0.92	54.60	$\pm$ 2.35
	CS	15B	39.31	$\pm$ 0.17	33.40	$\pm$ 1.09	57.02	$\pm$ 2.35
		5836	39.50	$\pm$ 0.21	33.40	$\pm$ 1.09	57.02	$\pm$ 2.35

H.R humedad relativa; Ta. Temperatura atmosférica; Tr Temperatura corporal vía rectal

Fuente: Elaboración propia.

La relación existente entre Tr, Ta y HR muestra variaciones muy sensibles en la Tr al incrementarse la HR y disminuir Ta, situación que en condiciones fisiológicas normales reporta variaciones de Tr entre 38.5°C a 40°C, es decir, de 1.5°C. Se ha visto en estudios similares que, utilizando lona para producir sombra a los ovinos, los incrementos en Ta y HR indicaron que el material de la cubierta favoreció la acumulación de humedad, elevando la temperatura durante la fase experimental (López et al., 2015).

El estado general de la Unidad Ovina del Centro de Formación Agroindustrial, evidencia la diferencia de los valores promedios de Ta presente bajo sombra arbustiva (CS) y a plena

exposición (SS) (Figura 2). Los valores de Ta en los dos ambientes evaluados, mostraron una diferencia de 2°C, similar al estudio realizado por Navas (2010), quien afirma que bajo la cobertura arbórea se reduce entre 2 y 9°C la temperatura con relación a las áreas de potrero abierto, donde los arreglos de árboles dispersos y las especies con copa densa son las especies que tienen mayor efecto. Entre tanto, el promedio de Tr no tuvo una variación significativa, lo cual demuestra el efecto de termorregulación de los individuos evaluados.

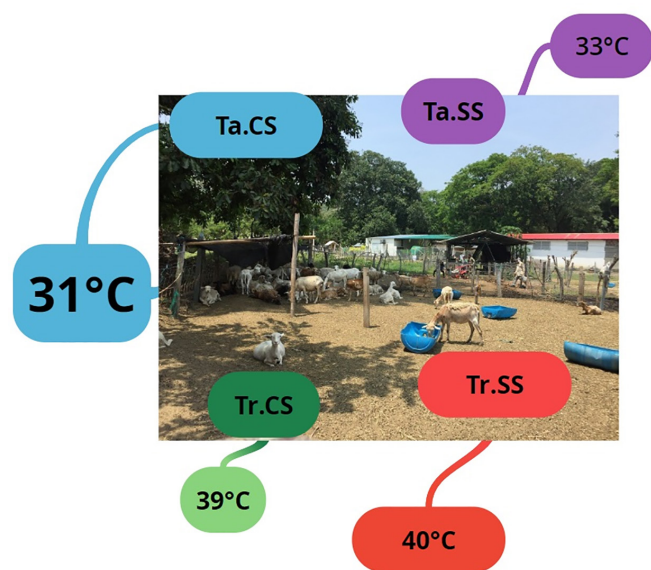


Figura 2. Valores de temperatura ambiente bajo sombra (Ta.CS) y sin sombra (Ta.SS); y valores de temperatura rectal en ambos escenarios (Tr°. CS-Tr°.SS).

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Las ovejas se caracterizan por poseer unos adecuados mecanismos fisiológicos

que les otorgan la capacidad de regular su temperatura bajo condiciones de bosque seco tropical. Los productores podrían implementar estrategias como sistemas silvopastoriles que permitan generar confort animal mejorando las condiciones de bienestar, para así obtener un mejor rendimiento productivo y forraje disponible durante las épocas secas.

Las constantes fisiológicas de los ovinos es un tema interesante y prometedor para futuros proyectos de investigación. Registrar datos como frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, pulso y temperatura corporal externa, relacionados con otras variables como ganancia de peso y pruebas de laboratorio (química sanguínea y pruebas de inmunidad), así como la inclusión de factores ambientales como radiación solar, precipitación y ajuste del tamaño de la muestra y la homogeneidad, ayudaría a los investigadores y productores a tener más información para la toma de decisiones en un hato ovino de pequeña escala.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, R. G. (2007). Recuento de huevos de parásitos gastrointestinales y medición de peso corporal en ovinos tratados con antiparasitario en tres zonas agroclimáticas de la región de Magallanes. Universidad de Magallanes.
- Baêta, F. C. & Souza, C. (2010). *Ambiência em edificações rurais: conforto ambiental*. Viçosa, Brasil: Editora UFV.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2018). InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Instituto Colombiano Agropecuario (2020). Tabla de población ovina por municipio y por departamento 2020. Equinos-Caprinos-Ovinos-CENSOS-2020 [Excel]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>
- López, R., Pinto-Santini, L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, I., Chacón, T. & de Álvarez, L. R. (2015). Confort térmico y crecimiento de

- corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial. *Archivos de zootecnia*, 64(246), 139-146.
- Macías, C.U., Gastélum, M. A., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Chay-Canul, A. & Arechiga, C. F. (2018). Variaciones en las respuestas termorregulatorias de ovejas de pelo durante los meses de verano en un clima desértico. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(4), 738-753.
- Macías-Cruz, U., López-Baca, M.A, Vicente, R., Mejía, A., Álvarez, F.D. & Correa-Calderón, A. (2016). Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs. summer) on *physiological*, *Int J Biometeorol*, 60(8):1279-1286.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A. & Abdel-Hafez, M. A. M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-a review. *Small ruminant research*, 71(1-3), 1-12.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de medicina veterinaria* (19), 113-121.
- Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., Saavedra-Jiménez, L. A. & García-Muñiz, J. G. (2016). La adaptabilidad de los recursos zoogenéticos Criollos, base para enfrentar los desafíos de la producción animal. *Archivos de zootecnia*, 65(251), 461-468.
- Pérez, R. V., Macías Cruz, U., Avendaño Reyes, L., Correa-Calderón, A., López Baca, M. D. L. Á. & Lara Rivera, A. L. (2020). Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 205-222.
- Queiroz, E. O., Macedo, F., Barbosa, O. R., Zancanela, V., Mora, N. H. A. P., & Baliscei, M. A. (2015). Physiological parameters and performance of Santa Inês sheep and Dorper lambs 1/2-Santa Ines in summer and winter season. *Revista Brasileira de Saude e Produção Animal*, 16(1), 199-209.
- Vega-Pérez, C. A. (2017). Prácticas ganaderas en sistemas de producción de ovinos: Desafíos para el mejoramiento de la competitividad del sector en Colombia. *Departamento de Ciencias para la Producción Animal*.

Prevalencia De Staphylococcus Aureus En Mastitis Bovina. Municipio De Campoalegre – Huila

Prevalence Of Staphylococcus Aureus In Bovine Mastitis. Municipality Of Campoalegre - Huila

Sergio Falla Tapias⁽¹⁾, Eduardo Muñoz Collazos⁽²⁾, Gustavo Adolfo Trujillo Lancheros⁽³⁾, Luceni Muñoz Bermeo⁽⁴⁾

⁽¹⁾Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA
Grupo de Investigación Kyrón
sergio_3618@hotmail.es

⁽²⁾ Médico Veterinario
Zootecnista
Cadena Ganadera Productiva
Carne y Leche
Secretaría Departamental de
Agricultura y Minería
Gobernación del Huila

⁽³⁾ Médico Veterinario
Zootecnista
Federación Colombiana de
Ganaderos - FEDEGAN

⁽⁴⁾ Dirección Ejecutiva
Comité de Ganaderos del Huila

Resumen

La mastitis bovina es una enfermedad infecto-contagiosa de la glándula mamaria que produce inflamación como respuesta a la invasión, a través del canal del pezón por diferentes tipos de bacterias. Uno de los agentes patógenos infecciosos que induce mastitis más severa en la vaca es el *Staphylococcus aureus*, responsable de más del 90 % de los casos clínicos y subclínicos. Esta bacteria grampositiva es de difícil control debido a la ausencia de Buenas Prácticas Ganaderas BPG en algunas fincas. Este artículo presenta los resultados de un proyecto en el que se calculó prevalencia de *Staphylococcus aureus* por el método de PCR a 150 vacas con manifestaciones clínicas, pertenecientes a cuatro hatos ganaderos especializados en lechería del municipio de Campoalegre-Huila. El resultado de la prevalencia arrojó 129 casos positivos a la bacteria, es decir, el 86 % del total de la muestra. El artículo concluye que la identificación oportuna de la bacteria en las fincas ganaderas permite realizar un tratamiento de la mastitis a tiempo, con el antibiótico específico para el patógeno, logrando la disminución de la enfermedad y aumentando la calidad y cantidad de leche.

Palabras clave:

Bacteria, calidad, leche, patógeno.

Abstract

Bovine mastitis is an infectious-contagious disease of the mammary gland that produces inflammation in response to invasion through the nipple canal by different types of bacteria. One of the infectious pathogens that induces the most severe mastitis in cows is *Staphylococcus aureus*, responsible for more than 90% of clinical and subclinical cases. This gram-positive bacteria is difficult to control due to the absence of Good Livestock Practices BPG on some farms. This article presents the results of a project in which the prevalence of *Staphylococcus aureus* was calculated by the PCR method in 150 cows with clinical manifestations, belonging to four cattle herds specialized in dairy in the municipality of Campoalegre-Huila. The prevalence result yielded 129 positive cases for the bacteria, that is, 86% of the total sample. The article concludes that the timely identification of the bacteria in livestock farms allows a treatment of mastitis in time, with the specific antibiotic for the pathogen, achieving a decrease in the disease and increasing the quality and quantity of milk.

Keywords:

Bacteria, quality, milk, pathogen.

Introducción

La mastitis bovina se puede identificar gracias a la presencia de cinco síntomas característicos: Eritema, calor, hinchazón, dolor y pérdida funcional de la glándula mamaria de la vaca. Es la enfermedad infecto-contagiosa más costosa y común del ganado lechero y se adecua de forma endémica en distintos lugares del planeta (Philpot et al., 2001) (Calderón et al., 2008). Las mastitis contagiosas son producidas por la bacteria *Staphylococcus aureus* (Philpot et al., 2001). Existen varios tipos de mastitis provocadas por la bacteria *S. agalactiae* que son de fácil manejo y se pueden mitigar en la finca (Keefe et al., 2010). Sin embargo, las mastitis producidas por *S. aureus* son tratadas con antibióticos a través de un procedimiento mucho más agresivo debido a su gran resistencia antimicrobiana (Russi et al., 2008) (San Martín et al., 2002) ocasionada por la facilidad con la que produce biopelícula (Cucarella et al., 2001). La infección del *S. aureus* se refiere a su adhesión intercelular (Cucarella et al., 2001) y su desarrollo abarca las células epiteliales y fagos de la ubre de la vaca (Cucarella et al., 2001) (Melchior et al., 2006). De igual forma, esta infección llega a desarrollar en algunos casos fibrosis y micro-abscesos que limitan la entrada de agentes bactericidas y bacteriostáticos (Loeza et al., 2010). Este conjunto de síntomas puede generar mastitis crónicas periódicas y, cuando son agudas, suelen aparecer recaídas después de efectuar tratamiento (Sharma et al., 2010). La prevención, diagnóstico y tratamiento adecuados de la bacteria *S. aureus* resulta de gran importancia dentro del plan de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) en las fincas especializadas en lechería. Estos procesos involucran el análisis de las prácticas de ordeño, corrigiendo el uso de preselladores y selladores, enfatizando en el uso de guantes adecuados

para el ordeño por parte del mayordomo o del personal encargado del procedimiento (Keefe et al., 2010), al tiempo que se planifique el orden de los bovinos para el ordeño, dejando de últimas las que presenten un diagnóstico positivo a *S. aureus*, planteando la opción de descartarlas de la finca.

La mastitis es una de las patologías más costosas en la industria pecuaria porque ocasiona pérdida de leche, gastos en medicamentos y servicios veterinarios, y la reducción del tiempo de vida productiva de los animales (Koskinen et al., 2009).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Esta investigación fue desarrollada en fincas del municipio de Campoalegre-Huila, vereda Llano Sur, ubicadas a 525 M.S.N.M., con temperatura promedio de 28 °C, precipitación de 113 mm., humedad relativa promedio de 77%, con zona de vida bosque seco tropical. La locación está ubicada entre 2°31' y 2° 47' latitud norte, y entre 75°12' y 75°26' de longitud oeste, según las coordenadas geográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Protocolo a desarrollar

Para medir la sensibilidad y la especificidad de la PCR para el *S. aureus* en muestras de leche provenientes de vacas de las diferentes fincas de Campoalegre-Huila, se tomaron dos muestras de leche por vaca en una muestra de 150 vacas. Es decir, se tomaron 150 muestras de leche, con dos observaciones cada una, tales que ambas muestras provienen de los mismos 150 especímenes y cada espécimen participa solo una vez en cada muestra. La primera muestra se utilizó para el cultivo y aislamiento, en agar sangre y la tipificación con pruebas bioquímicas: Catalasa positiva, coagulasa positiva, oxidasa negativa, y prueba de descarboxilación de la ornitina

negativa. La segunda muestra se utilizó para el diagnóstico molecular por PCR. La extracción del DNA de las muestras recolectadas de leche se realizó a través el kit de DNeasy® Tissue de QIAGEN. La guía de columnas a partir de tejidos celulares fue elaborada según las instrucciones descritas por el fabricante.

El protocolo de PCR desarrollado por Cremonesi et al. (2006), amplifica una región específica del genoma del DNA que corresponde al gen 16S rRNA. Fueron utilizadas las siguientes secuencias de nucleótidos como cebadores: F 5' AGC TGT GGA TTG TCC TTT GG 3' y R 5' TCG CTC GCT CAC CTT AGA A 3' para obtener un amplificado de 499 pb.

El volumen final de la PCR fue de 25 µL que contenía 200 ng de DNA extraído, buffer 1X, MgCl₂ 1.5 mM, 1U de Taq polimerasa Fermentas®, dNTPS 0,2 mM, cebadores 0.25 µM. La metodología se ejecutó en un termociclador Veriti 96-ell. Las condiciones para la PCR fueron 5 minutos de precalentamiento a 96°C., seguido de 34 ciclos compuestos de un minuto de desnaturalización a 96°C., un minuto de anillamiento de los cebadores a 55°C., un minuto de extensión a 74°C. y una extensión final de diez minutos a 74°C.

Las verificaciones de los resultados de la PCR fueron visualizadas en gel de agarosa al 2%, teñido con 0.3 µg/ml de bromuro de etidio, corrido a 120 voltios durante 30 minutos y visualizado bajo luz ultravioleta. Se utilizó un marcador de peso molecular de 50 pb del Laboratorio Molecular Bio Laboratory®.

La metodología estadística implementada fue un doble ciego a través de una tabla de contingencia de 2 x 2, verificando los resultados de la prueba de cultivo microbiológico (como prueba fundamental) con los resultados de la PCR. Para el análisis de sensibilidad y especificidad se empleó el programa SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las 150 vacas estudiadas, afectadas con mastitis y cultivadas, se obtuvo crecimiento microbiológico en 98 de ellas con la bacteria *Staphylococcus* (Tabla 1). La prevalencia de *Staphylococcus aureus* arrojó 129 casos positivos que representan un porcentaje del 86 % de la muestra.

Tabla 1. Cantidad de muestras de leche recolectadas en hatos de Campoalegre- Huila, con mastitis clínica que amplificaron el fragmento de 499 pb. por PCR, comparadas con el resultado del cultivo microbiológico de *Staphylococcus*.

PCR	Cultivo microbiológico		
	Crecimiento de <i>Staphylococcus</i>	Sin crecimiento	Total
AMPLIFICA	98	31	129
NO AMPLIFICA	1	20	21
TOTAL	99	51	150

La Figura 1 presenta la interfaz del marcador de peso molecular verificando la amplificación de las cepas de *S. aureus*. Además, se puede observar el marcador de peso molecular, el control negativo, la cepa ATCCC 29213, y las muestras a analizar. Todas las muestras amplificaron el fragmento de 499 pb con el cebador F 5' AGC TGT GGA TTG TCC TTT GG 3' y R 5' TCG CTC GCT CAC CTT AGA A 3'. A continuación, una foto de un gel con 10 muestras de DNA extraído de las leches de bovinos con signos clínicos de mastitis.

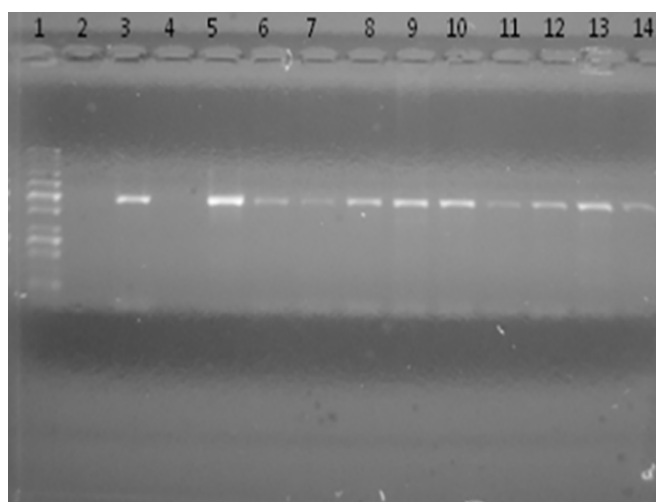


Figura 1. El carril 1 muestra el marcador de peso molecular de 50 pb de Molecular Bio Laboratory® (rango molecular 50-1000 bp). El carril 2 muestra el control negativo que es mezcla para PCR sin DNA. El carril 3 contiene productos de 499 pb amplificado, de las cepas ATCC 29213. El carril 4 sin muestra. Los carriles 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14 son cepas de *S. aureus* aisladas e identificadas por cultivo microbiológico de muestras de leche de vacas con signos clínicos de mastitis.

La técnica de extracción del DNA de muestras de leche, usando el kit de DNeasy® Tissue de Qiagen, contribuye a producir DNA de buena calidad que logra amplificar la banda esperada sin inconvenientes. Ercolini et al. (2004) afirman que, previo al proceso de extracción de DNA, debería fortalecerse la muestra de leche con una preincubación para elevar la unidad formadora de colonias.

Además proponen una extracción eficiente del DNA a través de la metodología de fenol-cloroformo (Cremonesi et al., 2006) (Poutou et al., 2005). En la presente investigación, la metodología de extracción de DNA utilizada fue determinante en el posterior análisis. Una de las conclusiones es que los cebadores en cepas de cultivo puro tienen un 98% o 99% de amplificación.

Abu et al. (1998) demostraron que la PCR es una forma eficiente de identificación de bacterias, pero resulta determinante si a la par se realizan cultivos microbiológicos de la especie a identificar. Los resultados obtenidos en la investigación demuestran la existencia de alta especificidad en concordancia con otros trabajos (Ramesh et al., 2002).

La identificación oportuna de bacterias en fincas ganaderas contribuye a un tratamiento oportuno de la mastitis a través del antibiótico específico para el patógeno. En última instancia esto repercute en la salud y productividad de los bovinos en la finca.

Finalmente, este estudio encuentra necesaria la inversión de más recursos y esfuerzo en investigación que ayuden a identificar la prevalencia de la enfermedad ocasionada por el incumplimiento de las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), ya que este es un factor de riesgo que podría estar afectando significativamente la calidad de los productos lácteos en la región.

Referencias Bibliográficas

Abu, AS., Radstrom (1998), P. Capacity of nine thermostable DNA polymerases to mediate DNA amplification in the presence of PCR-inhibiting samples. *Applied and Environmental Microbiology*; 64:3748-3753.

Cremonesi, P., Castiglioni, B., Malferrari, G., Biunno, I., Vimercati, C., Moroni, P., et al. (2006) Technical Note: Improved Method for Rapid DNA Extraction of Mastitis Pathogens Directly from Milk. *Journal of Dairy Science*; 89(1):163-169.

- Cucarella, C., Solano, C., Valle, J., Amorena, B., Lasa, I., Penadés, JR. Bap (2001). A Staphylococcus aureus surface protein involved in biofilm formation. Journal of Bacteriology; 183(9):2888-2896.
- Ercolini, D., Blaiotta, G., Fusco, V., Coppola, S (2004). PCR-based detection of enterotoxigenic Staphylococcus aureus in the early stages of raw milk cheese making. Journal of Applied Microbiology; 96(5):1090-1096.
- Keefe, TM., Ceballos, A., Jaramillo, M., Londoño, M., Chaffer, M., Montoya, M. (2010) Prevalencia del Streptococcus agalactiae en tanques de enfriamiento de la Cooperativa COLANTA. En: VII Seminario Internacional Competitividad Carne y Leche. COLANTA ed. Medellín octubre 21, 22,. Vol. 1, p. 53.
- Koskinen, M., Holopainen, J., Pyörälä, S., Bredbacka, P., Pitkälä, A., Barkema, H., et al. (2009) Analytical specificity and sensitivity of a real-time polymerase chain reaction assay for identification of bovine mastitis pathogens. Journal of Dairy Science; 92(3):952-959.
- Loeza-Angeles, H., López-Meza, JE., Ochoa, A. (2010) Efecto del medio condicionado de células endoteliales que expresan el péptido antimicrobiano tionina Thi2.1 de Arabidopsis thaliana sobre aislamientos de Staphylococcus aureus. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas; 41(2):36-41.
- Melchior, M., Vaarkamp, H., Fink-Gremmels, J. (2006) Biofilms: A role in recurrent mastitis infections? The Veterinary Journal; 171(3):398-407.
- Philpot, WN., Nickerson, SC. (2001a) Ganando la lucha contra la mastitis. Naperville, USA.
- Philpot, WN. (2001b) Relación entre el manejo del hato y la mastitis. <http://www.cnmweb.bizland.com/publicaciones/DrPhilpot1.,3,2003>.
- Poutou, R., Burbano, M., Sierra, S., Torres, K., Carrascal, A., Mercado, M. (2005) Estandarización de la extracción de ADN y validación de la PCR múltiple para detectar Listeria monocytogenes en queso, leche, carne de res y pollo. Pontificia Universidad Javeriana: Revista de la Facultad de Ciencias; 10(2):61-78. 51 Evaluación de la sensibilidad y especificidad del diagnóstico molecular del staphylococcus aureus.
- Ramesh, A., Padmapriya, B., Chrashekar, A., Varadaraj, M. (2002) Application of a convenient DNA extraction method and multiplex PCR for the direct detection of Staphylococcus aureus and Yersinia enterocolitica in milk samples. Molecular and Cellular Probes; 16:307-314.
- Russi, NB., Bantar, C., Calvino, LF. (2008) Antimicrobial susceptibility of Staphylococcus aureus causing bovine mastitis in Argentine dairy herds. Revista Argentina de Microbiología; 40(2):116-119.
- San Martín, B., Kruze, J., Morales, M., Agüero, H., León, B., Espinoza, S. et al. (2002) Resistencia bacteriana en cepas patógenas aisladas de mastitis en vacas lecheras de la V Región, Región Metropolitana y X Región, Chile. Archivos de Medicina Veterinaria; 34:221-234.
- Sharma, N., Pandey, V., Sudhan, N. (2010) Comparison of some indirect screening tests for detection of subclinical mastitis in dairy cows. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine; 13(2):98-103.

Estudio De Afectación De Abejas En Un Apiario Por Extracción De Apitoxina Monitoreado Por Sistema Automatizado De Medición De Variables.

Nicolás Silva y Rodrigo Rocancio

Apisred SAS
apisredsas@gmail.com

Resumen:

La presente investigación busca evaluar los resultados de una metodología de extracción de apitoxina que sea más amigable con el medio ambiente y proteja el número de abejas presentes en las colmenas de las granjas apícolas. La importancia de esta investigación reside en la creciente preocupación social por la preservación de la población de abejas para la preservación del ecosistema. La metodología de estudio consistió en evaluar 3 grupos de colmenas experimentales y 1 grupo de control, sobre los cuales se evaluó el efecto que las trampas de apitoxina tienen sobre la población de las colmenas, procurando aislar los efectos provocados por variables ambientales.

Palabras Clave:

Extracción de apitoxina, monitoreo de colmenas, diversificación en Apicultura.

Abstract:

This research seeks to evaluate the results of an apitoxin extraction methodology that is more friendly to the environment and protects the number of bees present in the hives of beekeeping farms. The importance of this research lies in the growing social concern for the preservation of the bee population for the preservation of the ecosystem. The study methodology consisted of evaluating 3 groups of experimental hives and 1 control group, on which the effect that the apitoxin traps have on the population of the hives was evaluated, trying to isolate the effects caused by environmental variables.

Keywords:

Apitoxin extraction, beehive monitoring, diversification in Beekeeping.

1- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe un considerable incremento del interés por el uso de productos naturales en diversas aplicaciones, los productos derivados de la apicultura están entre los más demandados y son reconocidos como promotores de un óptimo estado de salud así como por las externalidades positivas que producen sobre el medio ambiente (Boukraâ, 2013). La importancia las abejas como garantes del equilibrio de la biodiversidad tanto vegetal como animal ha recibido enorme publicidad en documentales, noticias, etc. y ha sido tema de numerosos artículos científicos alrededor del mundo.

La apitoxina es una mezcla compleja de compuestos químicos como enzimas, lípidos, aminoácidos, carbohidratos y péptidos que ha sido reconocida en los últimos años por sus propiedades útiles en medicina (desde beneficios como componente antiinflamatorio hasta aportes en el tratamiento de enfermedades como artritis, esclerosis lateral amiotrófica y Parkinson) (Camila G. Dantas, 2014), cosmética (para la reducción de arrugas faciales) (Han SM, 2015) y el sector alimenticio (como aditivo antioxidante) (Sobral, 2016). La extracción y aprovechamiento comercial de este compuesto en Colombia es aún incipiente a causa del desconocimiento de su potencial, metodología de extracción, y la limitada mecanización y tecnificación del sector apícola (Laverde, 2010).

Dado que el bienestar de las abejas debe ser garantizado para mantener el equilibrio de la biodiversidad y el sustento de apicultores, sin olvidar por supuesto el tratamiento ético que merece la vida en su conjunto, y que la extracción de apitoxina modifica sustancialmente los hábitos normales de las abejas, es necesario conocer adecuadamente el efecto que la extracción de apitoxina puede

provocar sobre las abejas, por ejemplo en variables como el tamaño de su población en apiarios donde se implementa esta práctica.

Apisred, una empresa del departamento del Huila, Colombia, que cuenta con más de 7 años de experiencia en la extracción de miel así como de apitoxina y sus derivados, que además ha logrado procesos satisfactorios de innovación en técnicas y prácticas para mejorar el desempeño de sus abejas (Semana, 2016), implementó un sistema de monitoreo de variables ambiente en 12 colmenas sobre las cuales midió humedad, temperatura, monitoreo de la actividad diaria de las abejas (número de abejas que entran y salen en los diferentes apiarios), para estudiar con estos datos el impacto que la actividad de extracción de apitoxina mediante trampas tiene sobre el tamaño de las colmenas de abejas en las cuales se realiza dicha práctica.

2- METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo de alcance descriptivo con diseño experimental puro de tipo cuasi-experimental. Se evaluaron 3 grupos de colmenas experimentales y 1 grupo de control. Todos los grupos estuvieron ubicados en la misma zona con condiciones muy similares, colmenas nuevas, igual tipo de colmena, y el mismo sistema de monitoreo, sin ninguna condición física diferente entre ellas. Una vez se instalaron las colmenas se dispuso de un periodo de dos meses para garantizar que ninguna de las colmenas sufriera alguna disminución de la población de abejas por alguna eventualidad ambiental o de salud de las abejas. Posteriormente, se realizó la extracción de la apitoxina mediante el uso de trampas de apitoxina a 9 colmenas, y se monitorearon por 4 meses las 12 colmenas. Finalmente, se compararon las colmenas para determinar si existe una disminución considerable de la

población de abejas en los grupos de colmenas experimentales en comparación del grupo de colmenas de control.

3- MATERIALES Y METODOS

VARIABLES

- **Población de abejas por colmena:** La población de abejas de las colmenas son la variable dependiente de la investigación. Es representada por la actividad diaria de las abejas en una colmena contando el número de abejas que salen y entran en cada una de ellas en el transcurso del día.
- **Implementación de extracción de apitoxina con trampas:** La implementación de trampas de apitoxina en las diferentes colmenas experimentales es la variable independiente de la investigación. Para ello se utilizan 9 colmenas experimentales y 3 de control que permiten medir el impacto de la variable dependiente sobre la independiente.

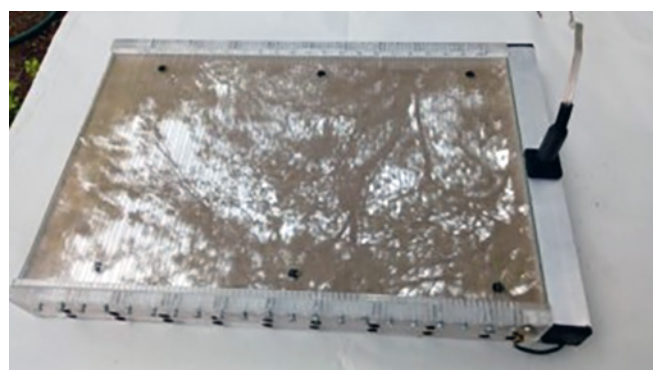
UBICACIÓN DE LAS COLMENAS

El apiario tecnificado, propiedad de Apisred, se encuentra ubicado en la vereda Otás del municipio de Campoalegre, Huila, a 30 kilómetros de la ciudad de Neiva con una temperatura promedio de 25 °C y con clima soleado la mayor parte del año, sin generadores de ruidos o vibraciones por maquinaria e industrias que pudieran afectar el comportamiento de las abejas y sin tránsito de ganado o animales de granja. Las colmenas se encuentran ubicadas a más de 30 metros de la casa principal de la finca y los trabajadores del apiario solo se acercan a las colmenas exclusivamente para trabajos apícolas. No existe tránsito normal de personal en los alrededores de la ubicación de las colmenas.

PERIODO DE MUESTREO

La activación de las trampas de apitoxina se realiza máximo cada 15 días, garantizando previamente que la temperatura ambiente no supere el promedio de 35°C, ni que el clima sea lluvioso o nublado. Se realizaron 4 extracciones entre el 15 de agosto de 2019 y el 27 de octubre de 2019.

TÉCNICA DE EXTRACCIÓN



La técnica de extracción fue realizada a través de una trampa de apitoxina. Esta trampa realiza la recolección de apitoxina por medio un estímulo eléctrico sobre las abejas que las incitar a aguijonear, depositando el veneno en un lugar desde donde puede cosecharse.

INTERPRETACIÓN DE DATOS

El sistema de monitoreo de variable ambiente de las colmenas fue utilizado para verificar la población de abejas en una colmena mediante la medición del número de abejas que entran y salen de cada una de ellas debido a que el

número de abejas es afectado por la variación de la temperatura, la humedad y la activación de las trampas de apitoxina.

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de medición no se encontró una relación significativa entre la temperatura y la humedad con la actividad de las abejas en cada una de las colmenas. El número de abejas tuvo una variación máxima de 10%, porcentaje que se encuentra entre el margen de error de los sensores ópticos de medición para el conteo de abejas.

Se encontró que la actividad de las abejas variaba con la temperatura ambiente, pero esta variación estaba influenciada directamente con la hora del día en la que se tomaba la medición. Es decir, la actividad de las abejas se modificaba según el momento del día, teniendo un pico de actividad entre las 10 y 11 de la mañana, así como una caída de actividad entre las 4 de la tarde y las 7 de la mañana.

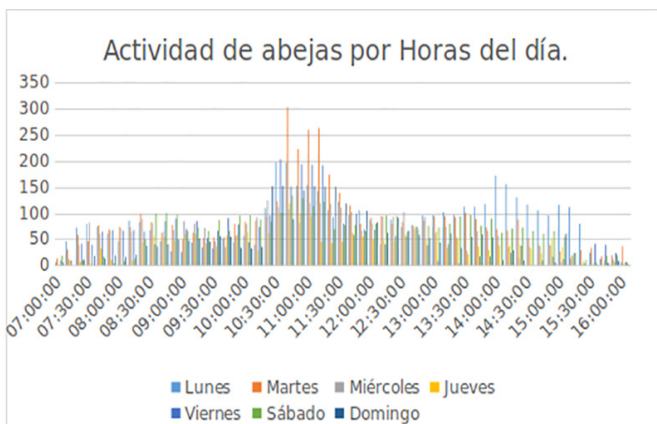


Figura 1. Actividad de abejas por horas del día.
Fuente: Elaboración Propia

En las mediciones realizadas también se encontró que los días en los cuales la temperatura oscilaba entre 24 y 26 grados en la hora pico de actividad de las abejas, había un aumento de la actividad en comparación a los días en los cuales la temperatura llegó a 35 grados.

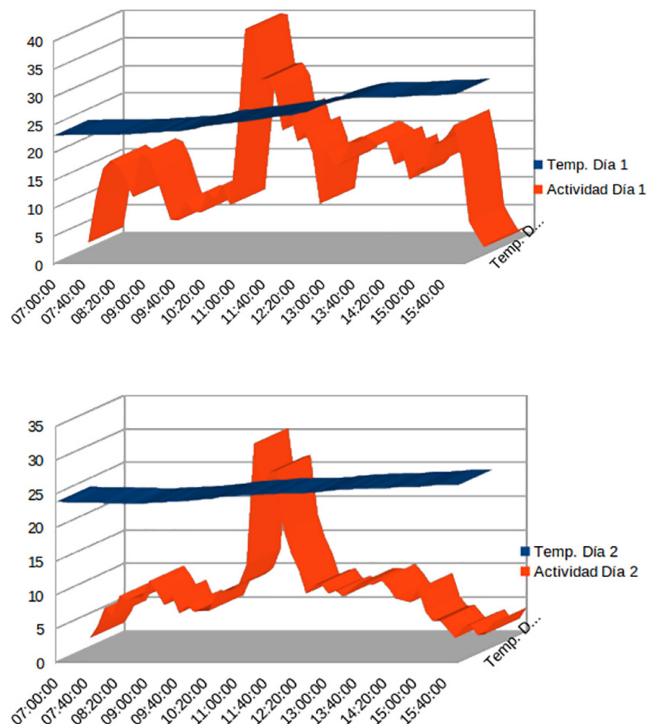


Figura2. Actividades de abejas de acuerdo a temperatura del día

Fuente: Elaboración propia.

Antes de la implementación de las trampas de apitoxina, según las mediciones hechas por el sistema de monitoreo, el número de abejas era constante todos los días, y solo variaba dicha actividad de acuerdo a la hora del día y la temperatura máxima ambiente que se presentaba. Es decir que los días en los cuales la temperatura ambiente a las 11 de la mañana era de 30 grados, se evidencio que el número de abejas medidas era similar, no variaban significativamente de un día a otro siempre y cuando tuvieran la misma temperatura ambiente.

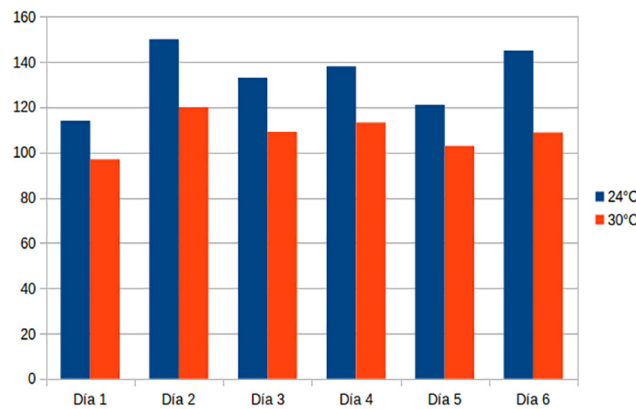


Figura 3. Comparación de números de abejas entre diferentes días con una misma temperatura ambiente a las 11 am.

Fuente: Elaboración propia

Al empezar la extracción de apitoxina, se evidencio un leve aumento de la actividad de abejas en las colmenas sobre las cuales se implementó la extracción, pero esto solo ocurría durante el periodo en la cual se activaban las trampas. En los días posteriores a las extracciones no se evidencio disminución en el número de abejas, la variación de la actividad de las abejas aparece directamente relacionada con la hora del día y la temperatura ambiente. No se pudo observar una disminución considerable en la actividad de las colmenas.

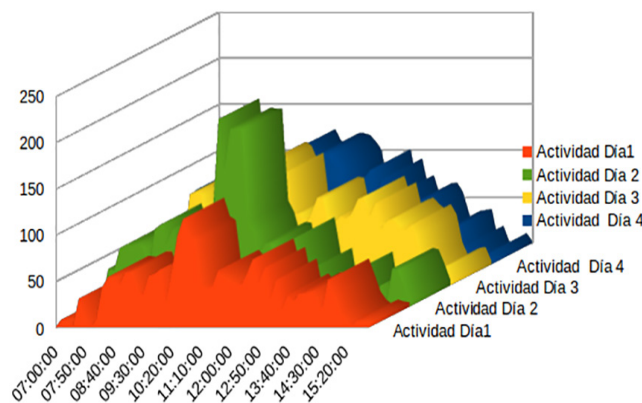


Figura 4. Actividad de abejas durante el día de activación de trampas de apitoxina.

Fuente: Elaboración propia.

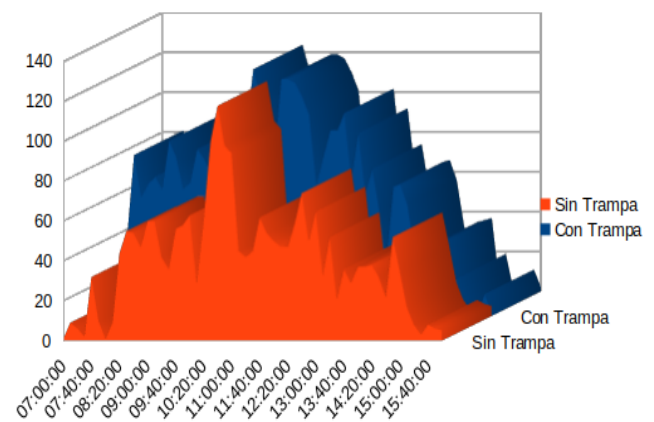


Figura 5. Comparación número de abejas colmena con trampa y colmena sin trampas.

Fuente: Elaboración propia

A lo largo del tiempo de muestreo se pudo observar una disminución del número de abejas durante días de verano intenso, en las cuales la mortalidad se observó y registró mediante los sistemas de monitoreo. En los días de intenso verano, aumentó la mortalidad en 8 colmenas y se pudo notar una disminución del 5% en la población de abejas.

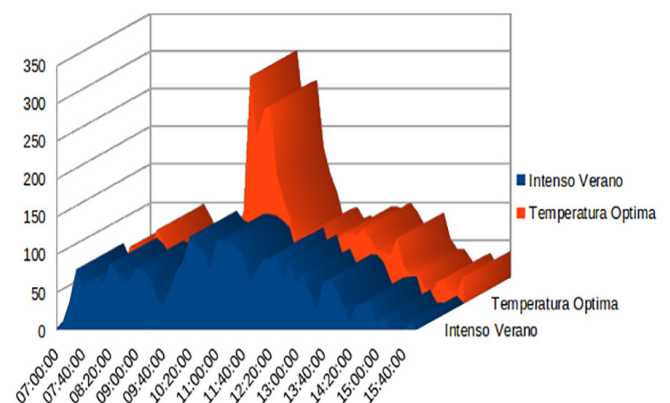


Figura 6. Comparación número de abejas en días con intenso verano y días con temperatura de 24 a 26 grados centígrados.

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura ambiente está directamente relacionada con la actividad diaria de las abejas. Los días muy fríos o nublados la actividad era baja

o casi nula y los días muy soleados disminuía su actividad en comparación a los días en los cuales la temperatura oscilaba entre 23 y 24 grados.

5- CONCLUSIONES

No se encontró evidencia que permitiera afirmar que el uso de las trampas afecta el número de abejas de las colmenas en la cuales se implementó esta técnica de recolección.

La actividad de las abejas está directamente afectada con la temperatura ambiente, se evidencio que existe un rango de temperatura ambiente en la

cual su actividad es la máxima y está en el rango de temperaturas entre los 24 y 26 grados centígrados.

La hora del día también es un factor directo para el aumento de la actividad de las abejas, aunque después de las 7 de la mañana ya su actividad es considerable.

Durante la investigación se presentaron dificultades con la transmisión de la información medida, varios días no pudieron ser medidos debido a fallas de comunicación y esto podría afectar de cierta medida las conclusiones de la investigación

Referencias

- A. Abrantes, T. d. (2017). Honeybee venom: influence of collection on quality and cytotoxicity . *Cienc. Rural*, vol. 47, no. 10, pp. 1–4.
- Benton, A. W. (1963). Venom Collection from Honey Bees. *Science* 142 (3589), 228–30.
- Boukraâ, L. (2013). *Honey in Traditional and Modern Medicine*. Boca Rato: CRC Press.
- Camila G. Dantas, T. L. (2014). Pharmacological evaluation of bee venom and melittin. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 67-72.
- Guatemal Sánchez, A. D. (2017). Determinación de Las Condiciones Óptimas de Un Equipo Extractor de Apitoxina En Abejas (*Apis Mellifera*). *Revista Electrónica de Veterinaria* 18 (12).
- Han SM, H. I. (2015, 1 de Octubre). The beneficial effects of honeybee-venom serum on facial wrinkles in humans. *Clinical Interventions in Aging*, 1587 - 1592.
- J. Laverde, L. E. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas. *MINAGRICULTURA*.
- N. Ponciano, A. G. (2013). Caracterização do nível tecnológico dos apicultores do estado do Rio de Janeiro. *Rev. Econ. e Sociol. Rural*, vol. 51, no. 3.
- Semana. (2016, 4 de Enero). *Semana*. Obtenido de Semana: <https://www.semana.com/economia/articulo/colombia-quiere-explotar-la-apicultura/455643-3/>
- Sobral, F. (2016). Chemical characterization, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic properties of bee venom collected in Northeast Portugal. *Food Chem. Toxicol* vol. 94, 172–177.
- X. Araneda, Y. L. (2011). Evaluación de dos frecuencias de colecta de apitoxina extraída de colmenas de *Apis mellifera* L. durante la época estival en la Región de La Araucanía. *IDESIA*, vol. 29, no. 2, pp. 145–150.

Modelo de aplicación Qr (Quick Response Code) en actividades de trazabilidad en banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Formación Agroindustrial

David Saavedra Mora, Valentín Murcia Torrejano, César Augusto Pérez Tafur

Servicio Nacional de
Aprendizaje SENA -
Regional Huila Centro de
Formación Agroindustrial
- SENNOVA -
Grupo de Investigación
Agroindustrial

Resumen

El presente estudio realizó un modelo de aplicación QR (Quick Response Code) basado en Internet de las Cosas y Big Data para conectar las actividades de trazabilidad de cacao (*Theobroma cacao* L.) con el fin de obtener valor agregado en la comercialización mediante el acceso rápido a la información de clones, híbridos y el material genético regional disponible en el banco de germoplasma de cacao. Para la construcción de la base de datos se tomaron datos de 69 árboles de cacao, determinando variables de fermentación física, bromatológica y sensorial del grano que fueron analizadas en el laboratorio del Centro de Formación Agroindustrial. En la base de datos se incluyeron también las condiciones edáficas y atmosféricas y los datos de producción de cada árbol. Como resultado se generó una base de datos en la web y se personalizaron los códigos QR de los árboles de cacao, diseñando un protocolo para lectura y uso. Este modelo constituye un referente para la gestión de los cultivos de cacao en la región que sirve de orientación a los productores de cacao para mejorar sus procesos agroecológicos y agroindustriales con genotipos especializados en aroma y sabor.

Palabras claves:

Internet de las cosas, big data, análisis sensoriales, quick response code, bromatología, árboles de cacao

Abstract

An Internet of Things and Big Data-based QR (Quick Response Code) application model was carried out to connect the traceability activities of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in order to promote added value in marketing through the quick access of information on clones, hybrids and regional genetic material available in the cocoa germplasm bank. For the construction of a database, they took data from 69 cocoa trees, determining fermentation, physical, bromatological and sensory variables of the cocoa bean that were analyzed in the agroindustrial laboratory of the Agroindustrial Training Center. At the same time, the conditions were included edaphic and atmospheric and the production data of each tree. As a result, a database was generated on the web and the QR codes on the cocoa trees were customized, designing a protocol for reading and use. This model constitutes a benchmark for the management of cocoa crops in the region and guides cocoa producers in improving cocoa agroecological processes and agro-industrial processes with specialized genotypes in aroma and flavor.

Keywords:

Internet of things, big data, sensory analysis

Introducción

El cacao se cultiva en cerca de 50 países tropicales, algunos de ellos latinoamericanos. La producción anual es de 4,576 millones toneladas de grano (ICCO, 2019) sembrado en 11,748,129 de hectáreas, de las cuales dependen económicamente entre 40 y 60 millones de personas (ICCO, 2019). En Colombia, para el año 2019 la producción de cacao fue cerca de 60.535 toneladas (FAOSTAT, 2019; FEDECACAO, 2019) en 190.469 hectáreas; solo en el departamento del Huila, se registró una producción de 659 kg/ha/año en un área de 7.245 hectáreas para una producción total de 4.417 toneladas. Los municipios productores más representativos en el departamento fueron Rivera (762 t/año), Campoalegre (326 t/año) y Tello (320 t/año), con aproximadamente 3,200 familias cacaoteras reportadas (MINAGRICULTURA, 2019).

La producción de chocolate en un mercado diferenciado depende de varios factores que van desde la selección de genotipos, el nicho ecológico (condiciones ambientales, prácticas agrícolas) hasta actividades de poscosecha (fermentación, secado) y etapas de agroindustria que proporcionan una serie de reacciones bioquímicas y químicas para obtener características de aroma y sabor especial (Toker et al., 2020; Gil et al., 2020). Estas variables permiten la compresión de los compuestos aromáticos y volátiles a partir de la fermentación provocada por las comunidades microbianas (Mota-Gutierrez et al., 2019; Barrientos et al., 2019). Los productores que realizan dichas actividades siguiendo los estándares establecidos en la industria logran una trazabilidad de cacao con alta calidad, reflejado en los precios del mercado con un 20% de diferencia entre cacao convencional y cacao especial fino y de aroma (ICCO, 2020).

Algunas nuevas tecnologías como internet de las cosas (IoT) juegan un papel importante en la agricultura automatizada promoviendo actividades de trazabilidad de manera eficiente (Sanjeevi et al., 2020; Sinha et al., 2019) con sistemas computarizados que controlan datos de entrada, salida y proceso (Lyts et al., 2020; Wang et al., 2020). El uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y Big data ofrecen la posibilidad del uso intensivo de datos para recopilar, procesar y analizar información en tiempo real sobre comportamiento y rendimiento productivo (Terence y Purushothaman, 2020). La agricultura 4.0 ofrece una serie de herramientas que ayuda a los productores a ahorrar tiempo en la toma de decisiones gracias a que incorpora intensivamente las TIC, optimizando procesos a lo largo de toda la cadena productiva y arrojando información de gran relevancia para los productores (Lezoche et al., 2020).

El uso de tecnologías cotidianas como el Smartphone cobra cada vez mayor relevancia en la agricultura ya que facilita procedimientos operativos y, cuando se utiliza como plataforma combinada para la agricultura de precisión, ayuda a generar estrategias en los procesos agrícolas (Golicz et al., 2019). Sin embargo, el uso de teléfonos inteligentes en la agricultura es aún limitado por factores como el conocimiento en el uso de estas herramientas por parte de los productores, su nivel educativo y el tamaño de los predios, además de la disponibilidad de aplicaciones adecuadas para administrar los cultivos (Michels et al., 2020). Sin embargo, el uso de teléfonos móviles en la agricultura aumenta la producción agrícola un 4% y la adopción de insumos recomendados en un 22% (Fabregas et al., 2020).

El uso de herramientas presentes en un Smartphone común como GPS y cámara con alta resolución potencian las actividades

agrícolas gracias a los beneficios de transmitir datos del cultivo (Wan et al., 2019). La cámara integrada permite, además, la lectura de códigos QR (Quick Response code), que proporcionan y almacenan información en dos dimensiones (vertical y horizontalmente). Un código QR es capaz de almacenar hasta 4,200, lo cual lo hace una herramienta eficiente en el almacenamiento de información (Barrientos-Avendaño, 2019; Álvarez et al., 2019; Ripoll et al., 2017).

El objetivo del estudio es generar un modelo de aplicación QR en actividades de trazabilidad en banco de germoplasma de cacao con el fin adoptar tecnologías en los cultivos de cacao y promover la agricultura inteligente para aumentar la calidad de grano de cacao así como el uso de herramientas propias del internet de las cosas entre los agricultores.

Materiales y métodos

Área de estudio

El modelo de aplicación Qr (Quick Response Code) se realizó en el Banco de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial Campoalegre, Huila (Colombia), ubicado a 2°41' N, 75°19' W, en un ecosistema de bosque seco tropical (Suárez et al., 2020), con una temperatura promedio de 25.9°C, humedad relativa promedio entre 65-75% y precipitación anual de 1,300-1,800 mm, así como dos periodos de lluvia anuales en marzo-junio y noviembre-enero (Saavedra et al., 2019).

El Banco de germoplasma fue establecido apropiadamente en el año 1980 con el fin de recuperar y seleccionar materiales regionales con potencial comercial. En él se han recolectado 546 árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) caracterizados por un rendimiento productivo similar al de los demás municipios

del departamento del Huila. En el proceso de desarrollo del Modelo de aplicación Qr (Quick Response Code) se seleccionaron 69 árboles, con base al estudio morfoagronómicas y potencial productivo (Ávila et al., 2016).

Recolección de datos

Los datos del modelo de aplicación Qr se obtuvieron a partir de la recolección de datos de botánicos, índice producción, proceso de fermentación, variables físicas, sensoriales y bromatológicas del grano de cacao, como también las condiciones climáticas y edáficas.

Durante el proceso se tomaron fotografías de los árboles de cacao, hojas, granos y mazorcas en estado maduro y verde, se rotularon y procesaron en el software Adobe Photoshop CS6, con medidas de cada fotografía de 200 x 200 píxeles, verificando la nitidez y saturación de las mismas. Las condiciones atmosféricas fueron obtenidas de la estación meteorológica marca WatchDog 2900ET del Centro de Formación que registra variables de precipitación (mm), humedad relativa del aire (RH), temperatura atmosférica (T_a) y radiación fotosintéticamente activa ($PAR \mu mol m^{-2} s^{-1}$). Las variables edáficas fueron determinadas en el laboratorio de ciencias básicas en estudios realizados por Saavedra et al. (2019).

Índice de producción

La medición del índice de mazorca se realizó seleccionando diez mazorcas sanas en estado de madurez fisiológica de cada genotipo de cacao. Estas mazorcas se sometieron a procesos de beneficio (fermentación y secado) y se determinó el índice aplicando la fórmula: $IM = (No. mazorcas \times 100) / (Peso \text{ en gramos de los granos secos de } No. mazorcas)$ (Chang & Torres, 2014).

Las variables de fermentación se determinaron a partir de muestras de grano tomadas en diferentes meses de los años

2018 y 2019. Las muestras fueron rotuladas de acuerdo al número del árbol y llevadas al beneficiadero de cacao donde se fermentaron (Fedecacao, 2013), determinando la temperatura, grados brix, humedad relativa y tiempo de fermentación. Luego, las muestras fueron secadas y debidamente almacenadas para los respectivos análisis, los cuales fueron realizados en el complejo del Centro de Formación Agroindustrial.

Análisis físicos

El análisis físico fue realizado de acuerdo con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana 1252 (2012), usando un 1 Kg de cacao fermentado y seco. El tipo de análisis elegido fue el método de guillotina (prueba de corte) seleccionando 100 gramos de cacao. Mediante la estimación visual de granos se analizó y clasificó cada grano en distintas categorías (grano bien fermentado, parcialmente fermentado, sin fermentar, pizarroso y dañado por insectos).

También se tomaron muestras de granos de 100 g cada una sobre las cuales se midieron variables cualitativas como aroma y apariencia, granos defectuosos, porcentaje de impurezas, contenido de humedad e índice de semilla. Los materiales empleados para la toma de datos fueron: una balanza analítica de precisión de 0.001g (Daihon Scientific Wisd WBA-620), una balanza de 20000 g (ADAM LBK6) y un medidor de humedad de cacao y café (Coffee PRO Moisture-Mac) (Aguilar, 2016).

Análisis bromatológicos

Los análisis bromatológicos se realizaron entre septiembre y diciembre de 2019 en muestras de cacao fermentadas y secas. La determinación de proteína se realizó a través del método de digestión Kjeldahl en 0.5 granos de cacao molido fermentado (ICONTEC, 1999). Para medir el porcentaje de humedad, se pesaron 2 gramos de la muestra

en una balanza halógena a una temperatura de 120 °C por 5 minutos (ICONTEC, 2012). El porcentaje de grasa se determinó por el método de Soxhlet estándar efectuando calor. La fibra cruda se midió por el método de pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico con el uso de equipo FIWE VELD (ICONTEC, 2002)

Análisis químico

Los análisis químicos del cacao se realizaron entre junio y octubre del año 2019 durante los procesos de microfermentación por genotipo de cacao. Los sólidos solubles se midieron a través del refractómetro ATAGO® digital (Pocket 3840). El pH se midió por el método potenciómetro digital, AOAC 970.2118 (ORIÓN® modelo 5 STAR). La acidez expresada en ácido cítrico se midió en una suspensión 1:10 de la muestra homogenizada por titulación de hidróxido de sodio 0.1 N. (AOAC, 1990). Con el objetivo de aumentar la confiabilidad analítica se realizaron tres repeticiones de las pruebas a cada una de las muestras.

Los cálculos de acidez fueron elaborados a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez Total \%} = A * B * CD * 100$$

Dónde A representa *ml de la solución de NaOH consumido en la valoración*, B representa *normalidad de la solución de NaOH*, C representa *peso equivalente del ácido predominante en la fruta (ácido cítrico 0,064)* y D representa *peso en gramos de la muestra*.

Análisis sensorial

• Características organolépticas

Las características organolépticas del grano de cacao se determinan a partir de los sentidos del gusto y el olfato de personal calificado con entrenamiento específico para esta tarea (Vega, 2013). La descripción de sabores y aromas de licor de cacao se clasificó

en tres perfiles: Sabores básicos (acidez, amargor, astringencia, dulce y salado); sabores específicos (sabor típico a cacao, floral, frutal, nuez), y por último, sabores adquiridos (moho, crudo/verde) (Sánchez, 2007).

Registro de datos y diseño de Qr

La herramienta utilizada para el registro de datos y la lectura de código QR in situ se desarrolló en convenio con el Tecnoparque nodo La Angostura como un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico para el sector agroindustrial. Durante el proceso se diseñó y construyó un sistema de información integrado compuesto por una aplicación web y una aplicación móvil nativa desarrollada para el sistema operativo Android. Estos sistemas fueron desarrollados en lenguajes de código abierto y en un sistema de gestión de base de datos relacional desarrollado bajo licencia dual (Licencia publica general/Licencia comercial), por lo cual el sistema es un software libre. El diseño de las etiquetas o códigos Qr se realizó en la plataforma libre <https://www.qrcode-monkey.com/es> donde se personalizó el Qr acorde a los requerimientos de Banco

de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial.

Resultados

Diseño base de datos

La base de datos elaborada fue de tipo no relacional usando el motor de bases de datos MySQL de Oracle. El modelo de datos es simple, consta de dos tablas, una para el registro de usuarios de la plataforma y otra para el registro de especies (**Figura 1**). El registro de especies consta de 17 campos que permiten el almacenamiento de datos y la caracterización de cada genotipo de cacao con variables como nombre y detalles botánicos (**Figura 2**), índice de producción, análisis físicos, químicos y sensoriales (**Tabla 1**). Cada genotipo de cacao fue registrado en el sistema accediendo a través de <https://smartgeeks.com.co/species>. El output del sistema es un código o número de identificación único por especie, el cual se convierte en un código QR (Quick Response code) que permite ser leído a través de la aplicación móvil para visualizar todos y cada uno de los datos del respectivo genotipo de cacao.

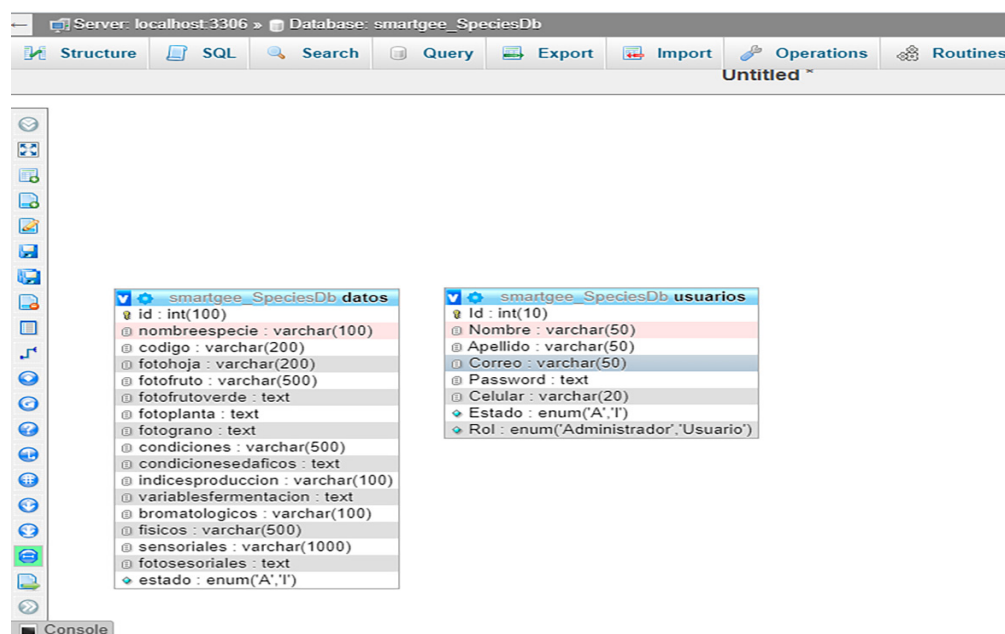


Figura 1. Diseño la base de datos en el motor de bases de datos MySQL de Oracle.

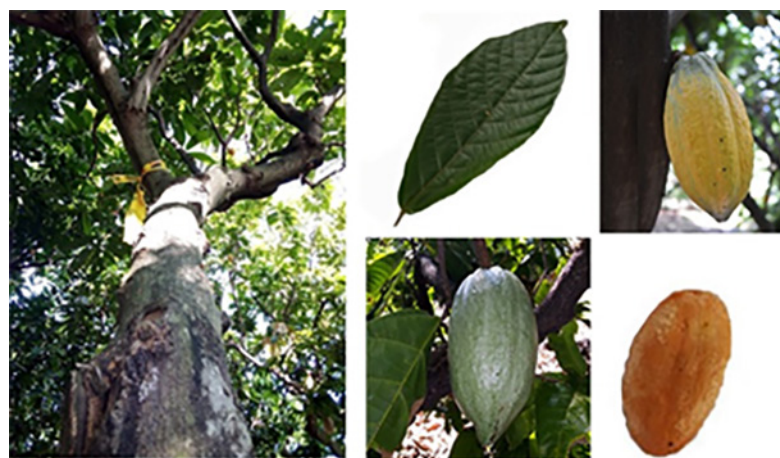


Figura 2. Ejemplo del árbol 32 del Banco de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial donde se edita descriptores botánicos (árbol, hoja, semilla y mazorca en estado maduro y verde).

Tabla 1. Ejemplo de cinco (5) árboles de cacao elegidos al azar de un total de 69 pertenecientes al Banco de germoplasma, donde se describen las condiciones atmosféricas, variables edáficas, índices de producción, análisis físicos, bromatológicos y sensoriales del grano de cacao.

ID	Código	Índices de producción	Variables de fermentación	Bromatológicos	Físicos	Sensoriales
1	Árbol N° 32	12,51	Horas de fermentación: 120 Grados brix: 18.46 pH: 2.61 Temperatura de la masa: 37.5 °C Temperatura ambiente: 28.8 °C Humedad relativa: 66.2%	Humedad: 6.17 Actividad acuosa: 0.5521 %Grasa: 32 %Fibra: 12 %Proteína: 17.543 Ceniza: 2.9	Aroma de muestra: Típica Apariencia externa: Homogénea Granos aplanados: 0.6 g Índice de grano: 0.85 g Porcentaje de humedad: 6.2 % Granos bien fermentados: 76 Granos insuficientemente fermentados: 17 Granos sin fermentar: 7 Granos sobre fermentados: 0 Granos dañados por insectos: 0 Granos germinados: 0 Granos mohosos: 0 Granos pizarrosos: 0 Granos con manchas blancas: 0	cacao: Acidez: Amargo: Astringencia: Floral: Frutal: Nuez: Verde: Quemado: Salado:
2	Árbol N° 50	14.80	Horas de fermentación: 120 Grados brix: 17.0 pH: 3.48 Temperatura de la masa: 30.4 °C Temperatura ambiente: 32.1 °C Humedad relativa: 55.8%	Humedad: 5.2 Actividad acuosa: 0.5914 %Grasa: 37.8 %Fibra: 13 %Proteína: 14.563 Ceniza: 3.3	Aroma de muestra: Típica Apariencia externa: Homogénea Granos aplanados: 0.14 g Índice de grano: 0.90 g Porcentaje de humedad: 7.0 % Granos bien fermentados: 40 Granos insuficientemente fermentados: 38 Granos sin fermentar: 22 Granos sobre fermentados: 0 Granos dañados por insectos: 0 Granos germinados: 0 Granos mohosos: 0 Granos pizarrosos: 0 Granos con manchas blancas: 0	Cacao: Acidez: Amargo: Astringencia: Floral: Frutal: Nuez: Verde: Quemado: Salado
3	Árbol N° 53	10.40	Horas de fermentación: 120 Grados brix: 23.9 pH: 2.95 Temperatura de la masa: 33.7 °C Temperatura ambiente: 27 °C Humedad relativa: 78.2%	Humedad: 6.14 Actividad acuosa: 0.5875 %Grasa: 37.8 %Fibra: 14 %Proteína: 13.869 Ceniza: 3.2	Aroma de muestra: Típica Apariencia externa: Homogénea Granos aplanados: 0.14 g Índice de grano: 0.90 g Porcentaje de humedad: 7.0 % Granos bien fermentados: 40 Granos insuficientemente fermentados: 38 Granos sin fermentar: 22 Granos sobre fermentados: 0 Granos dañados por insectos: 0 Granos germinados: 0 Granos mohosos: 0 Granos pizarrosos: 0 Granos con manchas blancas: 0	Cacao: Acidez: Amargo: Astringencia: Floral: Frutal: Nuez: Verde: Quemado: Salado:
4	Árbol N° 42	12.05	Horas de fermentación: 120 Grados brix: 17 pH: 3.48 Temperatura de la masa: 30.4 °C Temperatura ambiente: 32.1 °C Humedad relativa: 55.8%	Humedad: 7.65 Actividad acuosa: 0.7055 %Grasa: 34.2 %Fibra: 13 %Proteína: 14.250 Ceniza: 5.8	Aroma de muestra: Típica Apariencia externa: Homogénea Granos aplanados: 0 g Índice de grano: 1.3 g Porcentaje de humedad: 10.0 % Granos bien fermentados: 34 Granos insuficientemente fermentados: 23 Granos sin fermentar: 43 Granos sobre fermentados: 0 Granos dañados por insectos: 0 Granos germinados: 0 Granos mohosos: 0 Granos pizarrosos: 0 Granos con manchas blancas: 0	Cacao: Acidez: Amargo: Astringencia: Floral: Frutal: Nuez: Verde: Quemado: Salad
5	Árbol N° 57	15.94	Horas de fermentación: 120 Grados brix: 20.66 pH: 2.77 Temperatura de la masa: 31.0 °C Temperatura ambiente: 30.1 °C Humedad relativa: 66.3%	Humedad: 6.23 Actividad acuosa: 0.6214 %Grasa: 37 %Fibra: 15 %Proteína: 12.113 Ceniza: 4.9	Aroma de muestra: Típica Apariencia externa: Homogénea Granos aplanados: 0 g Índice de grano: 1.1 g Porcentaje de humedad: 6.76 % Granos bien fermentados: 48 Granos insuficientemente fermentados: 24 Granos sin fermentar: 28 Granos sobre fermentados: 0 Granos dañados por insectos: 0 Granos germinados: 0 Granos mohosos: 0 Granos pizarrosos: 0 Granos con manchas blancas: 0	Cacao: Acidez: Amargo: Astringencia: Floral: Frutal: Nuez: Verde: Quemado: Salado:

Fuente: Elaboración propia.

El índice de mazorca (IM) es un parámetro clave para determinar la cantidad de mazorcas necesarias para producir un kilogramo de cacao seco así como la estimación el rendimiento de producción en cada cacaotal durante el año (Chang & Torres, 2014; Mora et al., 2014). Además, la cosecha y postcosecha juegan un papel importante en el sabor y aroma final del producto: particularmente, la fermentación y el secado desarrollan estas características (Machado et al., 2018) aunque también dependen del tipo de zona y de la época del año (Amaiz & Sira, 2013). El monitoreo de las variables de fermentación: temperatura, grados brix y pH, y las variables atmosféricas permiten al productor o al profesional, estandarizar procesos de fermentación y secado acordes al tipo de zona con el propósito de obtener características similares y deseables en cada ciclo de cosecha (Steinau Dueñas, 2017). El análisis de las características físicas de la almendra de cacao durante los procesos de fermentación y de secado permite identificar características como, olor, apariencia, granos defectuosos, índice de semilla, contenido de humedad y porcentaje de fermentación, que son elementos supremamente importantes en la comercialización y la identificación de árboles potenciales para su propagación (De Sánchez, 2007; La Cruz Medina et al., 2010; CAOISCO, 2015). Los análisis bromatológicos y sensoriales en cacao son muy importantes en la industria, estas variables permiten identificar la formulación adecuada para elaborar cada producto derivado del cacao dependiendo de las características del cacao sin procesar (López- Hernández et al., 2019). La relación que existe entre el material genético del cacao y los procesos de beneficio estandarizados arrojan como resultado valores favorables en variables físicas, químicas, bromatológicas

y sensoriales, así como valor agregado al productor al momento de la comercialización de los granos de cacao (Duque & Prada, 2014)

Codificación y estructura de los Qr

El código Qr que identifica a cada genotipo fue generado mediante el programa QR CODE MONKEY (<https://www.qrcode-monkey.com/es>) que permitió transmitir la información enriquecida a los respectivos códigos QR. Para ello se personalizó el color fuente de vanecido de radio (#5C8B29 y #25492F), color del ojo (#3F6B2B y #60A541), color de fondo (FFFFFF), con una resolución de 1,950 x 1,950 píxeles, con diseño de selva (Jugle). Además fue seleccionada la forma del cuerpo, así como el marco y la forma del ojo en los laterales del código Qr. Finalmente se anexó en la parte inferior del código, el logo institucional de Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y el del Sistema de Investigación Desarrollo Tecnológico e Investigación-SENNOVA con el programa Adobe Photoshop CS6 (**Figura 3**). Este diseño se utiliza posteriormente en el Banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) sin causar contaminación visual.



Figura 3. Código Qr con información enriquecida del árbol de cacao código N° 32 identificado con Id N° 1 y los respectivos logos institucionales.

Presentación y gestión de la información

La recolección de la información, el levantamiento de requisitos y la construcción del SRS (Software Requirement Specification o Especificación de Requisitos de Software) fueron realizados mediante la identificación del proceso de trazabilidad, descrito posteriormente en herramientas analíticas como el diagrama de casos de uso, el diagrama de clases, y el modelo relacional de la base de datos del sistema. La gestión de la información se encuentra alojada en el servidor de HostGator.com, provisto por SmartGeeksStudio (equipo de creativos, diseñadores programadores y expertos en

soluciones informáticas que trabajan bajo el modelo Freelance), que contiene la base de datos en versión beta. Las lecturas de QR se encuentran en el URL <https://smartgeeks.com.co/species/>. Las lecturas contienen una ficha sencilla (id) que funciona como identificador de cada árbol y está enlazado con el código QR (Quick Response code), así como con los descriptores botánicos de hojas, árbol, mazorcas en estado verde y madura y semillas y sus respectivos análisis físicos, sensoriales, bromatológicos, de índices de producción y variables de fermentación (**Figura 4**).

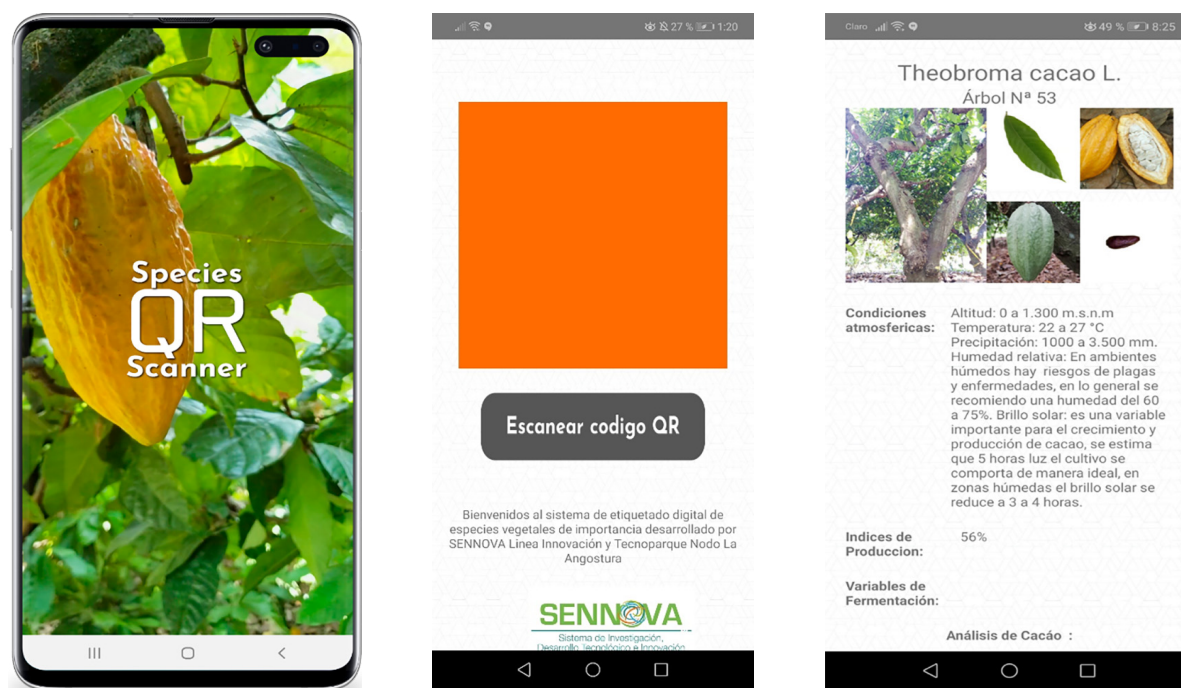


Figura 6. Sistema de gestión versión beta para la lectura de QR en el Banco de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial

La ruta de lectura de los QR en el Banco de germoplasma de cacao está identificada al inicio con los antecedentes históricos e investigaciones publicadas, además es una propuesta para realizar el recorrido y poder conocer mejor las características de los genotipos regionales disponibles en el Centro

de Formación Agroindustrial. En el recorrido los usuarios podrán escanear los paneles con códigos QR que están disponibles en un soporte, usando un Smartphone o una Tablet para leer el código tal y como se indica más abajo, y poder conocer las características de cada árbol (**Figura 4**)



Figura 4. Ruta para leer un código QR en los genotipos de cacao del Centro de Formación Agroindustrial.

Conclusiones y Recomendaciones

El modelo de codificación QR del Banco de germoplasma constituye un referente para la gestión de cultivos de cacao. La construcción de bases de datos que contienen análisis físicos, bromatólogos, sensoriales, de índice de producción, botánicos, condiciones climáticas y variables edáficas permiten dar un soporte rápido y ágil para la toma de decisiones de los productores y usuarios facilitando los procesos de trazabilidad de cacao, así como el avance en el uso de herramientas digitales dentro de una agricultura inteligente.

Agradecimiento

El proyecto se desarrolló gracias al Centro de Formación Agroindustrial y SENNOVA con los proyectos financiados "Automatización del monitoreo de las variables en las etapas de beneficio de cacao para el aseguramiento de la calidad en el norte del Huila" de la línea programática de innovación para la empresa del 2019 y "Uso de las tecnologías 4.0 en el sector agrícola y el uso eficiente del agua por las plantas en un contexto de cambio climático de la línea de investigación".

Bibliografía

A.O.A.C (1990). Official methods of analysis. 15th Edition. Association of Analytical Agricultural Chemists, Arlington, Virginia.

Aguilar, H. (2016). Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao (No. 16495). FHIA. La Lima, Honduras.

Alvarez, L., Vite, V., Moretta, Y., Burneo, V. y Jumbo, S. (2019). A QR (Quick Response) code application model in environmental management and education activities in a Neotropical botanical garden. Revista Espacios, 40 (16), 23

- Amaiz, M. L., & Sira, E. P. (2013). Cambios de las propiedades físico-químicas y perfil de ácidos grasos en cacao de Chuao, durante el beneficio. *Agronomía Tropical*, 63(1), 36-48.
- Barrientos, L. D. P., Oquendo, J. D. T., Garzón, M. A. G., & Álvarez, O. L. M. (2019). Effect of the solar drying process on the sensory and chemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivated in Antioquia, Colombia. *Food research international*, 115, 259-267.
- Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L. A., & Cuesta-Quintero, F. R. (2019). Jardín botánico: Prototipo de software para la gestión y divulgación de plantas nativas basado en código QR y realidad aumentada. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E17), 267-282.
- CAOBISCO ECA FCC. (2015) Granos de cacao: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y el cacao. Recuperado de: http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf
- Chang, J. V., & Torres, C. V. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.
- Cubillos, C. A., Espinosa, C. M. O., & Salazar, J. C. S. (2016). Caracterización morfoagronómica de árboles de cacao en el norte del Huila: estrategia de recuperación del germoplasma regional. SENA, Universidad de la Amazonía.
- De La Cruz Medina, J., Vargas, M., Ortiz, A., & Del Angel Coronel, O. (2010). Cacao Operaciones Poscosecha. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>
- Duque, J. A. G., & Prada, S. L. G. (2014). Evaluación sensorial de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado en la región del sur del departamento de Bolívar (Colombia). *RIAA*, 5(2), 221-236.
- Fabregas, R., Kremer, M., & Schilbach, F. (2019). Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice. *Science*, 366(6471).
- FAOSTAT (2019). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gil, M., Llano, S., Jaramillo, Y., Quijano, J., & Londono-Londono, J. (2020). Matrix effect on quantification of sugars and mannitol developed during the postharvest of cocoa: An alternative method for traceability of aroma precursors by liquid chromatography with an evaporative detector. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 210-221.
- Golicz, K., Hallett, S. H., Sakrabani, R., & Pan, G. (2019). The potential for using smartphones as portable soil nutrient analyzers on suburban farms in central east China. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación - ICONTEC. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 4657: Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda.
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación - ICONTEC. (2002)

- Alimentos y materias primas. NTC 668: Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda.
- Instituto Colombiano de Normalización y Certificación-ICONTEC-. (2012). Norma Técnica Colombiana NTC 1252: Cacao en grano.
- Lezoche, M., Hernandez, J., Diaz, M. D. M. A., Panetto, H., & Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, 116.
- López-Hernández, J. A., Ortiz-Mejía, F. N., Parada-Berríos, F. A., Lara-Ascencio, F., & Vásquez-Osegueda, E. A. (2019). Caracterización morfoagronómica de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad de El Salvador-Revista Minerva*, 2(1), 31-50.
- Lytos, A., Lagkas, T., Sarigiannidis, P., Zervakis, M., & Livanos, G. (2020). Towards smart farming: Systems, frameworks and exploitation of multiple sources. *Computer Networks*, 172, 107147.
- Michels, M., Fecke, W., Feil, J. H., Musshoff, O., Pigisch, J., & Krone, S. (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: Empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, 21(2), 403-425.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MINIAGRICULTURA-(2019). Estadística de cacao. Consultado en 09 de mayo del 2019. Disponible en <<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>>
- Mora, F. D. S., Montufar, J. Z., Chang, J. V., Remache, R. R., Fiallos, F. R. G., & Montúfar, G. H. V. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Mota-Gutierrez, J., Barbosa-Pereira, L., Ferrocino, I., & Cocolin, L. (2019). Traceability of Functional Volatile Compounds Generated on Inoculated Cocoa Fermentation and Its Potential Health Benefits. *Nutrients*, 11(4), 884.
- Ripoll, S., Mayoral, O., & Azkárraga, J. M. (2017). Proyecto Quick Natura. Tecnologías móviles aplicadas a rutas botánicas urbanas. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 185-192.
- Saavedra-Mora, D., Murcia-Torrejano, V., Machado-Cuellar, L., Sánchez-Cerquera, J., Estrada-Quintero, L. F., & Ordoñez-Espinosa, C. M. (2019). Propiedades físicas y químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio Campoalegre, departamento del Huila, Colombia. *Bioagro*, 31(2).
- Sánchez, V. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Sanjeevi, P., Prasanna, S., Siva Kumar, B., Gunasekaran, G., Alagiri, I., & Vijay Anand, R. (2020) Precision agriculture and farming using Internet of Things based on wireless sensor network. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, e3978.
- Sinha, A., Shrivastava, G., & Kumar, P. (2019). Architecting user-centric internet of things for smart agriculture. *Sustainable*

Computing: Informatics and Systems, 23, 88-102.

Steinau Dueñas, I. A. (2017). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caculo, Sonsonate, El Salvador (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).

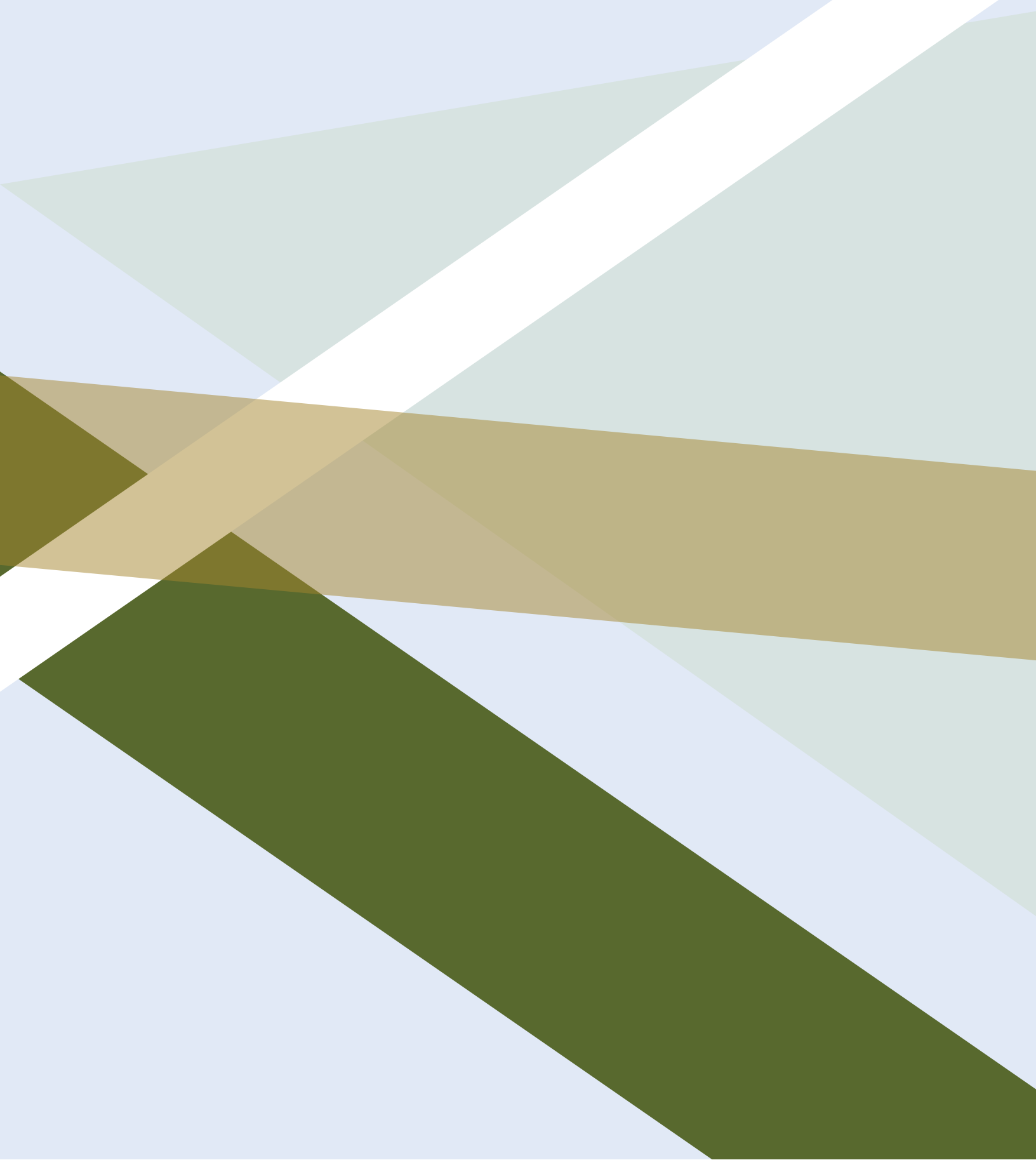
Suárez, J.C., Polanía, J.A., Contreras, A.T. et al., Adaptation of common bean lines to high temperature conditions: Genotypic differences in phenological and agronomic performance. *Euphytica* 216, 28 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10681-020-2565-4>

Terence, S., & Purushothaman, G. (2020) Systematic review of Internet of Things in smart farming. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, e3958.

Toker, O. S., Palabiyik, I., Pirouzian, H. R., Aktar, T., & Konar, N. (2020). Chocolate aroma: Factors, importance and analysis. *Trends in Food Science & Technology*.

Wan, X. F., Zheng, T., Cui, J., Zhang, F., Ma, Z. Q., & Yang, Y. (2019). Near Field Communication-based Agricultural Management Service Systems for Family Farms. *Sensors*, 19(20), 4406.

Wang, E., Attard, S., Linton, A., McGlinchey, M., Xiang, W., Philippa, B., & Everingham, Y. (2020). Development of a closed-loop irrigation system for sugarcane farms using the Internet of Things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105376.



Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura