

REVISTA ENCUENTRO SENNOVA

DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

4ta EDICIÓN

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



4ta EDICIÓN ENCUENTRO

SENNOVA

DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



Rionegro, Noviembre 2018







SERVICIO NACIONAL
DE APRENDIZAJE

Carlos Mario Estrada

Director general

Juan Felipe Rendón Ochoa

Director Regional Antioquia

Emilio Eliécer Navia

Coordinador Grupo de Gestión
Estratégica de la Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación (SENNOVA)

Jorge Antonio Londoño

Subdirector Centro de Innovación la
Agroindustria y la Aviación

Eliana María Estrada Mesa

Líder SENNOVA

Comité Editorial

Eliana María Estrada

Líder Sennova CIAA

Catarina Pássaro Carvalho

Líder Grupo de Investigación GIIA

Juan Manuel Quiceno Rico

Investigador

Diana María Gómez Quintero

Investigadora

Comité Científico

Adel González Alcalá

MSc. Gestión Tecnológica
Universidad Pontificia Bolivariana UPB

Carlos Arturo Mejía

MSc. Innovación en Agronegocios
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Daniela Zapata López

MSc. Ingeniería Urbana
Universidad de Medellín

Edison Orlando Lopera Quintero

MSc. Ciencias de la Información
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Esteban Ocampo Ordoñez

MSc. Ingeniería Eléctrica
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Gerhard Fischer

PhD. Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Colombia

Guillermo León Mesa Betancur

Ing. Electrónico
Universidad Nacional de Colombia (Facultad
de Minas)

Jhon Fredy Escobar Soto

PhD. Administración
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Johana Ramirez

MSc. Ingeniería Urbana
Universidad de Medellín

Juan Camilo Pérez Arias

MSc. Educación
SENA

Juan Fernando Ramirez Salazar

MSc. Ingeniería
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Luz Eugenia Botero

Esp. Gerencia del Desarrollo Humano
Sistema de Investigación, Desarrollo
Tecnológico e Innovación - SENNOVA

Maria Isabel Arias Rendón

MSc. Ingeniería Mecánica
EPM

Ricardo Villalobos Carvajal

PhD. Ciencias y Tecnologías de los Alimentos
Universidad del Bio-Bio

Revista Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño

ISSN: 2665-2447

Esteban Arenas

Inversiones Alejandro Duque GO S.A.S.
Diseño y diagramación

Contenido producto de investigaciones de aprendices, instructores, gestores e investigadores desde los Semilleros de Investigación y/o Grupos de Investigación del SENA.

Hecho el depósito que exige la ley

Este libro, salvo las excepciones previstas por la Ley, no puede ser reproducido por ningún medio sin previa autorización escrita del autor.

Los textos publicados son de propiedad intelectual de los Autores y pueden utilizarse con propósitos educativos y académicos, siempre que se cite al autor y la publicación. Las opiniones aquí contenidas son de responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del editor ni del SENA.



CONTENIDO

EDITORIAL	9
CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE HARINA DE SEMILLAS DE GUAYABA OBTENIDA A PARTIR DEL PROCESO INDUSTRIAL DE DESPULPADO Y SU POTENCIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO COLADA Por Juan Fernando Ordoñez y Colaboradores	12
OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE AGUACATE CV. 'HASS' (<i>PERSEA AMERICANA</i> MILL.) Por Durley Ruíz & Pedro Andrés Rengifo	23
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LECHUGA (<i>LACTUCA SATIVA</i> L.) "VERÓNICA" BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN Por Gustavo Adolfo Villa y Colaboradores	36
DETERMINACIÓN DE CURVAS DE EXTRACCIÓN EN LA GULUPA (<i>PASSIFLORA EDULIS F. EDULIS SIMS</i>) EN EL MUNICIPIO DE SONSÓN, ANTIOQUIA Por Jhon Jaiber Marín y Pedro Andrés Rengifo	47
ESTRATEGIAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO Por Luis Alfredo Argumedo & Ivan de Jesús Arango	62
CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UN HORNO MUFLA Por Deyber Alexis Arrubla y Colaboradores	68



EDITORIAL

El Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación, en su constante esfuerzo por generar valor agregado y apalancar el desarrollo territorial por medio del sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del Sena (SENNOVA), han logrado importantes avances en estos últimos 3 años.

Cabe resaltar que actualmente el Centro de Formación cuenta con 9 semilleros de Investigación con un plan operativo anual, con el fin de aportar el conocimiento necesario, para el avance de un campo como respuesta a una necesidad, un problema identificado o una oportunidad de aplicación.

Una excelente participación por parte de los semilleros en el XVII Encuentro Departamental de Semilleros de Investigación Nodo Antioquia, realizado el entre el 9 y 11 de mayo del presente año, alcanzando el puntaje máximo con uno de los proyectos “Diversificación gastronómica del aguacate” y logrando clasificar con 4 proyectos en XXI Encuentro Nacional y XV Encuentro Internacional de semilleros de investigación – Fundación Redcolsi, realizado entre el 11 y 14 de octubre en la Ciudad de Pasto. Además, cuenta con un grupo de Investigación GIIA (Grupo de Investigación en Innovación y Agroindustria) categorizado en B por Colciencias, un proyecto aprobado en la Convocatoria Difusión de la CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación): video publicado en Formulas de Cambio, participación con 3 proyectos en Expo Agrofuturo 2018, la asesoría por parte de Tecnoparque Nodo Rionegro a dos empresas ganadoras de Fondo Emprender y a una empresa ganadora de la convocatoria Ideas en Grande de la Gobernación de Antioquia, un pigmento natural extraído de la cáscara de gulupa a escala piloto y su aplicación móvil para control de dispositivo, dos solicitudes de patente, varios signos distintivos y el acompañamiento de varios proyectos de base tecnológica a la Fuerza Aérea Colombiana por parte de la línea de diseño de Tecnoparque, estos como los principales logros adquiridos por el sistema Sennova.

Como se menciona en la primera versión de la revista, esta pretende convocar diferentes actores del sistema CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) para dar a conocer a los diferentes medios de la sociedad los resultados de I+D+i adelantados por parte de SENNOVA-SENA.

En este cuarto volumen de la revista Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño, cede un espacio a Oscar Daniel Ibarra, persona que ha desempeñado diferentes roles en el Centro de Formación y nos cuenta su experiencia respecto a temas de Investigación:

“Dicen que una persona antes de morir debe escribir un libro, plantar un árbol y tener un hijo. Estas tres cosas tienen algo en común que es el legado, las tres dejan algo para las siguientes generaciones. En mi experiencia en el SENA tuve la oportunidad de lo primero. Jamás en la vida me imaginaria participar en la producción de un libro de cocina... pero al parecer así es. El SENA existe para formarte, para hacerte crecer y para desafiarte.

En este momento, y en la Cuarta entrega de la revista Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño, pienso como desde mis labores he aportado a la institución y al territorio y si he podido generar valor y beneficio para los diferentes públicos de interés con los cuales he tenido la oportunidad de interactuar durante estos años.

Y son esas sencillas pero profundas reflexiones las que me llevan a escribir estas líneas que me he tomado la licencia de escribir en primera persona, me excusan los revisores de estilo.

Durante estos años he rodado de un cargo a otro, por diferentes circunstancias, primero prestando mi apoyo en la Dirección Regional, luego como Líder Sennova, después como Gestor Tecnoparque y finalmente como Instructor y trabajando con semilleros de investigación.

En el 2014 cuando la estrategia Sennova estaba en sus inicios me sentaba en el escritorio a diseñar planes y estrategias de como fortalecer la estrategia en los centros de formación e imaginar cómo debía funcionar un semillero SENA, o como debería ser la articulación de la formación con Tecnoparque.

Los años me darían la oportunidad no solo de diseñar planes sino de vivirlos, de estar en un área y otra e intentar que lo que se rayaba en un escritorio se realizará en un ambiente de formación, en un cultivo o en las instalaciones del Tecnoparque.

La gestión de recursos, los procesos de compras, la rendición de cuentas a la Dirección General, no siempre se realizaron de la manera más rápida, debo decir. Pero siempre velando por una transparencia y eficiencia en la manera de los recursos públicos destinados a Investigación, Innovación, Desarrollo Tecnológico y Experimental.



Como gestor, en la noble tarea de ayudar a cumplir los sueños de otros, acompañar los emprendimientos e ideas para aportarles desde el conocimiento, la experiencia y el uso de la infraestructura tecnológica.

El cargo más reciente que he desempeñado es instructor y semillerista en Automatización y me he percatado como muchos de los aprendices ponen sus aspiraciones de desarrollo profesional y crecimiento en nosotros como instructores. Me es grato ver llegar a clase a Emiro, un aprendiz, que en el día trabaja como pintor, tiene 45 años, es esposo y padre. La formación arranca desde las cinco de la tarde y va hasta las nueve de la noche y el los temas son densos electricidad, programación, robótica son las temáticas que este hombre ha decidido enfrentar.

Todas estas experiencias me llevan a considerar la alta responsabilidad que desde la institución y desde la comunidad SENNOVA tenemos con el país, con la región, con las empresas, con las instituciones y principalmente con los aprendices. La respuesta lógica y coherente a dicha responsabilidad, es el trabajo comprometido y diligente, dar lo mejor de cada uno y poner el talento y conocimiento a servicio de nuestro país. Finalmente, el legado más grande que podemos dejar, es el que queda en las vidas de los aprendices, quienes llegan al Centro, buscando una oportunidad, y para muchos es tal vez la única”

Oscar Daniel Ibarra Tobar
Eliana Maria Estrada Mesa
Jorge Antonio Londoño

CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE HARINA DE SEMILLAS DE GUAYABA OBTENIDA A PARTIR DEL PROCESO INDUSTRIAL DE DESPULPADO Y SU POTENCIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO COLADA

Juan Fernando Ordoñez Rodríguez¹, Lina María Román², Óscar Giraldo Valencia³, Ernesto De Jesús Hoyos Zuluaga⁴, Elizabeth Barrera Bello⁵, Claudia Jiménez Argumedo⁶

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Aprendiz investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, jfordonez991@misena.edu.co.

² Servicio Nacional de Aprendizaje. Aprendiz investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, lmroman53@misena.edu.co.

³ Servicio Nacional de Aprendizaje. Aprendiz investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, ogiraldo90@misena.edu.co.

⁴ Servicio Nacional de Aprendizaje. Aprendiz investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, ernesto-hoyos@hotmail.com.

⁵ Servicio Nacional de Aprendizaje. Instructor investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Químico de Alimentos, ebarrerab@misena.edu.co.

⁶ Servicio Nacional de Aprendizaje. Instructor investigador. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera de Alimentos, clajiangumedo@gmail.com.

RESUMEN

El aprovechamiento de los subproductos propios de la agroindustria ha tomado fuerza en los últimos años debido a los impactos económicos y ambientales que estos tienen. Una de las materias primas hortofrutícolas de mayor consumo en Colombia es la guayaba, fruto que se utiliza para la elaboración de bocadillos, salsa, néctares entre muchas otras preparaciones.

De este proceso se obtiene una gran cantidad de semillas, las cuales tradicionalmente son destinadas a compostaje o rellenos sanitarios. Es por eso que en este trabajo se caracterizó bromatológicamente una harina obtenida a partir de semillas de guayaba y se formuló una bebida tipo colada para consumo humano, aprovechando sus propiedades nutricionales. Dentro de los resultados obtenidos la harina de semillas de guayaba reporta: % humedad 3,9, % Cenizas 1,1; % Proteína 10,6; % Glucosa 22,7; % Grasa 5,5 y % Sólidos 99,3. El análisis sensorial reportó que la colada (Guayarina) elaborada con leche descremada y 60/40



de la mezcla de harina de semilla de guayaba y harina de arroz comercial presenta un nivel de preferencia del 94%, exaltando su sabor agradable y característico a guayaba, aunque se recomienda mejorar su granulometría.

Palabras clave: *Psidium guajava*, semilla, harina, bebida.

1. INTRODUCCIÓN

El guayabo es un árbol pequeño de una altura promedio de 2 a 7 metros, sus flores son de color blanco y de 2.5 cm de diámetro; sus frutos son de forma ovoides o con forma de pera, con cáscara delgada, con semillas incrustadas en una pulpa firme o sin cáscara gruesa con pocas semillas (Rishika y Sharma, 2012). La producción nacional de guayaba para el año 2015 fue de 17.348 hectáreas cultivadas de las cuales se recolectó 135.241 toneladas de fruta (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017), las semillas representan el 12% del peso del fruto, el cual es descartado como residuo de la industria de transformación, pero este material vegetal tiene un alto valor nutricional, proteína cruda de 9.7% y una digestibilidad mayor que la de soya (Bernardino et al., 2001), que puede ser empleado como alimento de rumiantes.

Se puede considerar subproducto a todo producto no principal obtenido en un determinado proceso y que tiene o puede tener determinadas aplicaciones o aprovechamientos, de forma que lo que para una industria es un subproducto para otra puede constituir la materia prima, obteniendo a su vez un producto principal (Martínez-Rada, 2010). La industria alimentaria genera anualmente una gran cantidad de subproductos que no son aprovechados o se utilizan a otros fines distintos como la alimentación animal.

Una de las frutas insignias de Colombia es la guayaba (*Psidium guajava*). En el 2015 se reportaron 17.348 hectáreas cultivadas de las cuales se recolectaron 135.241 toneladas de fruta (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). La empresa Panamericana de Alimentos S.A PANAL cada mes procesa un aproximado de 25 toneladas de guayaba y su contenido de semilla es de aproximadamente el 7,25% (Gutierrez-Devia, 2013), lo cual genera un residuo de semillas de 120 kg aprox. por tonelada, que

anteriormente se destinaba al área de recolección de orgánicos. Generando así impacto ambiental por la generación de plagas y exceso de espacio, en la zona destinada en la actualidad este residuo es tratado y aprovechado para el compostaje, teniendo que invertir mayor tiempo y mano de obra para este proceso. La disponibilidad de la semilla de guayaba como materia prima permite su aprovechamiento y varios estudios han analizado el valor nutricional de la misma como ingrediente para alimentación animal (Silva-Vega et al., 2017).

La harina de semillas de guayaba es un subproducto viable para consumo animal y humano por su alto contenido en fibra (80%), proteína (9%) y ácidos grasos como el linoléico, palmítico, oleico, esteárico (Vasco Méndez, Toro Vázquezb, & Padilla Ramírez, 2005).

Dentro de nuestra alimentación se encuentran las coladas, que son alimento a base de harinas de diversos cereales, estas bebidas de viscosidad media, se caracterizan por su alto contenido de carbohidratos y por su bajo contenido proteínico ya que las fuentes de las harinas son normalmente cereales crudos, tostados o cocidos y deshidratados (Elías, 1996).

Es por ello que este proyecto evaluó la obtención de harina de semilla de guayaba mediante secado en horno deshidratador con su posterior molienda, caracterización bromatológica y aplicación agroindustrial, mediante la estandarización de una debida tipo colada a partir de una harina de arroz comercial y harina de semillas de guayaba generadas del proceso de despulpe industrial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE LA SEMILLA DE GUAYABA

La semilla de guayaba fue provista por la empresa Panamericana de Alimentos S.A PANAL, la cual es el subproducto del proceso de fabricación de pulpa de guayaba. Este proceso cumplió con todos los estándares de buenas prácticas de manufactura (BPM). Las semillas se lavaron con abundante agua potable para eliminar la fracción de pulpa que estas pudieran contener, se deshidrataron en un horno deshidratador por 24 horas a 60°C (Alcalá & Becerra, 2005), una vez secas, se molieron en un



molino pulverizador de discos modelo HYZMF-20 hasta obtener un polvo fino. La harina obtenida se caracterizó bromatológicamente mediante los análisis de porcentaje de humedad por pérdida de peso, porcentaje de cenizas (Método de incineración AOAC 923.03), porcentaje de nitrógeno y proteína (AOAC 2001.11*6,25), porcentaje de glucosa y porcentaje de manosa (Método cromatográfico, AOAC 996.04 Modificado), porcentaje de grasa (Método de Soxhlet, AOAC 920.39) y porcentaje de sólidos (AOAC 925.10). Estos análisis los realizó la empresa Panamericana de Alimentos S.A PANAL en los laboratorios de la compañía en la Ciudad de Bogotá.

FORMULACIÓN DE LA BEBIDA

Se realizaron 3 formulaciones (T1 50/50, T2 60/40 T3 70/30) a base de una mezcla de harina comercial de arroz y harina de semilla de guayaba respectivamente, como base para coladas. Se seleccionó dos bases de preparación de solución leche descremada (L1) y agua (A2) con una cocción de 5 minutos después del hervor con agitación constante. Se enfriaron hasta los 50°C y se evaluaron por los integrantes del equipo colaborativo las variables de consistencia, sabor, apariencia y color, seleccionando las mejores formulaciones en cada una de las soluciones.

ANÁLISIS SENSORIAL

A partir de las 2 formulación de colada obtenidas durante la formulación se realizó el análisis sensorial mediante una prueba descriptiva “Prueba de preferencia pareada” (Ramírez-Navas, 2012) con 50 consumidores no entrenados, se le realizó el perfil de sabor de la formulación seleccionada en la prueba de preferencia según lo establecido por le NTC 4934 de 2001.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de secado se partió de una base de semillas previamente lavadas con un peso inicial de 3546g, y después del secado se obtuvo 2238g con un rendimiento de semillas secas de 63,13% y al analizar la humedad final se reportó un valor de 3,91% (Figura 1).



Figura 1. Semillas de Guayaba deshidratadas. (Fuente: SENA)

Las semillas fueron molidas empleando un molino pulverizador de discos hasta obtener una harina final (Figura 2). Posteriormente, se realizó el análisis bromatológico de la harina de semilla el cual fue realizado por el laboratorio de calidad de la empresa PANAL. Los resultados obtenidos fueron Cenizas 1,07%; Nitrógeno 1,7%; Proteína 10,61%; Glucosa 22,73%; Manosa 17,06%; Grasa 5,48% y Sólidos 99,34%. Algunos de los datos obtenidos concuerdan con los reportados por Silva-Vega et al. (2017) y Vasco Méndez et al. (2005), quienes analizaron harina de semilla de Guayaba reportando contenidos de cenizas del 1,096% y 1,5% y de proteína de 8,788% y 9%, respectivamente. Este porcentaje de proteína le otorga a la harina de guayaba un potencial como aditivo o materia prima de una matriz alimentaria para potencializar el contenido de proteína.



Figura 2. Harina de semilla de Guayaba. (Fuente: SENA)

Al realizar el análisis sensorial por parte del equipo colaborativo en el que se evaluó la consistencia, sabor, apariencia y color se eligieron las formulaciones T1/L1 y T1/A1 para su posterior análisis con consumidores mediante la prueba descriptiva “Prueba de preferencia pareada”. Se seleccionaron 50 consumidores no entrenados entre los 21-45 años de edad de los municipios de Rionegro, La Ceja del Tambo, Marinilla y El Carmen de Viboral. La formulación seleccionada por preferencia fue la T1/L1 con la selección de 47 de los consumidores, indicando un nivel de preferencia del 94% con respecto a T1/A1.

La prueba de perfil de sabor de la muestra T1/L1 fue desarrollada en el Taller de Agroindustria, Subsede La Ceja, Centro de la Innovación, la Agroindustria y Aviación (CIAA) del SENA, por 15 Aprendices SENA con entrenamiento. La muestra se sirvió en una copa plástica con 50 mL de muestra, y después del análisis su evaluación de intensidad y amplitud se reportó que el sabor que más se percibe y con mayor residualidad es el de guayaba (Figuras 3).

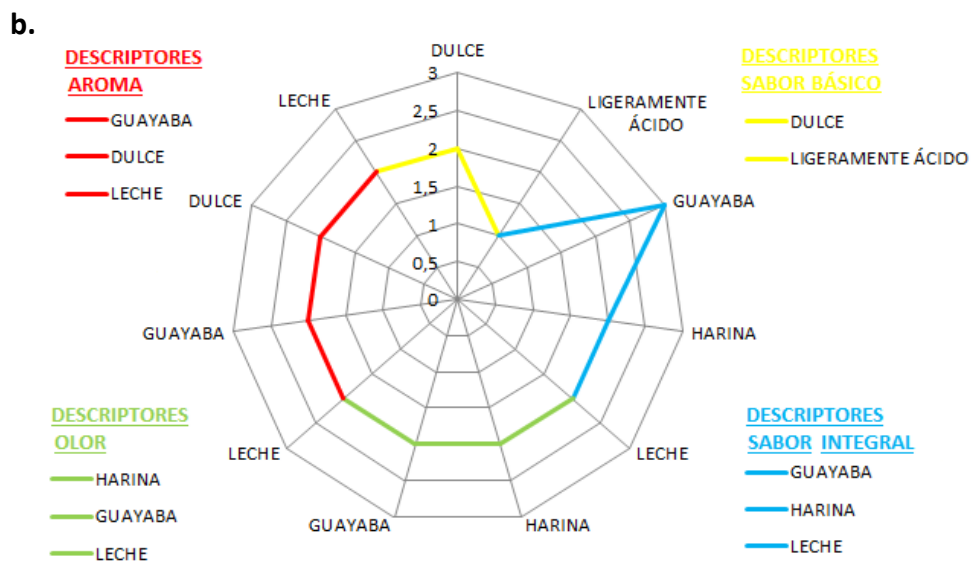
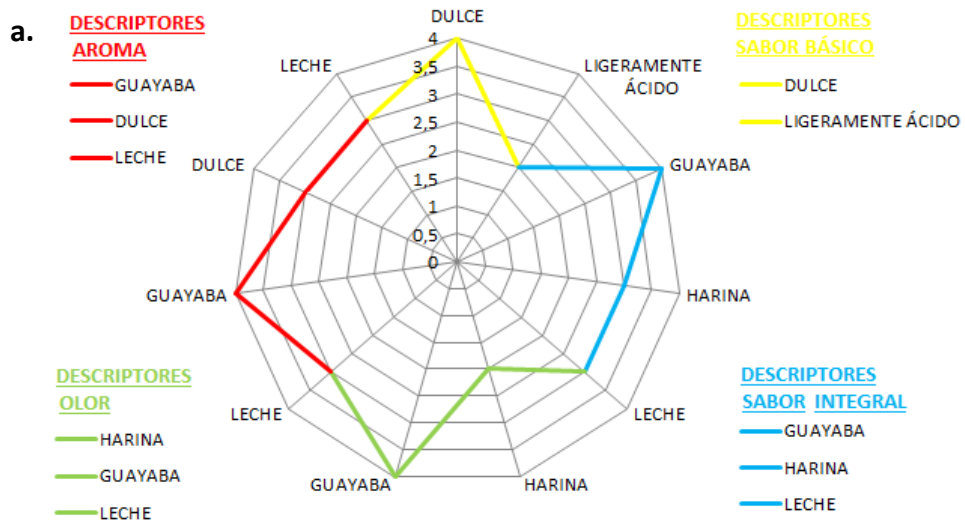


Figura 3. Evaluación de Intensidad de la muestra T1/L1 (a) y Amplitud de la muestra T1/L1 (b).

En cuanto a la textura se debe mejorar la granulometría, ya que la harina de semilla de guayaba se lograba percibir en algunos casos. Al final del proyecto se proyectó una bebida comercial de harina de arroz y harina de semillas de guayaba y endulzada con azúcar denominada Guayarina a la cual se le proyectó etiqueta y tabla nutricional teórica (Figura 4).



Figura 4. Bebida final de Harina de semilla de Guayaba obtenida T1/L1 – Guayarina. (Fuente. SENA).

4. CONCLUSIONES

Se logró caracterizar bromatológicamente la harina obtenida a partir de semillas secas de guayaba reportándose 3,91% de humedad, 1,07 de Cenizas, 10,61% de Proteína, 22,73% de Glucosa, 5,48% de Grasa y 99,34% de Sólidos. Adicionalmente, se estandarizó una formulación a base de leche descremada que contiene 50% de harina de semillas de guayaba y 50% harina comercial de arroz logrando un producto con características organolépticas agradables indicado por un nivel de preferencia del 94%, con comentarios por parte de los jueces tales como, sabor agradable y característico a guayaba.

En cuanto a la textura se debe mejorar la granulometría de la harina de semillas de guayaba ya que logra ser percibida por las panelistas. Así mismo se considera viable el aprovechamiento de dicha harina en la formulación de otros derivados agroindustriales gracias a su valioso aporte de proteína y carbohidratos para la industria alimentaria tanto humana como animal. También se puede reducir el impacto ambiental por la disposición de este subproducto y los posibles sobrecostos para las empresas generadoras de este residuo.



5. REFERENCIAS

- Alcalá, R. M., & Becerra, P. L. (2005). Determinación de las propiedades físico-químicas de la harina de semillas de guayaba (*Psidium guajava*). Recuperado el 24 de febrero de 2018, de http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion3/S3-BCA35.docx
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (1995). Official methods of analysis (16th ed.). Arlington, VA. USA: Association of Analytical Chemists. Recuperado el 24 de febrero de 2017, de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Bernardino Nicanor, A., Ortiz Moreno, A., Martínez Ayala, A., & Ortiz Dávila, G. (2001). Guava seed protein isolate: functional and nutritional characterization. *Journal of food biochemistry*, 77-90. Recuperado el 24 de febrero de 2018
- Elías, L. G. (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de Boletín De La Oficina Sanitaria Panamericana: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/15443/v121n2p179.pdf?sequence=1>
- Gutierrez-Devia, A.-A. (2013). Evaluación de la calidad de frutos de guayaba *Psidium guajava* L. del banco de germoplasma de Corpoica palmira. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12681/1/7508505.2013.pdf>
- Hanser, R. A., López, Y. O., Muñoz, I. R., Girón, L. H., & Vargas, M. C. (2012). Nivel de incidencia y principales factores de la desnutrición infantil. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1745/2/CURSO%20DE%20PROFUNDIZACION.pdf>
- Icontec NTC 4934. (2001). Análisis Sensorial. Metodología. Guía general para establecer un perfil sensorial. Bogotá.

Martínez Rada, L. (21 de abril de 2010). Importancia y utilidad de los subproductos en la industria alimentaria. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de El portal del subproducto: <http://tirsomestre.blogspot.com.co/2010/04/importancia-y-utilidad-de-los.html>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (Junio de 2017). Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2015. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11438/8507>.

Silva-Vega, M., Bañuelos-Valenzuela, R., Muro-Reyes, A., Esparza-Ibarra, E., & Delgadillo-Ruiz, L. (2017). Evaluación de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal. *Abanico veterinario*, 26-35. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v7n1/2448-6132-av-7-01-00026.pdf>.

Vasco Méndez, N. L., Toro Vázquez, J. F., & Padilla Ramírez, S. (2005). Composición química de la semilla de guayaba. Recuperado el 24 de febrero de 2018, de XII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia: http://congresos.cio.mx/2_enc_mujer/Extenso/Posters/S1-QUI07.doc.



OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE AGUACATE CV. 'HASS' (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

Durley Ruíz Arredondo¹, Pedro Andrés Rengifo Mejía²

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo Producción Agrícola, durley.arr@hotmail.com.

² Servicio Nacional de Aprendizaje. Instructor Área Agropecuaria. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, I.A. Esp. GIS, parengifo66@misena.edu.co.

RESUMEN

La fertilización del aguacate cv. 'Hass' presenta deficiencias por el no uso del análisis de suelos y la carencia de planes de fertilización. Este estudio evaluó la aplicabilidad de la programación lineal, empleando el complemento Solver de la herramienta ofimática de Microsoft Excel, para el mejoramiento de los planes de fertilización y minimizar los costos de los fertilizantes. Se recolectó información en las fincas de 10 productores, se elaboraron planes de fertilización con base en análisis de suelos existentes y se comparó con la fertilización y costos de las fincas objeto del estudio. Se aplicó la programación lineal mediante el complemento Solver, obteniéndose como resultados la disminución tanto de productos fertilizantes como de los costos de las fertilizaciones por hectárea y por árbol de aguacate.

Palabras clave: Aguacate, Costos, Nutrición, Programación lineal, Solver.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación aplicada es una herramienta formativa que desarrolla SENNOVA a través de diferentes proyectos de formación (SENNOVA-SENA, 2018). El objetivo de la investigación aplicada, es el contribuir a la actualización y mejora de la formación profesional integral, impartida en el SENA (Ley 119, 1994).

Uno de los enfoques que ha tenido la investigación aplicada a través de los proyectos formativos en el Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación, ha estado dirigido a la optimización de los recursos en el sector agropecuario. Una de las herramientas que existen

para resolver problemas de optimización se conoce como la programación lineal (PL) (Wayne, 2006). A través del método Simplex, dicha herramienta ayuda a encontrar la manera más adecuada para comparar los recursos y optimizar el valor de una función a la cual se le denomina función objetivo (Castorena, Ochoa & Morales, 2011). Según Pérez & Patiño (2012), la programación lineal ayuda a encontrar la manera más adecuada para comparar los recursos y optimizar el valor de una función llamada la función objetivo. Además, la hoja de cálculo más difundida en el mercado es Excel, que viene incluida en el paquete Office de Microsoft. El método simplex, con la ayuda del computador, puede resolver problemas de programación lineal hasta de varios millares de variables y restricciones (García, 1999). El Excel incluye una herramienta llamada Solver que aplica el método simplex para encontrar una solución óptima (Hillier & Lieberman, 2010, p.58).

Un estudio de línea base realizado en el municipio de Sonsón, Antioquia, relaciona que sólo el 31% de los productores realiza análisis edáfico y el 6% foliar (Establecimiento de la línea base, 2017).

Salazar(2009), manifiesta que las recomendaciones de fertilización empleadas en las distintas regiones productoras de aguacate son muy generales y tienden a ser usadas en grandes superficies plantadas, sin considerar las variaciones en la fertilidad de los suelos ni la condición nutrimental de los árboles. Esto ocasiona que frecuentemente se apliquen menos nutrientes que los necesarios para alcanzar la máxima producción de los huertos o que se incurra en la sobre-fertilización, propiciando desbalances nutrimentales, que además de limitar la productividad, contaminan los mantos acuíferos, especialmente con nutrientes fácilmente lixiviables como el nitrógeno.

Diversas investigaciones han mostrado la importancia de los índices nutrimentales foliares para la óptima producción de fruto (Salazar-García & Lazcano-Ferrat, 1999). Sobre aspectos específicos en la fertilización, la fertilización también tiene una gran importancia en la inducción floral y en general en la producción (Dussan, 2014).

La normatividad relacionada con los cultivos de aguacate destaca la importancia de diseñar un plan de fertilización para la nutrición del cultivo basado en el análisis de suelo y los requerimientos de la especie sembrada (Resolución 31021 ICA, 2017) y también cumplir con la resolución como predio exportador (Resolución ICA 448, 2017).



Según el ICA, el desarrollo de un plan de fertilización para el aguacate debe soportarse en el análisis de suelo y foliar del cultivo, así como en su historial de producción, debidamente documentado (Vigilancia tecnológica, 2017).

La mayoría de productores de aguacate en Colombia desconoce y otro tanto no aplica criterios básicos para el manejo de la fertilización de sus cultivos que, sumado a otras prácticas de manejo deficientes (aplicación de riego, manejo de plagas y enfermedades, labores de cosecha oportunas, entre otros), convierten al aguacate en un cultivo con bajo nivel de tecnificación. Para 2015 se obtuvo a nivel nacional un rendimiento promedio de 9,5 Ton/Ha (Agronet, 2016), que se considera una baja producción en relación con el rendimiento potencial, reportado en 32,5 Ton/Ha (Rebolledo & Dorado, 2017).

Una herramienta que puede ser empleada para el uso eficiente de los fertilizantes en los programas de fertilización de los cultivos, es la programación lineal, lo que se constituye en una base para los programas de manejo sustentable y manejo óptimo de los recursos económicos dentro de la empresa agropecuaria, de allí la pertinencia del mismo.

El objetivo de este trabajo fue analizar la aplicación de la programación lineal en la optimización de los planes de fertilización de 10 productores de aguacate de la Asociación de Aguacateros del municipio de Abejorral (ASOA), Antioquia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

Para el desarrollo del trabajo se utilizó un método investigativo cualitativo de acción participativa, con una muestra de 10 fincas al azar (Tabla 1), ubicadas en el oriente antioqueño, municipio de Abejorral y que contaron con mínimo un análisis de suelos de un lote de la finca.

Tabla 1. Descripción de las fincas participantes en el estudio.

Nombre Finca	Vereda	Altura sobre el nivel del mar	Latitud N	Longitud W	Área total de la finca (Ha)	Edad Promedio de los árboles de aguacate
La Nubia	La Esperanza	2146	5°45'54.5"	75°25'54.5"	14,4	7
La Compañía	La Esperanza	2214	5°46'89"	75°25'36.6"	19	1,5
El Aguacate	La Polca	2166	5° 46' 32.844"	75° 22' 54.372"	2,5	7
La Paz	La Polca	2152	5° 46' 19.38"	75° 23' 2.616"	4	3,5
Terrapalta	La Esperanza	2229	4° 35' 46.32"	74° 4' 39"	56,96	4,5
Popal Villa Paula	La Labor	2200	5° 47' 48.588"	75° 25' 33.492"	5,4	3,5
La Montañita	San Bernardo	2100	9°74'25,5"	75°28'26,6"	5	7
La Puerta del Burro	La Labor	2232	5°47'34,6"	75°25'03,4"	9	7
Bellavista	San Antonio	2216	5°46'44,4"	75°25'11,05"	11	4,5
El Guarango	San José	2082	5°49'34,0"	75°27'54,8"	50	7

Fuente: Elaboración propia.

ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La recolección de los datos se realizó mediante encuestas en el mes de abril del año 2018, donde se obtuvieron datos como información general de la finca, georreferenciación, área cultivada en aguacate, variedades, edades, formas y distancias de siembra, patrones, existencia o no de análisis de suelos y foliares. Con respecto a la fertilización se recogió información acerca de las fuentes de nutrientes, dosis y épocas de aplicación, se evaluó la productividad al momento de la realización de la encuesta.

El análisis de datos se realizó mediante elaboración de planes de fertilización, uso del complemento Solver de la herramienta ofimática Excel, una plantilla para el ingreso de datos, comparación con tablas y alimentación con la información copiada en diferentes agrotiendas en el municipio de Abejorral.

El complemento Solver tiene una serie de menús, los cuales, mediante su alimentación con los datos copiados, permite o bien maximizar, minimizar o darle un criterio a la función objetivo. Para la investigación se minimizó los costos y las restricciones se ubicaron como mayores o iguales a los nutrientes puros requeridos.



ELABORACIÓN DEL PLAN DE FERTILIZACIÓN

Con los datos del análisis de suelos, para cada elemento mediante un paso a paso donde se obtienen las cantidades expresadas en el análisis en ppm o miliequivalentes por 100 gramos de suelo se convierten a la cantidad presente en el suelo en kilogramos por hectárea y luego a estas cantidades se restan los requerimientos del cultivo del aguacate, para obtener la cantidad requerida por el cultivo expresada en kilogramos de nutriente puro por hectárea. A continuación, se puede convertir esa cantidad a un fertilizante, teniendo en cuenta la eficiencia del mismo. Para la investigación se emplearon los valores de extracción y eficiencia propuestos por Rebolledo (2017), (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de extracción de nutrientes en un cultivo de aguacate cv. 'Hass' (rendimiento 10 Ton/ha) y eficiencia de cada elemento.

Elemento	Extracción (kg/ha)	Eficiencia (%)
Nitrógeno	94,56	50
Fósforo	22,08	10
Potasio	105,9	70
Azufre	16,41	80
Calcio	14,22	60
Magnesio	5,49	60
Hierro	0,222	80
Cobre	0,09	80
Manganeso	0,06	80
Zinc	0,135	80
Boro	0,111	80

Fuente: Rebolledo, 2017.

ESTIMACIÓN DE LA COSECHA

De 90 árboles escogidos al azar dentro del lote, se contaron todos los frutos presentes en cada árbol. Posteriormente se tomaron 5 frutos al azar del lote y se pesaron para luego obtener el peso promedio de un fruto. Para la obtención de la estimación de la cosecha, se multiplica el total de frutos contados en los 90 árboles por el peso promedio de un fruto, a este resultado se debe multiplicar el número de árboles del lote y dividir esto por 90. El resultado se divide por 1000, para obtener las toneladas por hectárea. Estos resultados de estimación de cosecha, se relacionan con el momento en que se toman los datos, la edad promedio del cultivo, estados o periodos que presente este en cuanto a su comportamiento fisiológico y las prácticas agronómicas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El proceso de toma de datos en Abejorral se realizó en campo por parte de los aprendices bajo la metodología de investigación participativa.

a.



b.



Figura 1. Toma de datos con los productores en sus fincas (a); Evaluación de la productividad, mediante estimación de la cosecha (b).

ELABORACIÓN DEL PLAN DE FERTILIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA COSECHA

En la **Tabla 3**, se presentan las fincas participantes y el resultado de los nutrientes puros requeridos dentro de los planes de fertilización realizados.

Tabla 3. Resultado para las fincas en nutrientes puros, para el cultivo de aguacate cv. 'Hass' del municipio de Abejorral.

Nombre Finca	Vereda	Cálculo Nutriente Puro a aplicar en base al análisis de suelos (Kg/ha)										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
La Nubia	La Esperanza	75,42	16,58	54,42	-337,8	-56,55	15,31	-48,2	-0,13	-3,24	-0,965	0,045
La Compañía	La Esperanza	67,7	13,08	-118,7	-417,8	-170,9	-8,79	-227	-3,51	-5,34	-17,87	-0,789
El Aguacate	La Polca	86	3,24	-434,6	-2,091	-176	-33	-42,5	-2,016	-8,38	-39,29	-0,339
La Paz	La Polca	68,64	-39,12	105,5	1,98	-102,5	14,61	-133	-7,11	-14,4	-23,34	0,429
Terrapalta	La Esperanza	87,81	9,12	105	-2002	-273,2	5,25	-3,38	-1,71	-28,7	-13,91	-0,681
Popal Villa Paula	La Labor	65,75	19,02	-90,66	-666,2	-106,8	-1,59	-17,8	-1,71	-30,5	-7,605	0,057
La Montañita	San Bernardo	70,8	-4,92	-371,5	-10,86	-1,075	-52	-527	17,91	-1,67	1,74	1,6
La Puerta del Burro	La Labor	80,45	20	28,68	-345,8	-78,75	-5,82	-12	-0,4	-0,35	-0,459	-1,329
Bellavista	San Antonio	55,1	13,08	-462,7	-381,8	-167,3	-23,2	-514	-3,51	-7,07	-3,54	-0,717
El Guarango	San José	63,78	0,48	-266,2	-21,78	-37,71	11,01	-201	-8,91	-16,1	-19,74	-0,141

Se presenta un ejemplo del resultado del ingreso de los datos en la plantilla de la hoja de cálculo y la obtención del costo mínimo para una determinada mezcla de fertilizantes por hectárea. En esta plantilla se ingresan los contenidos de cada fertilizante, las restricciones (en este caso el nutriente puro requerido) y los precios al momento de realizar la optimización con el complemento Solver de programación lineal (Tabla 4a).

Así para la finca anteriormente ejemplificada, el complemento Solver entrega una combinación de los fertilizantes de urea, precisagro, yeso, borozinco y campofos, con un costo mínimo de \$170.052 pesos COP por hectárea. En la Tabla 4b, se presenta una comparación, entre los resultados para cada finca con el complemento Solver, basados en el análisis de suelos y el plan de fertilización y las aplicaciones que realizan los productores.

En promedio los productores invierten en su fertilización por cada árbol de aguacate cv. 'Hass' cerca de \$76.984 pesos COP. Además, con respecto a esto los aprendices comentan que observaron que los productores muchas veces no emplean los análisis de suelos. De los diez productores participantes sólo uno (1) se observó con un plan de fertilización, los demás hacen las aplicaciones muchas veces sin tener en cuenta

las recomendaciones de un profesional, o siguen las recomendaciones parcialmente o las cambian, entre otros.

Tabla 4. Ejemplo de empleo del complemento de optimización Solver (a), comparación entre la fertilización aplicada por los productores y la recomendada por la aplicación Solver para aguacate cv. 'Hass' en el municipio de Abejorral (b).

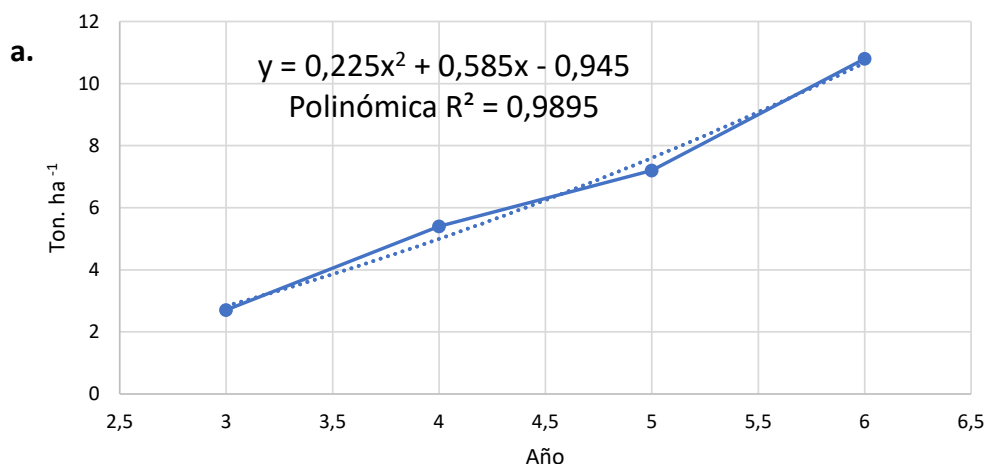
a. Análisis con el complemento Solver para aplicar programación lineal a la fertilización en Aguacate

CÁLCULO DE FERTILIZANTES SIMPLES+COMPUESTOS+MENORES CON COSTO MÍNIMO														
	COMPOSICIÓN													
FERTILIZANTE	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Costo Producto \$ por bultos	Cantidad Producto para la mezcla en bultos	
UREA NUTRIMON	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 65.000	1,03	
NITRABOR	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 82.000	0,00	
DAP NUTRIMON	18	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 89.000	0,00	
KLC PRECISAGRO	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 62.000	0,00	
15 MENORES	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 71.500	0,00	
PRECISAGRO 11-30-10	11	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 72.800	0,00	
PRECISAGRO 13-26-6	13	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 68.500	0,00	
PRECISAGRO 17-6-18	17	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 62.000	0,00	
PRECISAGRO 25-4-54	25	4	54	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 66.000	1,01	
CAL DOLOMITA	0	0	0	0	55	35	0	0	0	0	0	\$ 8.600	0,00	
10-20-30 PRECISAGRO	10	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 72.500	0,00	
15-4-23 PRECISAGRO	15	4	23	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 65.000	0,00	
31-8-8 PRECISAGRO	31	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 67.500	0,00	
10-20-20 PRECISAGRO	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 68.500	0,00	
31-8-8 DIABONO	31	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 68.000	0,00	
NITRASAM	28	4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	\$ 71.000	0,00	
YESO	0	0	0	16	30	0	0	0	0	0	0	\$ 15.800	0,95	
NUTRIMON 17-6-18	17	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 79.000	0,00	
INTEGRADOR	15	9	20	9,5	0	1,8	0	0	0,02	0,02	0,015	\$ 96.000	0,00	
HIDROCOMPLEX	11	11	18	0	8	0	0	0	0	0	0	\$ 120.000	0,00	
BOROZINCO	0	0	0	6	0	0	0	0,5	0	15	2,5	\$ 87.000	0,02	
NITROEXTED	40	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	\$ 69.000	0,00	
NITROCALCIO	15,5	0	0	0	11,5	0	0	0	0	0	0	\$ 36.000	0,00	
AGRIMINS	8	5	6	16	180	0	0	7,5	0	0	0	\$ 81.000	0,00	
10-20-20 NUTRIMON	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 88.000	0,00	
15-4-23 NUTRIMON	15	4	23	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 76.500	0,00	
25-15-0-20 NUTRIMON	25	15	0	20	0	0	0	0	0	0	0	\$ 78.500	0,00	
MICROESENCIAL	12	40	0	10	0	0	0	0	0	0	0	\$ 98.000	0,00	
BLKRN 50/25	16	8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 246.000	0,00	
NUTRI3	25	4	24	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 63.000	0,00	
CAMPOFOS	12	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 84.000	0,24	
DRIPLEX	13	40	13	0	0	0	0	0	0	0	0	\$ 320.000	0,00	
	75,4	18,6	54,4	15,3	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0			
Restricciones	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	Costo Mínimo de la Mezcla		
Requerimiento por Analisis	75,42	18,58	54,42	15,31	0	0	0	0	0	0	0	0,045	\$ 170.052	
Datos del Plan de Fertilización	75,42	18,58	54,42	15,31	-337,78	-56,55	-48,17	-0,13	-3,24	-0,96	0,045			
Requerimiento base	94,560	22,080	105,900	16,410	14,220	5,490	0,222	0,090	0,060	0,135	0,111			

b.

		PRODUCTOR		OPTIMIZACIÓN CON SOLVER			
Nombre Finca	No. De árboles/Ha	\$/Ha	\$/árbol	\$/ha	\$/árbol	Edad Promedio de los cultivos de aguacate Hass en la finca (años)	Productividad real presentada(Ton/ha)
La Nubia	321	\$ 15.509.757	\$ 48.317	\$ 170.052	\$ 530	7	4,12
La Compañía	236	\$ 8.300.356	\$ 35.171	\$ 110.025	\$ 466	1,5	1,5
El Aguacate	156	\$ 23.536.812	\$ 150.877	\$ 125.083	\$ 802	7	0,41
La Paz	321	\$ 22.290.882	\$ 69.442	\$ 176.365	\$ 549	3,5	1,1
Terrapalta	333	\$ 52.040.241	\$ 156.277	\$ 201.417	\$ 605	4,5	3,03
Popal Villa Paula	462	\$ 5.799.948	\$ 12.554	\$ 115.797	\$ 251	3,5	3,02
La Montañita	204	\$ 15.039.900	\$ 73.725	\$ 319.183	\$ 1.565	7	2,6
La Puerta del Burro	204	\$ 32.861.340	\$ 161.085	\$ 149.668	\$ 734	7	0,66
Bellavista	400	\$ 12.606.800	\$ 31.517	\$ 92.235	\$ 231	4,5	1,54
El Guarango	204	\$ 6.297.480	\$ 30.870	\$ 90.651	\$ 444	7	1,68
Promedio	284,1	\$ 19.428.352	\$ 76.984	\$ 155.048	\$ 618	5,25	1,97

De acuerdo a los datos de información agronómica de 2001, que relaciona la productividad promedio del aguacate de acuerdo a su edad (sin especificar la variedad), se analizaron los datos del rendimiento promedio para el aguacate en edades jóvenes (entre el tercer y sexto año). Con esta información se construyó una gráfica de tendencia de tipo polinómico (que representa mejor los datos) con un coeficiente de correlación R^2 de 0,989 (Figura 2a), que fue empleada para comparar la productividad presentada en cada finca (datos reales) respecto a la producción modelada (Figura 2b).



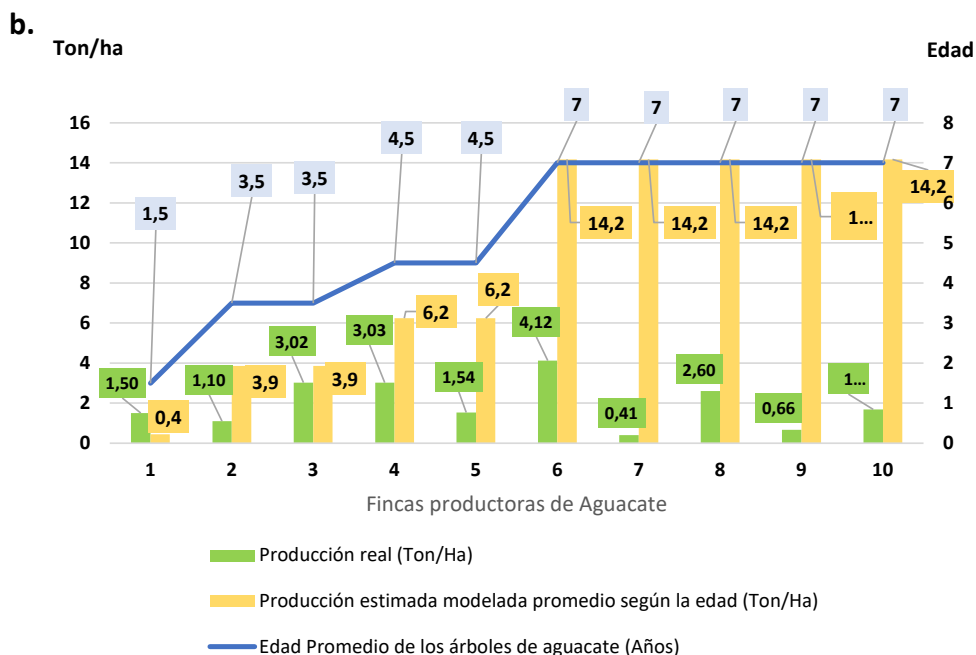


Figura 2. Rendimiento promedio esperado y línea de tendencia polinómica (a), producción (Ton/Ha) versus la producción modelada de acuerdo a la edad para 10 productores del municipio de Abejorral (b).

El complemento Solver, permitió obtener una reducción importante en los costos, cerca de \$618 pesos COP por árbol en promedio frente a los \$76.984 pesos por árbol en promedio que tienen los productores de aguacate cv. 'Hass' participantes del estudio del municipio de Abejorral. Esta reducción en los costos, está en concordancia con lo reportado por Zamora et al., (2005), quienes demostraron mediante programación lineal una reducción de los costos en el diseño de sustratos, reduciendo de esta manera el número de mezclas por analizar hasta en un 93%, además de que permitió minimizar los costos de producción maximizando resultados. En un estudio con café, se mostró una reducción de 38,52% en los costos de fertilización.

En la Tabla 5. Se presenta la diferencia entre la aplicación de los fertilizantes de los productores y la propuesta de optimización con Solver. Al aplicar las cantidades correctas, además, se contribuye con los riesgos ambientales que se pueden presentar al aplicar sobredosis de estos insumos.

Tabla 5. Promedio de aplicación de fertilizante (Kg/árbol) por los productores frente al complemento Solver.

Productor	Kilos aplicados productores/árbol	Solver
1	3,25	0,5
2	24	0,34
3	21,8	0,6
4	21,2	0,47
5	114	0,47
6	46,16	0,18
7	14	1
8	29,01	0,54
9	13,38	0,16
10	13,38	0,34
30		0,46
30000 gramos / árbol		460 gramos / árbol

4. CONCLUSIONES

Se determinó la importancia del correcto uso del análisis de suelos y junto con este del plan de fertilización para el cultivo de aguacate cv. 'Hass' en el municipio de Abejorral. Se observaron altos incrementos en los costos de fertilización por incorrectas recomendaciones y planificaciones de la fertilización por parte de los productores de aguacate de la región.

El uso de la herramienta de optimización con Solver permite incluir los costos de los fertilizantes (actualizados) en las recomendaciones para los productores para la toma de decisiones, disminuir costos y aplicar dosis que no generen afectaciones al medio ambiente.

El estudio permitió a los aprendices SENA Tecnólogo de Producción Agrícola, profundizar en las competencias sobre suelos y fertilización. Esta investigación es un importante insumo para los productores de aguacate cv. 'Hass'. Se espera realizar futuras profundizaciones y aplicar el mismo modelo a otras regiones, así como a otras variedades de aguacate y otras especies.

5. REFERENCIAS

- Bernal E., J. A. (2016). Estudios ecofisiológicos en aguacate cv. Hass en diferentes ambientes como alternativa productiva en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, Colombia.
- Castorena M., Valentín, R., Ochoa H., M. B., Morales G., M. (2011). Investigación de Operaciones. México McGraw-Hill.
- Dussan B., C. A. (2014). Técnicas de inducción floral como mecanismo para la programación de cosechas de aguacate Hass producidos en la zona marginal alta cafetera. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Dosquebradas, Risaralda. Colombia
- Establecimiento de la línea base de predios productores de aguacate en el Municipio de Sonsón (Antioquia). (2017). SENA Centro de la Innovación La Agroindustria y la Aviación-SENA Emprende Rural-AGROSENA. Sonsón, Antioquia.
- García V., R. J. (1999). Evaluación de opciones de producción comercializables: Uso de la programación lineal con pequeños productores de laderas. Universidad Zamorano, Zamorano, Honduras.
- Granados H., A. M. (2013). Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (Persea americana Mill.) cv. Lorena en San Sebastián de Mariquita en el Departamento del Tolima. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Hillier, F., Lieberman, G. (2010). Introducción a la Investigación de Operaciones. México: McGraw-Hill.
- Información agronómica de los cultivos representativos del Departamento para la realización de las evaluaciones agrícolas semestrales. (2001). Unidad Regional de Planificación Agropecuaria URPA. Secretaría de Agricultura y Pesca Departamento del Valle del Cauca; 2da Edición. 48 p,
- Ley 119 del 9 de febrero 1994. (2018). Agencia Pública de Empleo. Recuperado de <https://agenciapublicadeempleo.sena.edu.co/Normatividad/Ley%20119%20de%201994.pdf>



Pérez S., E., Patiño D., M. R. (2012). Optimización. Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Rebolledo R., A., Dorado G., D. Y. (2017). Criterios para la definición de planes de fertilización en el cultivo de Aguacate Hass con un enfoque tecnificado. CORPOICA, Mosquera. Cundinamarca.

Resolución ICA 448 (20 de enero de 2016). Requisitos predio exportador. Luis Humberto Martínez Lacouture.

Resolución ICA 30021 (28 de abril de 2017). Requisitos para la certificación en buenas prácticas agrícolas. Luis Humberto Martínez Lacouture.

SENNOVA-SENA. (2018). Tecnología-Innovación. Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/formacion/Paginas/tecnologia-innovacion.aspx> [agosto 10, 2018].

Vigilancia estratégica y análisis del sector aguacate. (2017). Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación. Servicio Nacional de Aprendizaje. SENA. Rionegro. Antioquia.

Wayne L, W. (2006). Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos. México: Ed. Thomson.

Zamora M., B. P., Sánchez G., P., Volke H., V. H., Espinosa, V., D., & Galvis S., A. (2005). Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. *Interciencia*, 30(6), 69-81. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000600011&lng=es&tlng=pt. [septiembre 14, 2018].

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA L.*) “VERÓNICA” BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN

Gustavo Adolfo Villa Ramírez, Berenice Giraldo Valencia, Martha Luz Orrego Cardona, Lina María Díaz López, Beatriz Estella Jaramillo Álvarez, Héctor Enrique García Hinestroza

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, gavilla84@misena.edu.co.

² Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, bgiraldo22@misena.edu.co.

³ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, mlorrego3@misena.edu.co.

⁴ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, linamariadiaz@misena.edu.co.

⁵ Servicio Nacional de Aprendizaje Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, betyjara@misena.edu.co.

⁶ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias, garciahector@misena.edu.co.

RESUMEN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una hortaliza que se consume en crudo y contiene múltiples beneficios, convirtiéndose en una de las más apetecidas a nivel mundial. La siembra se realiza directamente en el suelo cuyos rendimientos de Ton/Ha son muy bajos, con lo cual la relación costo beneficio no es llamativa. El objetivo de este trabajo fue la comparación del método de producción hidropónica de lechuga crespa “verónica” y la siembra en suelo. Para ello se construyó un invernadero en el cual se establecieron los sistemas de producción, en los cuales se sembraron plántulas de lechuga registradas y se recolectaron datos como: rendimiento, peso, tamaño, número de hojas, y costos de producción. Estos datos fueron el insumo que permitió determinar mediante una investigación aplicada y con el método descriptivo observacional que el método más efectivo es la hidroponía ya que, el ciclo de producción fue más corto (45 días) y el rendimiento por m² fue de 24 kg, a pesar de ser costoso en su fase inicial.

Palabras clave: Lechuga, producción agrícola, siembra en suelo, hidroponía, cosecha, productividad.



1. INTRODUCCIÓN

La lechuga es una planta herbácea anual, dicotiledónea, autógama, perteneciente a la familia Asteraceae, cuyo nombre científico es (*Lactuca sativa* L.) (Giaconi & Escaff, 2004). El tipo de hoja suelta corresponde a la variedad botánica Crispa y el tipo de cabeza a la variedad Capitata (Lee & Escobar, 2000). Normalmente, se utiliza en fresco en ensaladas y como acompañante en diferentes platos, es diurética y contribuye a la cura de enfermedades (Serafini et al., 2002; Nicolle, Cardinault, Gueux, Jaffrelo, & Rock, 2004; Guerrero & Rojano, 2010). De manera tradicional ese tipo de hortaliza se siembra en camas en el suelo con una preparación adecuada para el establecimiento del cultivo (Eda, Theodoracopoulos, Lardizabal, & Arias, 2009) presentándose en algunos casos problemas productivos que se ven reflejados en la calidad del producto cosechado y el bajo rendimiento por hectárea el cual en Colombia es de 16,2 ton/ha (AGRONET, 2017). Sin embargo, desde hace algunos años se vienen desarrollando técnicas que permitan tener productos con características homogéneas y uniformes, además, de que cumplan con el valor nutricional requerido como los son las técnicas hidropónicas (Hernández & Martínez, 2010; Oasis plant, 2017), las cuales consisten en controlar la nutrición y los ambientes de las plantas. (Gilsanz, 2007; Hernández & Martínez, 2010; Centes, Lagos, & Javier, n.d.). Este método, es utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola (López et al., 2011), el cual puede realizarse en espacios reducidos y no necesita grandes extensiones de tierra, ni la utilización excesiva de químicos que alteren la calidad del producto. Por esta razón, el objetivo de esta investigación es la valoración y comparación de aspectos como el rendimiento, la calidad comercial y los costos de producción del cultivo de lechuga bajo condiciones controladas en sistemas hidropónicos versus siembra en suelo, lo cual permitirá encontrar una alternativa de producción de alimentos más amigable con el medio ambiente y más rentable.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

La investigación aplicada se realizó en la finca la Escuelita; ubicada en la vereda San José de las Cuchillas a una distancia

de 3 Km aproximadamente del casco urbano del municipio de Rionegro y a 53 Km de la ciudad de Medellín cuyas coordenadas geográficas son: 6°10'26.8"N+75°23'18.1"W. Zona de vida Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST) con una temperatura promedio de 17.4 °C, precipitaciones promedio de 2272 mm y un brillo solar promedio de 4,9 horas al día.

ESTABLECIMIENTO DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Se construyó un invernadero (FAO, 2017) para establecer los dos tipos de sistemas productivos (Figura 1), cuyo material vegetal fueron plántulas de lechuga cresa (*Lactuca sativa* L.) “Verónica” con registro ICA.

SISTEMA DE LECHUGA HIDROPÓNICO

Se construyó una estructura vertical a partir de tubos PVC con espacio para sembrar 100 plántulas. Se realizó monitoreo diario de pH, conductividad eléctrica y temperatura de la solución nutritiva, además del monitoreo fitosanitario semanal (Figura 1). El riego se realizó mediante un programador y la cosecha se efectuó a los 45 días (Serafin, 2006).

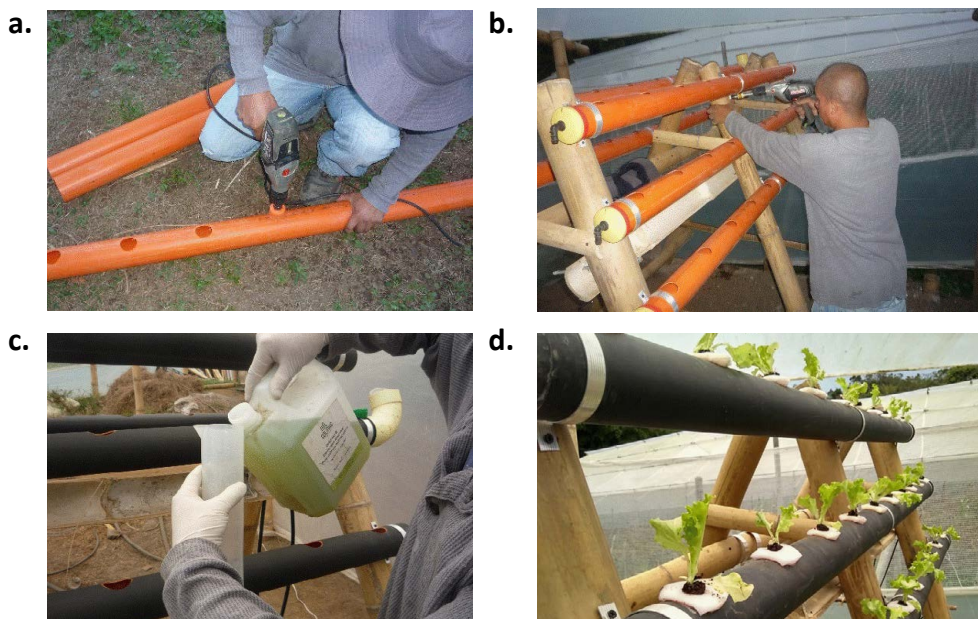


Figura 1. Sistema de producción hidropónico. Tubos PVC empleados (a), montaje de la estructura (b), soluciones nutritivas empleadas (c) y plántulas de lechuga sembradas (d) (Fuente. SENA)

SIEMBRA EN SUELO BAJO INVERNADERO

Se elaboraron camas y se colocó mulch plástico para sembrar 270 plántulas. Se estableció un sistema de riego por goteo y se realizó monitoreo de plagas semanalmente. La cosecha se efectuó a los 60 días (Gobernación de Antioquia, 2016).

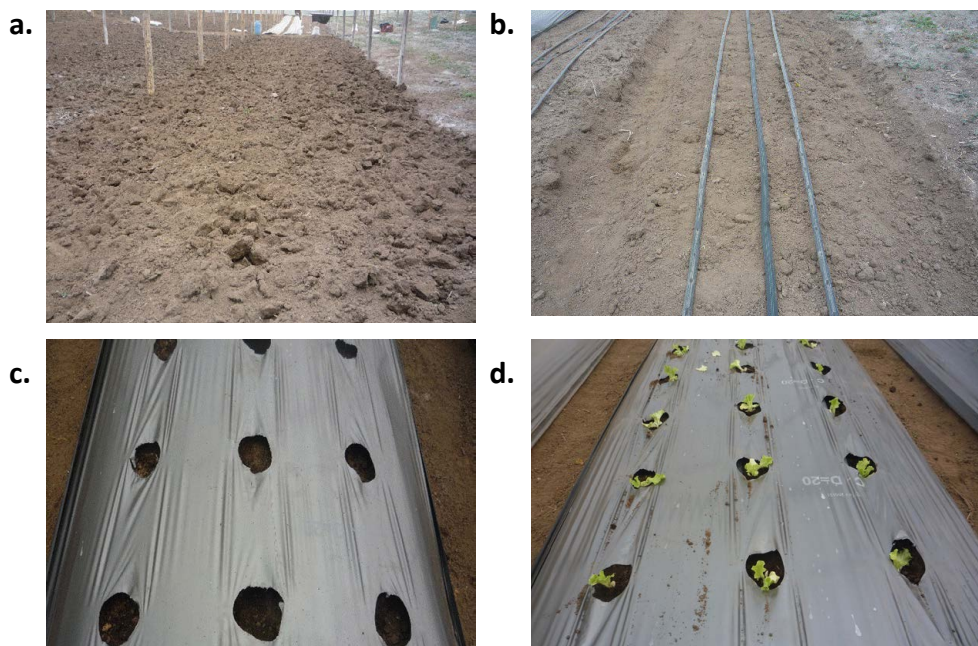


Figura 2. Cultivo de lechuga en suelo. Preparación del terreno (a), sistema de riego (b), mulch plástico empleado (c) y plántulas de lechuga sembradas (d). (Fuente: SENA)

Evaluación de los resultados y determinación del método de producción más efectivo

Los datos recolectados por medio de un método descriptivo observacional fueron analizados y comparados mediante la herramienta de análisis de datos estadística descriptiva de Excel para determinar cuál de los dos es el recomendado para la producción de lechuga.

Se recolectaron y se registraron datos como rendimiento de cosecha por metro cuadrado, peso por lechuga cosechada, tamaño, número de hojas, y costos de producción durante tres periodos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CICLO PRODUCTIVO DE LA LECHUGA EN CADA SISTEMA

El sistema de siembra tradicional es más largo que el sistema de siembra en hidroponía, con una diferencia de 15 días (Figura 3), ventaja importante frente al cumplimiento de entrega del producto al mercado, lo que hace justificable la relación costo beneficio de este último sistema.

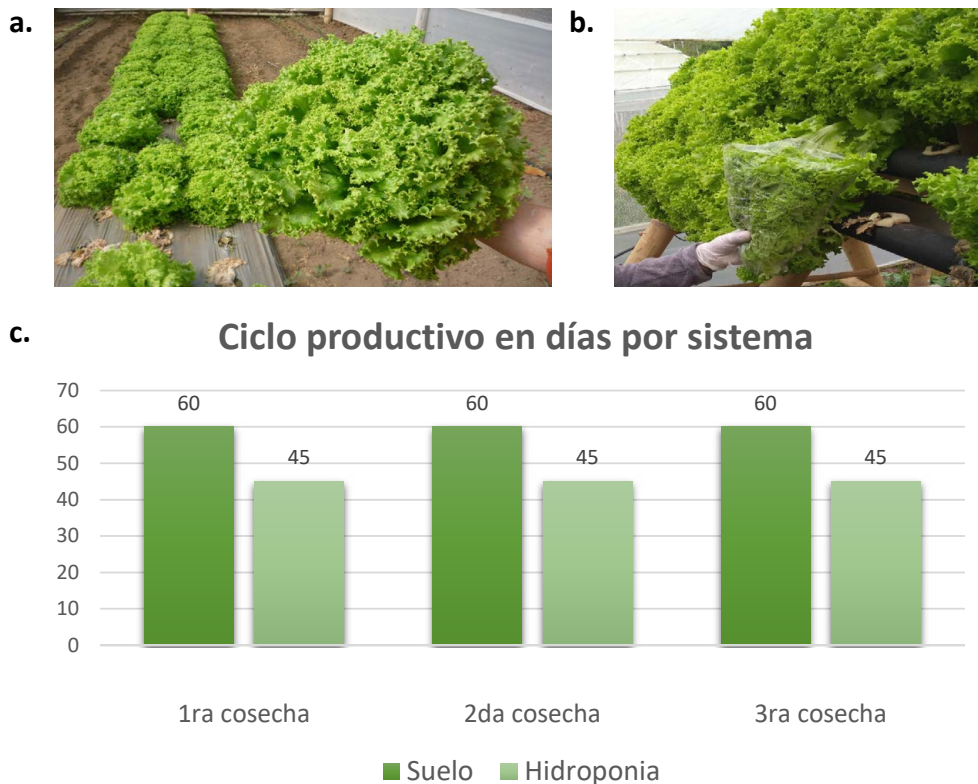


Figura 3. Cultivo de lechuga en suelo (a), cultivo en hidroponía (b) y comparativo del ciclo productivo en los dos sistemas productivos evaluados (c).

TAMAÑO Y NÚMERO DE HOJAS EN LAS LECHUGAS COSECHADAS

El tamaño promedio de la lechuga cosechada del sistema en hidroponía fue mayor que el promedio de la lechuga cosechada en el sistema tradicional (Figura 4a). Esta diferencia es importante para el

consumidor final, el cual prefiere un producto con buen tamaño y buen precio.

Las lechugas sembradas en el suelo, desarrollaron mayor número de hojas que las lechugas sembradas en el sistema hidropónico (Figura 4b). En promedio 4 hojas, pero esta diferencia es compensada en el último sistema con el tamaño de las lechugas cosechadas.

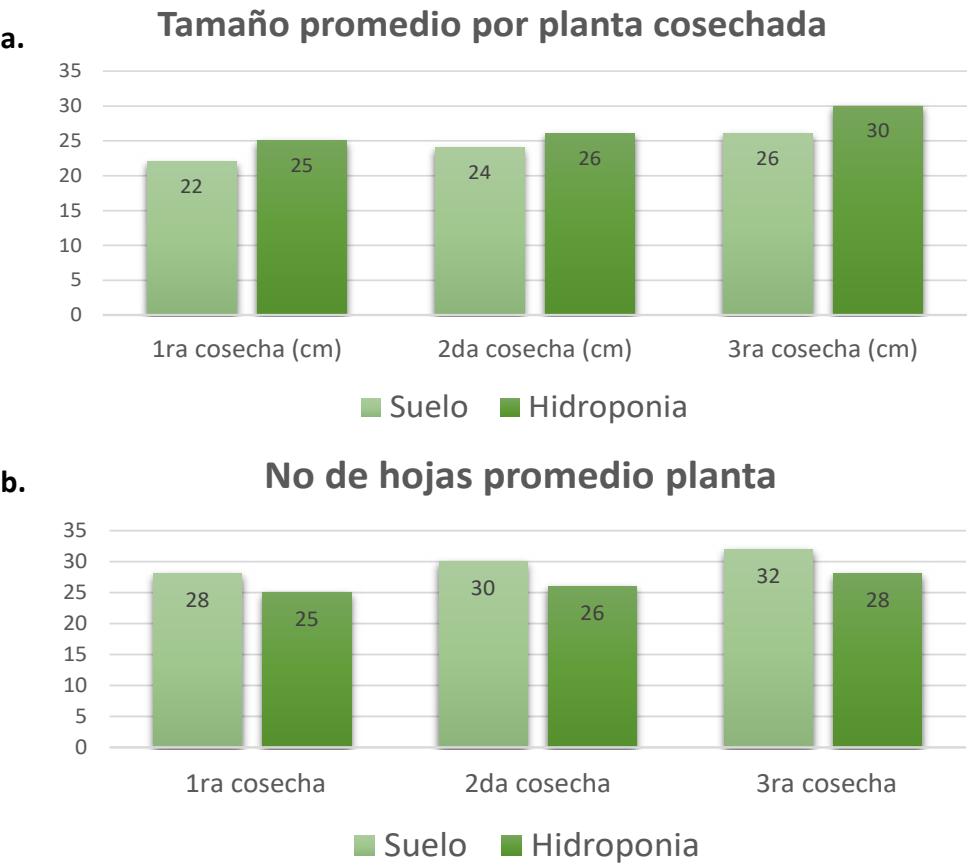


Figura 4. Comparativo del diámetro promedio en centímetros (a) y Número de hojas (b) por planta cosechada de los dos sistemas productivos.

PESO Y RENDIMIENTO

El peso y rendimiento final fue el resultado más relevante de la investigación, ya que las lechugas cosechada en el sistema

a.

Cosecha	Suelo (g)	Hidroponia (g)
1ra cosecha (g)	400	420
2da cosecha (g)	480	450
3ra cosecha (g)	500	590

b.

A bar chart comparing the number of plants per square meter for two cultivation methods. The x-axis has two categories: 'Suelo' and 'Hidroponia'. The y-axis represents the number of plants per square meter, ranging from 0 to 30 in increments of 5. The bar for 'Suelo' is green and has a value of 6,9 labeled above it. The bar for 'Hidroponia' is also green and has a value of 24 labeled above it.

Cultivo	Plantas por metro cuadrado
Suelo	6,9
Hidroponia	24

COSTOS DE PRODUCCIÓN

Existe una diferencia importante entre los dos sistemas, siendo más costoso el sistema hidropónico (costo unitario de producción), ya que este requiere una infraestructura inicial para su establecimiento. Sin embargo, como este sistema solo necesita un mantenimiento adecuado para otros ciclos productivos, la relación costo beneficio en comparación con la producción tradicional en suelo es justificable (Figura 6).

a.

	Centro de la innovación la Agroindustria y la Aviación			
	CULTIVO:	Lechuga crespa hidropónica		
	AREA:	3,2 m² (12 m²)		
CANTIDAD PRODUCIDA		300	UNIDAD MEDIDA	Unidad
CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS				
COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES		
DETALLE	VALOR	DETALLE	VALOR	
Depreciación herramientas	\$ 22.248,00	Insumos	\$ 45.500,00	
Depreciación otras herramientas	\$ 55.397,00	Plántulas	\$ 7.500,00	
Depreciación invernadero	\$ 86.444,00	Transporte de insumos	\$ 40.000,00	
Depreciación construcción SIS. NFT	\$ 26.533,00	Nómina	\$ 148.750,00	
Depreciación sistema de riego	\$ 12.008,00			
Depreciación maquinaria	\$ 23.010,00			
COSTOS FIJOS TOTALES	\$ 225.640,00	COSTOS VARIABLES TOTALES	\$ 241.750,00	
			C.V.U	\$ 805,83
COSTOS DE PRODUCCIÓN				
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN		\$ 467.390,00		
COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN		\$ 1.557,97		
UTILIDAD DESEADA EN PORCENTAJE		30%		
VALOR UTILIDAD		\$ 467,39		
PRECIO DE VENTA UNITARIO		\$ 2.025,36		
PRECIO DE VENTA EN EL MERCADO		\$ 800,00		
PUNTO DE EQUILIBRIO PARA ESTA PRODUCCIÓN				
P.E = C.F.T/P.V.U-C-V-U				
PUNTO DE EQUILIBRIO POR CULTIVO				
185,02				

 Servicio Nacional de Aprendizaje	Centro de la innovación la Agroindustria y la Aviación			
	CULTIVO:	Lechuga crespa (siembra en suelo)		
	AREA:	30,8 m ² (35 m ²)		
CANTIDAD PRODUCIDA		780	UNIDAD MEDIDA	Unidad
CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS				
COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES		
DETALLE	VALOR	DETALLE	VALOR	
Depreciación invernadero	\$ 85.555,00	Insumos	\$ 97.908,00	
Depreciación fumigadora	\$ 21.000,00	Plántulas	\$ 17.010,00	
Depreciación motobomba	\$ 56.000,00	Transporte de insumos	\$ 40.000,00	
Depreciación herramientas	\$ 12.638,00	Nómina	\$ 236.250,00	
Depreciación cable trenza	\$ 46.666,00			
Depreciación sistema de riego	\$ 17.300,00			
COSTOS FIJOS TOTALES		\$239.159,00	COSTOS VARIABLES TOTALES	\$391.168,00
			C.V.U	\$501,50
COSTOS DE PRODUCCIÓN				
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN			\$630.327,00	
COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN			\$808,11	
UTILIDAD DESEADA EN PORCENTAJE			30%	
VALOR UTILIDAD			\$242,43	
PRECIO DE VENTA UNITARIO			\$1.050,55	
PRECIO DE VENTA EN EL MERCADO			\$500,00	
PUNTO DE EQUILIBRIO PARA ESTA PRODUCCIÓN				
P.E = C.F.T/P.V.U-C.V.U				
PUNTO DE EQUILIBRIO POR CULTIVO				
435,59				

Figura 6. Análisis de Costos de producción para el sistema hidropónico (a) y el sistema tradicional (b).

4. CONCLUSIONES

La producción de lechuga “Verónica” se produce con mejores condiciones en un sistema hidropónico en promedio 24 toneladas por hectárea, ya que se obtienen ventajas como: ciclo de producción más corto, aumento en el tamaño de la lechuga cosechada y mayor rendimiento en kilogramos por metro cuadrado. Si bien, este tipo de siembra requiere una inversión inicial alta comparada con la siembra tradicional esta inversión se recupera rápidamente.

5. REFERENCIAS

- AGRONET. (2017). Estadísticas Agrícolas: Area, producción y rendimiento nacional por cultivo. Retrieved October 16, 2018, from <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Centes, C., Lagos, H., & Javier, R. (n.d.). PLAN DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCION DE LECHUGAS HIDROPÓNICAS DE INVERNADERO EN LIMA METROPOLITANA "; Retrieved from http://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20132_6.pdf
- Cruz-Mendoza, A. (2016). EVALUACION DE TRES VARIEDADES DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN DOS SISTEMAS DE HIDROPONIA BAJO AMBIENTE SEMI CONTROLADO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL CHOCLOCA. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, 7(Univ. Autónoma Juan Misael Saracho), 31–39. Retrieved from http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvc/v7n12/v7n12_a05.pdf
- Eda, M.-H. /, Theodoracopoulos, M., Lardizabal, R., & Arias, S. (2009). PRODUCCIÓN DE LECHUGA. In Entrenamiento y desarrollo de agricultores (p. 36). Honduras. Retrieved from www.hondurasag.org
- Fao. (2017). Manual para la construcción de invernáculos. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i7293s.pdf>
- Giaconi, V., & Escaff, M. (2004). Cultivo de hortalizas. (Editorial Universitaria, Ed.) (Decimoquin). Santiago, Chile.
- Gilsanz, J. (2007). Hidroponía. (INIA, Ed.). Montevideo, Uruguay.
- Gobernación de Antioquia. (2016). Modelo Tecnológico para Lechuga en el Buenas Prácticas Agrícolas Bajo el Cultivo de Oriente Antioqueño. Medellín. Retrieved from <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL DEL CULTIVO DE LA LECHUGA.pdf>
- Guerrero, C., & Rojano, B. (2010). Estudio sobre el isoespintanol como alternativa en el control del pardeamiento enzimático en frutas tropicales. Ponencia presentada en: vii Seminario

Internacional de Frutas Tropicales. In vii Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Medellín.

Hernández, M. del P. M. P., & Martínez, E. R. (2010). El estado de técnica de la hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 803–809. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263127573012>

Lee, R., & Escobar, H. (2000). Manual de producción de lechuga lisa bajo invernadero. In *Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales* (p. 39). Chia, Cundinamarca: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

López A, P. P., Cano M, A., Rodríguez, D. G. S., Torres, F. N., Rodríguez, M., R. S., & Rodríguez, R. R. (2011). Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico. *Tecnociencia*, 5, 98–104.

Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L., & Rock, E. (2004). Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clin Nutr*, 23, 605–614.

Oasis plant. (2017). Propagación y Producción de Lechuga Hidropónica – Que es lo que debes Saber - EasyPlant » EasyPlant. Retrieved February 23, 2018, from <http://www.oasiseasyplant.mx/2017/05/propagacion-produccion-lechuga-hidroponica-lo-debes-saber/>

Serafín, G. (2006). Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/805/1/T2244.pdf>

Serafini, M., Bugianesi, R., Salucci, M., Azzini, E., Raguzzini, A., & Maiani, G. (2002). Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (*Lactuca sativa*) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. *Br J Nutr*, 88, 615–623.



DETERMINACIÓN DE CURVAS DE EXTRACCIÓN EN LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* F. *EDULIS SIMS*) EN EL MUNICIPIO DE SONSÓN, ANTIOQUIA

Jhon Jaiber Marín Hincapié¹, Pedro Andrés Rengifo Mejía²

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo Producción Agrícola, jjmarin304@misena.edu.co.

² Servicio Nacional de Aprendizaje. Instructor Área Agropecuaria. Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, I.A. Esp. GIS, parengifo66@misena.edu.co.

RESUMEN

Investigación con el objeto de determinar mediante la toma de variables alométricas directas, contenidos de nitrógeno, análisis de suelos y análisis foliares y las curvas de extracción de los elementos nutritivos, para el mejoramiento de los planes de fertilización en la gulupa. Se recolectó información mediante toma de datos in situ en una finca productora de gulupa en el municipio de Sonsón en Antioquia, donde se correlacionó el comportamiento en 10 meses, de variables alométricas, el análisis de suelos, los contenidos de nitrógeno y nutrientes, obteniéndose como resultado la construcción de curvas de extracción de nutrientes con el fin de generar recomendaciones más acertadas en la fertilización. Se logró determinar los meses de mayor extracción para cada elemento nutritivo, siendo estos para el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre los 7,5 meses, para el calcio, magnesio y manganeso 10,5 meses, para el hierro los 11,5 meses, cobre 9,5 meses y boro – zinc los 7,5 y 11,5 meses, respectivamente.

Palabras clave: Gulupa, nutrición de las plantas, planes de fertilización, consumo alimenticio, fisiología vegetal, metabolismo.

1. INTRODUCCIÓN

La gulupa es una fruta exótica perteneciente a la familia botánica Passifloraceae, originaria de la región amazónica, aunque crece de forma silvestre en un área que abarca desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina, Uruguay y Paraguay y fue distribuida en el siglo XIX a otros países de Asia, África, India, Australia y el Caribe. En Colombia también se le conoce como curuba morada o maracuyá morado (Mier, 2017).

Gracias a su apariencia, valor nutricional, propiedades medicinales y cualidades exóticas, la gulupa es bastante apetecida en otros países, sin embargo en el país, el fruto casi no se conoce y su consumo es muy bajo (Rojas y Muñoz, 2016).

Sobre la fenología Flórez (2012), relaciona que la gulupa aún no cuenta con descriptores en detalle de los estados reproductivos de la especie. La fenología ha sido definida como el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año. (Mantovani et al., 2003).

El nitrógeno se considera el nutriente más limitante del crecimiento y ha sido señalado como el elemento de mayor extracción por parte de las pasifloráceas (Haag et al., 1973; Ferraz de Paula et al., 1974; Fernández et al., 1977; Primavesi & Malavolta, 1976).

La gulupa requiere suelos con textura liviana, de franco arenosos a franco arcillosos, buen drenaje, profundidad efectiva de ≥ 60 cm, buen contenido de materia orgánica ($\geq 5\%$) y minerales (Angulo, 2009).

Sobre las deficiencias de elementos menores, el zinc influye en la distribución de materia seca en gulupa y puede indicar una alta necesidad de aplicación de este nutrimento en los primeros estados de crecimiento en la planta y en los programas de fertilización, asegurando así una adecuada diferenciación floral a fruto (Malagón y Malagón, 2011).

El crecimiento de la planta es reflejo de factores como la densidad de población, la intercepción de la radiación solar, el suministro de agua y nutrientes, donde se relacionan directamente con eventos fisiológicos que afectan la producción y acumulación de materia seca entre los diferentes órganos (Rodríguez, 2000, Fischer & Cardona, 2014).



Según, Nakasone y Paull (1998) para lograr un rendimiento de 1000 Kg de fruta se necesitan 33 Kg Ha⁻¹ de fertilizante 10-5-20 (N-P-K).

Se cuenta con descripciones visuales para deficiencias en maracuyá amarillo y curuba, sin embargo, se requiere generar las específicas para la gulupa (Malgarejo, 2012).

El cultivo de la Gulupa, es un cultivo promisorio para la exportación, sin embargo las investigaciones en esta cadena frutícola son pocas en el municipio objeto del estudio. En el municipio de Sonsón, presenta limitantes tecnológicas observadas en bajos rendimientos y además los productores expresan su bajo conocimiento en los requerimientos tecnológicos de éste.

En este contexto el objetivo de este trabajo se enfocó en establecer recomendaciones de utilidad para los planes de fertilización de la gulupa mediante parámetros como la fenología, construcción de curvas de extracción de nutrientes, contenidos de nitrógeno, esto a través del tiempo, con el fin de mejorar la eficiencia de labores como la fertilización y prácticas agronómicas, para los productores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una finca, ubicada en el oriente antioqueño, municipio de Sonsón, Antioquia, vereda La Gruta, con una altitud de 2531 metros y coordenadas: N 5 °43' 20.3" W 75 °18' 18,6". La temperatura promedio se encuentra entre 12 y 18 °C, su zona de vida es bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), siendo la zona más representativa donde se ubica la finca del estudio. Faja altimétrica: 1900 y 2900 msnm pluviosidad promedio entre 2000 a 4000 mm/año (CORNARE, 2012).

El área del cultivo es de 4610 m², con 1000 plantas en sistema de espaldera simple y con cubierta en semitecho, con distancias de siembra de 2 metros entre plantas por 2 metros entre calles, de 200 plantas dentro del lote (producto de una resiembra), se seleccionaron 20 plantas al azar (muestreo discrecional, del 10%). Se tomaron datos de las variables: altura de plantas (desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta en cm), el rendimiento en Kg Ha⁻¹. Estas se midieron con flexómetros y pie de rey, los datos se tomaron cada 30 días, durante 10 meses. La variable indirecta de índice de área foliar, se obtuvo de la relación entre

el área foliar promedio de las 20 plantas sobre el área de la sombra de las plantas. Se tomaron tres análisis foliares, los cuales fueron enviados al laboratorio Natural Control de Medellín, con el fin de elaborar curvas de extracción de nutrientes, mediante la metodología establecida por Bertsch (2009), en la que se relaciona el nivel del análisis foliar con los contenidos de materia seca, para determinar el nivel del elemento en la planta en Kg Ha^{-1} y relacionarlo con la producción presentada. Así mismo se tomaron datos de contenidos de clorofila con el clorofilómetro marca CCM-200 plus en la misma época de toma de los análisis foliares, en los tres estados más importantes de las etapas fenológicas hacia el final del ciclo productivo principal.

El contenido de clorofila (representado por el valor CCI medido) se incrementará en proporción con la cantidad de nitrógeno (un nutriente importante de las plantas) presente en la hoja. Para una especie vegetal determinada, un valor CCI más alto indica una planta más sana (Opti-Sciences, s.f.).

Los datos con este instrumental se tomaron de forma no destructiva, en 4 hojas representativas de la parte media de cada una de las 20 plantas observadas seleccionadas al azar, promediando el resultado de cada observación (Nota: no existe una metodología establecida aún para el uso de este instrumento para la gulupa). Se realizó análisis de suelos, el cual fue enviado al laboratorio de suelos certificado de AGROSAVIA en Tibaitatá, Cundinamarca, al principio de la resiembra realizada por el productor, donde se elaboró con estos resultados un plan de fertilización. Se elaboró una línea de tiempo fenológica, con los más importantes estadios de la fenología presentados (metodología BBCH). La escala extendida BBCH es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas (Dachler & Enz, 1998). Se hicieron comparaciones con información técnica descrita para el cultivo gulupa, donde se presentan etapas fenológicas como: Germinación: 20 días; semillero: 8 días; transplante: 47 días; botón floral: 210 días y etapa productiva de botón floral a fruto pintón: 120 días; para un total de 405 días o 13,5 meses. El período comprendido entre la siembra y la floración tiene una duración de 180 días (6 meses) (Manual Técnico del Cultivo de Gulupa (*Passiflora edulis* Sims), 2008).



Por su parte, el período de producción dura aproximadamente 420 días (14 meses). El período entre cada cosecha es de 2 meses y los ciclos de lluvia inducen la floración. Normalmente, el cultivo tiene una vida promedio útil de 2 a 3 años, pero aplicando los manejos adecuados puede llegar a extenderse hasta los 4 años (Escobar Torres & Cabrera, 2006).

Se elaboraron curvas de extracción de nutrientes empleando la metodología de Bertsch (2009). Se asoció además toda la información con las variables botones florales-frutos y sus curvas de comportamiento con la fenología.

Para el ajuste con base en los contenidos de materia seca se emplearon modelos de regresión los cuales pueden ajustar mejor las variables de crecimiento en la gulupa. Siendo la regresión no lineal la que mejor describe sistemas biológicos y físicos (Rebolledo, 1994).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis agronómico del cultivo de gulupa mostró patrones coincidentes con deficiencia de nutrientes, hecho que se soportó con la información sobre manejo técnico del cultivo y con análisis del suelo (Figura 1a). Se encontró que el productor realiza una fertilización con sobredosis de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio y con déficit de microelementos. La fórmula empleada es Urea (150 g), DAP (150 g), 10-20-20 (150 g), 15-15-15 (150 g) Agrimins (150 g) para un total de 750 g por planta cada mes y medio. El análisis de suelos mostró concentraciones bajas para los macronutrientes nitrógeno y fósforo y para los microelementos manganeso y boro. A nivel visual se observaron fenómenos de clorosis que permiten inferir en un principio que existen múltiples deficiencias en las plantas (Figura 1b), y esto puede ser consecuencia del desbalance en la fertilización que llevan a cabo en la finca, pues no se tiene en cuenta el análisis de suelos y un plan de fertilización a partir de este.

a.

pH	CE (Ds/m)	M.O. (%)	P (ppm)	K (me/100)	Ca (me/100)	Mg (me/100)	S (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
6,26	0,62	12,88	3,87	0,66	6,88	1,84	17,37	94,07	2,33	3,68	1	0,13



Figura 1. Resultado del análisis de suelos para un lote de gulupa en la finca la Gruta en el municipio de Sonsón (a); patrones cloróticos asociados con deficiencias presentadas en el cultivo de gulupa (b). La flecha indica una hoja sin deficiencias.

Para la elaboración del plan de fertilización se emplearon valores teóricos de extracción para 550 plantas/Ha año⁻¹, acorde a lo reportado por Angulo & Pulido (2009). Los valores incluyen elementos mayores (en Kg/Ha): nitrógeno (119,5), fósforo (37,5), potasio (224,5), azufre (31), Ca (215,5), magnesio (27,5), elementos menores (en g/Ha): hierro (1980), cobre (106,5), manganeso (620), zinc (357) y boro (406,5). En la Tabla 1, se relaciona la construcción del plan de fertilización.

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización según la extracción del cultivo y los nutrientes en el suelo por hectárea para Gulupa en el municipio de Sonsón.

Fertilizantes y grado	Urea (46% N)	Fosfato Diamónico DAP (18% N - 46% P)	Cloruro de Potasio-KCL (60% K)	Sulfato de Potasio (18% S-50% K)	Agrim-ins (180% Ca)	Nu-trimins (2,5% Mg)	Quelato de Hierro-Foliar (12%)	Quelato de Cobre-Foliar (12%)	Quelato de Manganeso-Foliar (12%)	Sulfato de Zinc-Foliar (12%)	Borax (11%)
Fertilizante por hectárea en Kg.	317,12	221,26	-663,39	-1,85	-1570,35	-18497,00	16765,50	947,28	5724,07	3244,22	4103,70

Para el cultivo de la gulupa, en este caso se presenta alta demanda de microelementos, indicando que las deficiencias visuales presentadas, posiblemente son debidas a una incorrecta fertilización. Se pueden estar presentado sobredosis en elementos mayores y subdosificación de menores, presentándose sinergismos y antagonismos y por tanto incidiendo en la productividad y calidad del cultivo, esto por una fertilización desbalanceada.

Para establecer el análisis fenológico del cultivo, se hicieron evaluaciones de variables morfoagronómicas durante varios meses. La Tabla 2a resume la información recolectada en un período de 10 meses. El índice de Concentración de Clorofila se relacionó con análisis foliares y se muestran en la Tabla 2b.

Aprovechando la información recolectada y la disponible en la literatura se elaboró una línea de tiempo fenológica teniendo en cuenta los estadios principales determinados para el cultivo (Figura 2).

La mayor demanda del N ocurre durante el crecimiento activo vegetativo de las plantas, mientras que K, P y Ca son requeridos para la floración y el desarrollo del fruto. La absorción de todos los nutrientes aumenta a partir del inicio de la floración (Uribe, 2013).

Se establecieron los siguientes estados fenológicos para el cultivo en Sonsón: Grados 0, 1, 2, 3 y 4 (germinación, desarrollo de hojas, formación de brotes, crecimiento longitudinal del tallo, desarrollo de las partes vegetativas, respectivamente), grados 5 y 6 (emergencia de la inflorescencia, floración) y grados 7, 8 y 9 (desarrollo del fruto, maduración y senescencia).

Tabla 2. Información morfoagronómica (a), clorofilométrica y foliar (b) para Gulupa en el municipio de Sonsón.

a.

Mes	Fecha	Días	Altura planta (cm)	Largo (cm)		Radio Sombra (a gotera) (cm)	# Hojas/planta	# Entrenudos/planta	Diámetro tallo (en la hoja seleccionada de área foliar) (cm)	# Botones	# Frutos/planta	Diámetro fruto (cm) escogido azar	Largo de fruto (cm) escogido azar	Producción Gulupa Kg/1000 plantas
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1		77	16,00	8,13	4,86	9,75	7,20	6,05	0,31	0	0	0	0	0
2		30	24,63	9,05	6,04	10,34	10,40	7,25	0,33	0	0	0	0	0
3		31	53,05	15,36	10,44	17,57	20,75	10,75	0,31	0	0	0	0	0
4		31	115,70	19,43	16,53	18,85	18,90	12,85	0,34	4,50	0	0	0	0
5		28	186,55	22,90	15,68	28,05	51,00	30,70	0,55	8,95	2,20	2,91	4,51	151
6		31	235,65	23,63	23,55	31,45	50,85	35,65	0,59	23,00	16,22	5,39	6,45	208
7		30	263,65	23,16	23,40	25,67	170,05	21,50	1,25	9,00	11,17	4,83	5,77	389
8		31	274,00	21,88	21,97	32,35	128,45	29,60	0,76	25,42	31,80	5,38	6,46	702
9		30	290,50	19,70	15,05	32,40	155,00	34,65	0,69	26,39	29,20	4,99	5,97	689
10		31	294	20,3	16,25	32,6	156,25	35,3	0,645	26,06	30,19	5,1	5,78	793

b.

Fecha	Mes	Clorofilómetro (CCI) Índice de concentración de clorofila	N %	P %	K %	S %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	B ppm	Zn ppm
17 de septiembre-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 de abril-18	6	75,0	3,9	0,4	2,1	0,4	2,6	0,2	102	38	11	50	72
3 de julio-18	9	82,9	4,2	0,2	1,6	0,3	4,6	0,5	122	61	12	45	80
3 de septiembre-18	11	83,1	3,6	0,2	1,4	0,3	4,1	0,4	126	49	8	55	121

El mes cuarto se constituye en un mes a tener en cuenta para la nutrición de las plantas, siendo el mes en el que comienza la floración en la formación de primordios florales, representando el mes de mayor absorción de nutrientes.

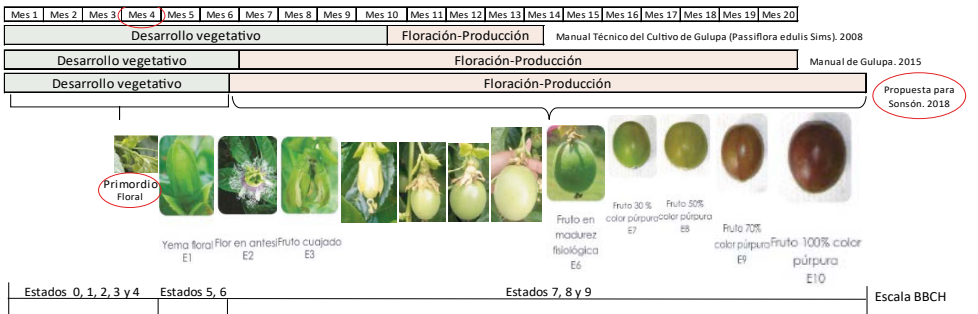


Figura 2. Fenología del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* F. *edulis* Sims.), de acuerdo a los estadios principales de la escala de fenología BBCH, frente a la presentada por dos manuales sobre el cultivo. Fotos tomadas de Flórez (2012).

Para la construcción de las curvas de extracción de nutrientes a lo largo de los 10 meses evaluados y con la posibilidad de extrapolarse por medio de curvas ajustadas, se emplearon los datos reportados por Malavolta (1994) sobre la acumulación de materia seca para las pasifloráceas (maracuyá) (Figura 3a).

Con los datos inferidos de materia seca para las plantas del área de estudio en el municipio de Sonsón, se elaboró una curva de regresión de ajuste (Figura 3b), para obtener una línea de regresión que permitiera inferir los datos de materia seca, cuando se tomaron los análisis foliares a los 228 días, 319 días y 350 días, tomando como ordenada de origen el punto (0,0) para la construcción posterior de las curvas de extracción, las cuales se elaboraron para los elementos mayores y secundarios, multiplicando el valor en porcentaje presente en el análisis foliar por el número de plantas totales del cultivo por hectárea y luego se dividió este valor por 100. Con la curva de ajuste, se obtuvo el dato de materia seca para cada momento de la toma del análisis foliar (Figura 3c).

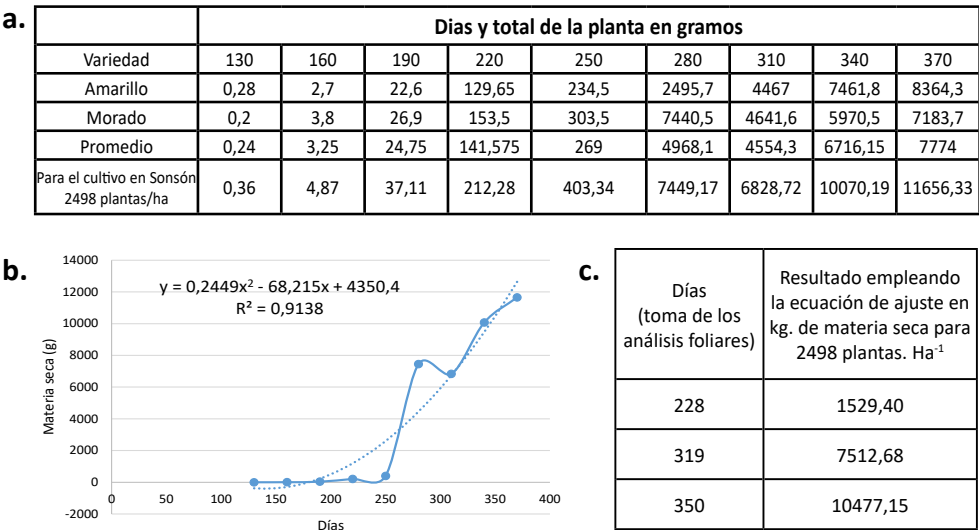


Figura 3. Comportamiento de la materia seca para maracuyá amarillo y morado (1666 plantas/Ha) en condiciones de Sao Paulo, Brasil (Malavolta, 1994) y cálculo de Kg/Ha de nutrientes extraídos por las plantas de gulupa por Ha a través del tiempo (días) para el municipio de Sonsón en Antioquia (a). Curva de ajuste del comportamiento de la materia seca en pasifloráceas (maracuyá amarillo y morado) (b). Determinación de la materia seca al momento de la toma del análisis foliar (c).

Para los microelementos, se multiplicó el valor del análisis foliar que viene expresado en partes por millón por el número de plantas totales del cultivo por hectárea y luego se dividió este valor por 1000. Se presentan los resultados de la extracción en dos figuras, una para los elementos mayores y secundarios y otra para los microelementos (Figura 4).

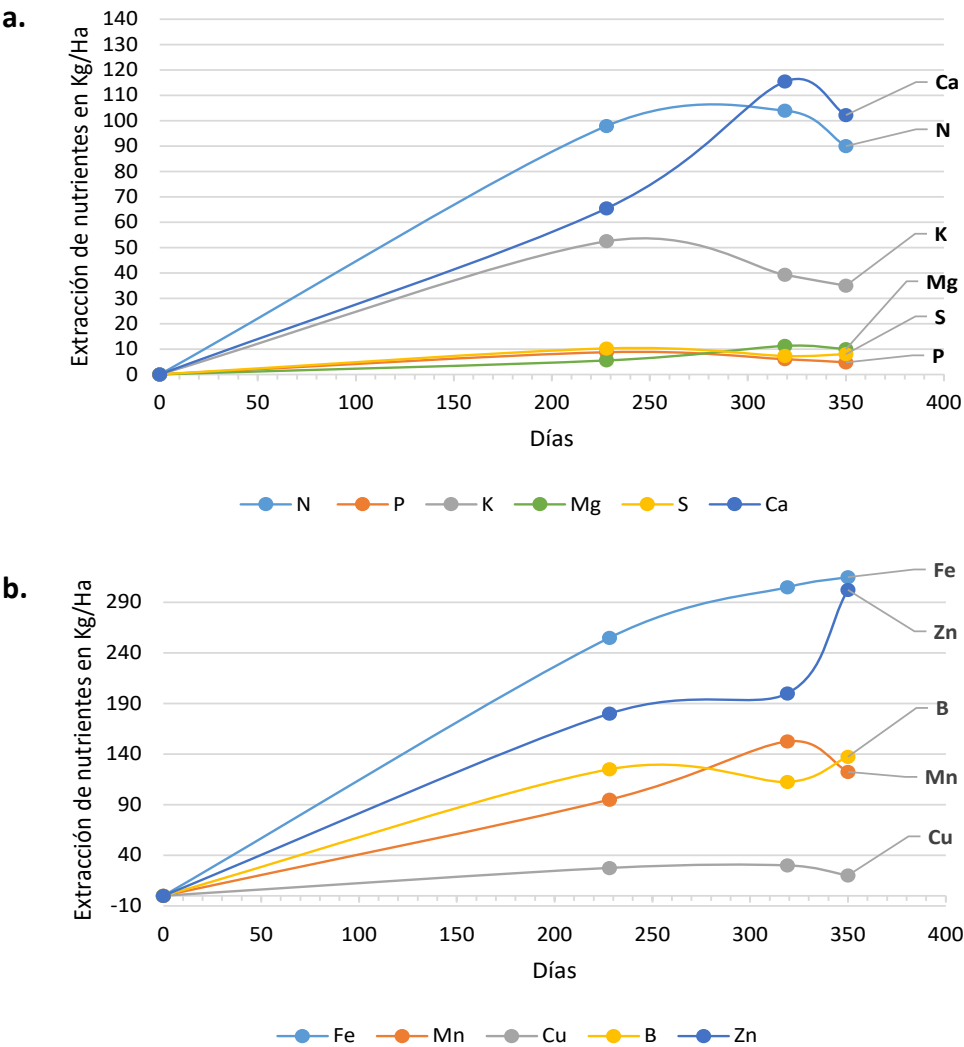


Figura 4. Curvas de extracción de nutrientes mayores y secundarios (a) y micronutrientes (b) en gulupa, Municipio de Sonsón, Antioquia 2018.

Con los datos de la medición con el clorofilómetro se hace una relación frente a los contenidos foliares de nitrógeno, con el fin de determinar si existe una buena correlación, entre los dos parámetros, y de esta manera poder emplearlos a futuro en la elaboración de planes de fertilización, utilizando el software estadístico SPSS versión 25.

En la Tabla 3a se presentan las dos variables, CCI o índice de concentración de clorofila frente a la extracción de nitrógeno y luego se presenta los resultados de la correlación de estos dos parámetros en la Tabla 3b.

Tabla 3. Concentración de clorofila frente a la extracción de nitrógeno (a) y correlación bivariada entre la concentración de clorofila y la extracción del nitrógeno en el cultivo de gulupa (b).

a.

Dato Clorofilómetro en CCI (índice de concentración de clorofila)	Extracción de nitrógeno (Kg/ha)
0	0
75	97,92
82,9	103,92
83,1	89,93

b.

		Concentración Clorofila	N (Kg/ha)
Concentración Clorofila	Correlación de Pearson	1	,988*
	Sig. (bilateral)		0,012
	N	4	4
N (Kg/ha)	Correlación de Pearson	,988*	1
	Sig. (bilateral)	0,012	
	N	4	4

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Se logró determinar que existe una correlación significativa alta entre los contenidos de clorofila y la extracción de nitrógeno por parte del cultivo de la gulupa (Correlaciones de Pearson de 1 y 0,98).

En las Figuras 5 y 6, se presenta el resultado de combinar la fenología (eje x, en días) frente a los resultados de extracción de nutrientes tanto mayores-secundarios, como microelementos (eje y, en Kg/Ha) y comparándolos con un segundo eje para las variables alométricas evaluadas de número de botones florales y número de frutos.

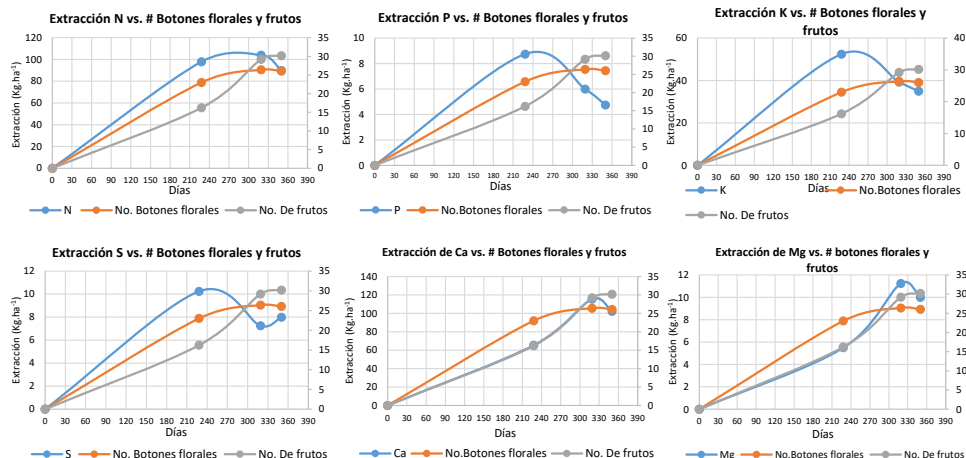


Figura 5. Fenología frente a la extracción de elementos mayores (N-P-K) y secundarios (S-Ca-Mg) y variables # de flores y frutos, para gulupa en el municipio de Sonsón en Antioquia.

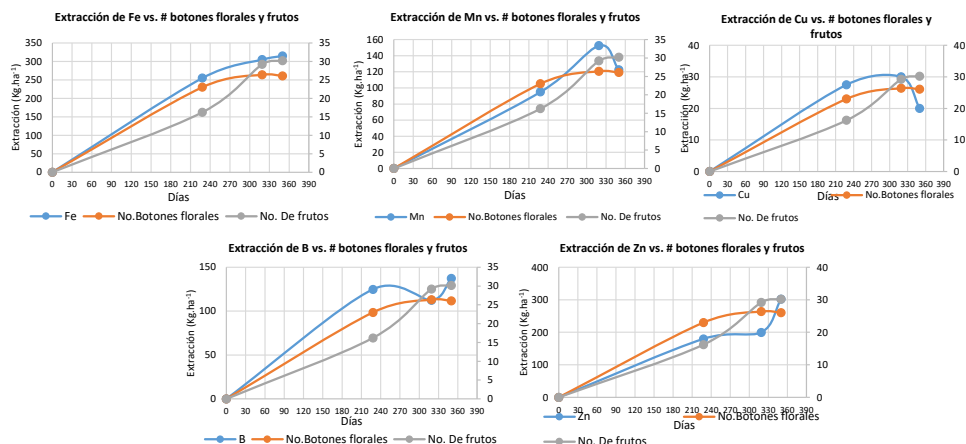


Figura 6. Fenología frente a la extracción de microelementos (Fe-Mn-Cu-B-Zn) y variables como el No. de flores y frutos, para gulupa en el municipio de Sonsón en Antioquia.

Estas curvas permiten relacionar los momentos de mayor extracción de cada elemento y tomar decisiones más acertadas en cuanto a la distribución de los fertilizantes en los planes de fertilización.

4. CONCLUSIONES

Para los niveles foliares presentados y los niveles del suelo, las plantas de gulupa evidenciaron una combinación de deficiencias, ocasionada por la sobredosificación de nutrientes mayores y subdosificación de microelementos en la fertilización realizada. En su orden los nutrientes que están ocasionando estos antagonismos son: $N > P > Mg > Fe$, los cuales están presentado bajos contenidos tanto en las hojas como en el suelo. Los niveles presentados tanto a nivel del suelo como foliares en combinación con la extracción presentada, permiten relacionar la importancia de la aplicación de microelementos para el desarrollo del cultivo de gulupa, así mismo su inclusión dentro de la realización de los planes de fertilización se debe considerar necesaria. Se espera que la línea fenológica elaborada represente un insumo para la construcción de planes de fertilización específicos para los cultivos de gulupa. Se establece la importancia de tener presente el mes cuarto para garantizar una correcta fertilización para la formación de flores y posteriormente de frutos, anotando que cada finca y lote presenta características diferentes, de allí la importancia del análisis de suelos. Se recomienda elaborar curvas de acumulación de materia seca específicas para la gulupa y para la región del oriente antioqueño para continuar ajustando los modelos de extracción de este cultivo. Se determinó que hay una muy buena correlación entre los datos suministrados por el clorofilómetro y los niveles de extracción de nitrógeno. Se recomienda adelantar estudios sobre este tema. Se logró determinar los meses de mayor extracción para cada elemento nutritivo, desde la siembra del cultivo, siendo estos para el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre los 7,5 meses, para el calcio, magnesio y manganeso los 10,5 meses, para el hierro los 11,5 meses, para el cobre los 9,5 meses y boro, zinc los 7,5 y 11,5 meses, respectivamente.

5. REFERENCIAS

- Barraza, F.V., Fischer, G., Cardona, C. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia Agronomía Colombiana, 22 (1), 81-90.
- Bertsch, H. F., (2009). Absorción de nutrimentos por los cultivos [multimedia]. 1 ed. San José. C.R. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Carvajal S.V., Aristizábal L. M., Vallejo S. A. (2012). Caracterización del crecimiento del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims.) Colombia Agronomía Colombiana. 20 (1), 77-88.
- CORNARE, (2012). Zonificación de Riesgo por Movimientos en masa inundación y avenidas torrenciales atención de áreas afectadas por eventos desastrosos. Sonsón Antioquia: Divegráficas.
- Dachler, Ch., Enz, M. (1998). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas, escala BBCH extendida. Versión.electrónica, NOVARTIS. 123p.
- Flórez G, L. M. (2012). Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo tres ambientes contrastantes. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- Magnitskiy, S. (s.f.). Manejo de la fertilización en pasifloráceas. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_171_Nutrici%C3%B3n_mineral_pasiflor%C3%A1ceas.pdf [agosto 24, 2018].
- Malagón P., J.C., Malagón E., N. C. (2011). Determinación de deficiencia inducida de nutrimentos en gulupa (*Passiflora edulis* var. *Edulis* Sims.). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA. Bogotá D.C. Colombia.
- Malavolta, E. (1994). Nutrición y fertilización del maracuyá. Centro de energía nuclear en agricultura. Universidad de Sao Paulo. Piracicaba, S.P., Brasil. Ediciones IPNI, Quito, Ecuador.



Opti-Sciences. (s.f.) Manual CCM-200 plus Apogeeinstruments. Opti-Sciences Inc. Recuperado de https://www.forestry-suppliers.com/Documents/1507_msds.pdf. [octubre 25, 2018].

Cámara de Comercio de Bogotá, Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial & Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial. (2015). Manual Gulupa. Núcleo ambiental S.A.S. Cámara de Comercio de Bogotá.

Manual Técnico del Cultivo de Gulupa (*Passiflora edulis* Sims). (2008). Proyecto de fortalecimiento de la cadena productiva de exportación de gulupa y granadilla en la región de Cundinamarca. Bogotá. Colombia.

Melgarejo, L. M. (2012). Ecofisiología del cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims) Trabajo recopilatorio. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, OCATI. Ed: Produmedios. Bogotá.

Mier, G. (2017). Nota sobre la Gulupa. Centro de la Innovación La Agroindustria y la Aviación. Rionegro, Antioquia. Colombia.

Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahita, W., Flórez, L. E., (Ed.). (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Bogotá D.C: Ruben's Impresores.

Ocampo, J., Wyckhuys, K. (Ed.) (2012). Tecnología para el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en Colombia. Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Rojas, B. L., Muñoz E. L. (2016). Gulupa: características y usos tradicionales. Ponencia publicada en documento recopilatorio de la Universidad de la Amazonía. Florencia, Caquetá, Colombia.

Uribe C; C. P. (2013). Jornada de actualización en el cultivo de la gulupa en Antioquia para asistentes técnicos. Urrao, Antioquia.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CORTO

ESTRATEGIAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

Luis Alfredo Argumedo Bustamante¹, Iván de Jesús Arango Hernández²

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Tecnólogo de mantenimiento de cómputo y cableado estructurado, largumedo@misena.edu.co. ² Servicio Nacional de Aprendizaje. Tecnólogo de mantenimiento de cómputo y cableado estructurado, idarango94@misena.edu.co

RESUMEN

El mundo actual está lleno de aparatos eléctricos y electrónicos que cuentan con un período de vida útil, posterior a la cual se convierten en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). El proyecto acá descrito pretende identificar los RAEE producidos en el Oriente Antioqueño, especialmente en el municipio de Rionegro y evaluar diferentes estrategias para su reciclaje y utilización como son el desarrollo de agendas o cuadernos escolares. Durante el proyecto se emplearon métodos experimentales, encuestas, ensayos, entre otros, que permitieron reconocer al municipio de Rionegro como un gran proveedor de RAEE. La utilización de mainboards favoreció la elaboración de agendas.

Palabras clave: Equipamiento electrónico, reciclaje de basuras, metal, material plástico, aprovechamiento de recursos.

1. INTRODUCCIÓN

La obsolescencia programada es un tema actual que desafortunadamente toca a las personas a nivel mundial, pero es difícil dimensionar la magnitud de la problemática que se presenta en la actualidad. Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos AEE tienen una vida útil estructurada desde su fabricación, lo que hace que al momento de que se dañe o no se utilice, se convierte en RAEE, y los hogares se encuentran cargados de estos residuos sin tener claro la problemática que esto conlleva. Los RAEE contienen materiales



peligrosos, y su disposición final ha hecho que muchos investigadores se interesen en conseguir de una manera más sencilla y amigable con el medio ambiente la forma de utilizar al máximo sus componentes. La empresa REMSA, una empresa mexicana dedicada al reciclaje de componentes electrónicos, recicla y reutiliza al 99% todas las partes de los portátiles; importante aporte al medio ambiente.

Según las investigaciones realizadas, en Colombia no existen muchas empresas que se dediquen a la recolección y disposición final de los RAEE. Como agravante las personas no conocen qué son los RAEE y qué se deben hacer con ellos. Ni tampoco existen datos claros sobre cuantos residuos hay en los hogares del municipio de Rionegro, y más grave aún, hacen el proceso indebido con su disposición final.

El objetivo principal del proyecto es dar datos claros sobre los RAEE que se encuentran guardados en los hogares del oriente antioqueño y con estos residuos realizar el debido proceso de desensamble para extraer los componentes como la mainboard y utilizar herramientas industriales para dicha extracción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

DATOS ESTADÍSTICOS

Para la investigación de la cantidad de RAEE se utilizaron encuestas aplicadas a los hogares del oriente antioqueño. La encuesta se dirigió principalmente a conocer como primero que concepto se tiene sobre RAEE en los municipios del oriente antioqueño y la cantidad aproximada de RAEE que se encontraba en los hogares. La encuesta se aplicó por un formulario de Google que se envió a correos de todos los aprendices del centro y a los diferentes hogares de los municipios.

ELABORACIÓN DE AGENDAS O CUADERNOS

Para las agendas o cuadernos se realizaron varios procesos y ensayos con el fin de extraer los componentes de la Mainboard para utilizarla como tapas de la agenda o cuaderno y lo principal conseguir que los elementos como la CPU, los socket, los módulos, los condensadores y las resistencias no se dañen y se puedan utilizar nuevamente.

MÉTODO 1: PULIDORA Y CAUTÍN

Se utilizó cautín para hacer la extracción de los elementos de la mainboard: condensadores, resistencias, módulos, entre otros y para pulir se utilizó una pulidora. Este proceso fue muy artesanal.

MÉTODO 2: PISTOLA DE CALOR Y MOTORTOOL

Este segundo método consistió en hacer el proceso de extracción y limpieza de la mainboard con una pistola de calor y posteriormente pulirla con motortool.

En ambos casos se aplicó una recita para darle brillo a la mainboard. Se utilizaron hojas de papel y argollado de cuadernos que ya no se utilizaban para lograr la agenda o cuaderno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENCUESTAS

Como resultado de las encuestas se obtuvo que el municipio de Rionegro es donde más se registra la cantidad de RAEE seguido de la ceja (Figura 1). La encuesta también arrojó como resultados que en los hogares del oriente antioqueño existen más de tres tipos de RAEE y que no tienen conocimiento de qué hacer con ellos.

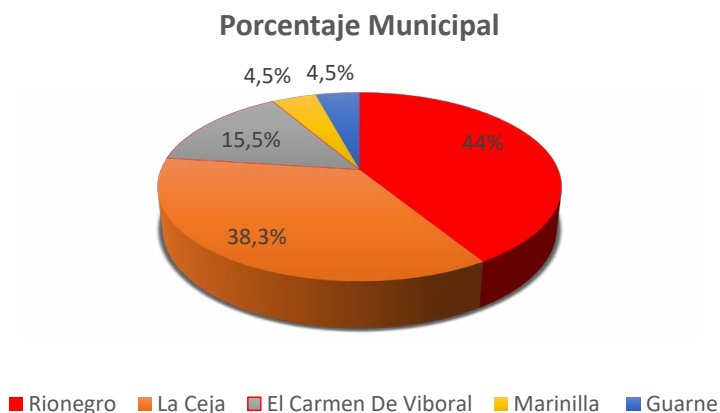


Figura 1. Distribución de la cantidad de RAEE en los hogares del oriente antioqueño.

ELABORACIÓN DE AGENDAS ESCOLARES

Empleando el método de limpieza con pulidora y cautín se obtuvo material para elaborar una agenda como se muestra en la Figura 2a. Este primer método de limpieza de la mainboard no arrojó muy buenos resultados, pues el proceso fue muy demorado, la board sufrió daños por lo que no fue posible extraer los componentes internos en buen estado.

La extracción que involucró el uso de pistola de calor y motortool arrojó mejores resultados, pues la extracción de los componentes, comparando con el otro método no fue demorado y se pudo extraer los componentes del mainboard de manera que se podían reutilizar, ya que quedaron en buen estado. La agenda elaborada con dicho material se muestra en la Figura 2b.

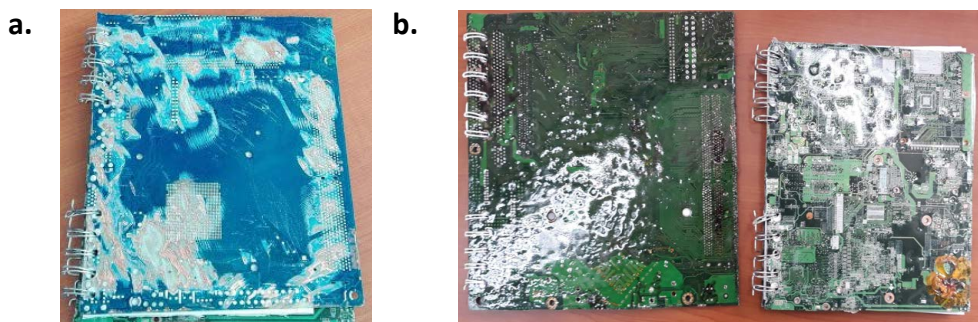


Figura 2. Agendas escolares elaboradas empleando material proveniente de RAEE. En (a) el material tratado con cautín y pulidora y en (b) el material tratado con pistola de calor y motortool.

En el oriente antioqueño, existe una institución que se encarga de recibir los RAEE, dicha institución es Cornare, pero tiene una importante limitante y es que se debe llevar el aparato completo, sin hacer proceso de desensamble. La inquietud principal referente al tema, es si se tiene un elemento en los hogares que se intentó reparar pero no se pudo y se encuentra desensamblado, ¿qué se debe hacer con él? Los aprendices Sena que tienen conocimientos sobre ensamble y desensamble de equipos, ¿qué deben hacer con los equipos que se encuentran desensamblados? Es necesario capacitar un poco más sobre qué hacer con estos aparatos.

EKOSOLV es una empresa ubicada en la ciudad de Bogotá que se dedica a recolectar los RAEE y dar un debido proceso de disposición final,

aunque es muy importante que la normatividad habla de reciclar, concepto que es complejo pero que se convierte en una buena alternativa para mitigar el impacto, pues según empresas como GRUPO REFORMA de la ciudad de México, se puede reciclar el 99% del RAEE en otros usos.

La empresa SAN ANTONIO RECYCLING es una empresa Peruana dedicada a reciclar los RAEE, de hecho en la actualidad es la empresa más cercana a Colombia que puede hacer el debido proceso con los RAEE, tanto de reciclaje, de reutilización, reacondicionamiento y sobre todo disposición final.

En Colombia es muy importante comenzar a hacer procesos de reciclaje correcto y principalmente en pro del medio ambiente.

4. CONCLUSIONES

Una conclusión específica es el poco conocimiento que se tiene sobre el tema de los RAEE tanto en Colombia como en el oriente antioqueño. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia realiza campañas de recolección de RAEE y otros elementos para disminuir la contaminación que estos producen. La realización de las agendas o cuadernos escolares tienen varios elementos positivos. Reciclar las mainboard y reutilizar las resistencias, condensadores, entre otros, puede generar rentabilidad, pues estos componentes en algunos casos no se consiguen en el mercado, lo que pueden obtener un valor monetario en la actualidad. Una agenda con un buen diseño de producto puede ser comercializada en papelerías, empresas de tecnología, empresas de diseño, entre otros. La manipulación de los RAEE debe ser vigilada por personas que conozcan el tema, porque poseen contaminantes altamente tóxicos para la salud y el medio ambiente.



5. REFERENCIAS

Carlos Mario Z. G. (28 diciembre. 1983). Corporación autónoma regional de las cuencas de ríos negros y Nare: Santuario-Antioquia.: Cornare. <http://www.cornare.gov.co>.

Colombia: Lineamientos Técnicos para el Manejo de RAEE (12 marzo. 2012). Santiago De Chile.: Plataforma Relac <http://www.residuoselectronicos.net/?p=2699>.

Colombia, pionero en Suramérica en implementar políticas de gestión de RAEE (6 junio. 2017).Minambiente <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2924-colombia-pionero-en-suramerica-en-implementar-politicas-de-gestion-de-raee>. Disponible en internet.

Diana Arias. (19 abril. 2018). Colombia es líder en reciclaje de desechos electrónicos en Latinoamérica: Colombia.: ENTER.CO. <http://www.enter.co/cultura-digital/colombia-digital/colombia-es-lider-en-raee/>.

Ley 1672 de 2013 (19 julio. 2013). Ley 1672 de 2013 Bogotá-Colombia.: minambiente.gov Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley_1672_2013.pdf.

Luis Alfonso E. T. & Marlon V. S. (s.f.). Concientízate (campana de recolección de RAEE): Envigado-Antioquia.: Corantioquia. Recuperado de <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Residuos/Peligrosos/Cartillas/Cartiila%20RAEE.pdf>.

DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UN HORNO MUFLA

Deyber Alexis Arrubla Escobar¹, Yony Alexander Barrientos Agudelo¹, Juan Carlos Zuluaga Botero¹, John Jaiver Castaño Valencia¹, Hernán Felipe Quiñones Garzón¹, Carlos Mario Ortiz Villa¹, Yeison David López Zapata¹, Rubén Enrique Villazón Rodríguez¹, Juan David Casas Yepes¹, Julio Albeiro Londoño Patiño²

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje. Aprendices Integrantes Semillero ELECTROM, Tecnología Mantenimiento Electromecánico Industrial.

² Servicio Nacional de Aprendizaje. Ing. MSc. Líder Semillero ELECTROM, Tecnología Mantenimiento Electromecánico Industrial, julioalbeiro@misena.edu.co.

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados alcanzados en investigación aplicada bajo el enfoque de formación por proyectos, construcción de y puesta en operación de un horno mufla para la realización de tratamientos térmicos en aceros. Igualmente, se pretende visibilizar el trabajo realizado por los integrantes del semillero de investigación ELECTROM y así reconocer su participación y compromiso con la formación por proyectos. Para la construcción de este horno mufla, se utilizaron materiales, como: ladrillo refractario, fibra cerámica, mortero refractario y chapa metálica inoxidable 304, entre otros. Con estos materiales, se logró construir una cámara de paredes delgadas cumpliendo con los requerimientos necesarios con respecto al mantenimiento y operación para piezas fabricadas en acero que requieran la realización de tratamientos térmicos. Metodológicamente se realizó una investigación aplicada e investigación exploratoria para determinar algunas de las características de la transformación metalúrgica del acero y se utilizó el método de la experimentación bajo aplicación constructivista.

Palabras clave: Control de la temperatura, energía térmica, transferencia de calor, Intercambio de calor.



1. INTRODUCCIÓN

La investigación formativa cuenta con una herramienta metodológica fundamental que es la formación por proyectos. La construcción de este equipo industrial durante la formación por parte de los aprendices contribuye a mejorar el laboratorio de materiales del centro CIIA (Centro de la Innovación, Agroindustria e Innovación) del SENA, respondiendo a una necesidad de suplir la carencia de este tipo de equipos para la etapa formativa. Es un desarrollo tecnológico innovador para el centro porque aporta a solucionar una necesidad para la realización de prácticas directas en los materiales como aceros al carbono (1045, 1070, 4140, 4340, entre otros

Se parte para su fabricación de los desarrollos existentes en el mercado y se recopila información relativa a la transferencia térmica, selección de aceros, aislantes térmicos que tradicionalmente requieren estos equipos industriales, facilitando así su desarrollo y construcción.

El horno mufla puede alcanzar temperaturas entre los 1000°C y 1200°C y sirve para el calentamiento de materiales que son sometidos a distintos procesos de tratamiento térmico (Smith, 2005). Estos hornos también son utilizados en varias aplicaciones, como en la metalurgia, en el secado y calcinación de precipitados, ensayos de flamabilidad a alta temperatura, aleaciones metálicas, templado, ensayos de fundición y otras que necesitan de un tratamiento por calor (Askeland, 2001).

Para el equipo en construcción, la energía térmica será suministrada mediante inyectores de gas propano, instalados en la parte inferior de la cámara junto a los ladrillos refractarios. La cámara interna se encuentra aislado con ladrillos refractarios de alta alúmina en la parte inferior, seguido de fibra refractaria y un manto cerámico. Estos componentes son necesarios para proteger los componentes eléctricos y electrónicos de su deterioro.

Cuando el horno se encuentre a altas temperaturas comprendidas entre los 1000°C y 1200°C, el calor perdido se transmite mediante convección, radiación, y conducción hacia el medio externo, a través de sus paredes laterales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo propuesto se parte de bases teóricas de equipos industriales tipo Mufla existentes y que son la guía y ejemplo para la construcción, por tal motivo el proyecto es la conclusión del proceso de formación de los aprendices co-autores de este artículo.

Bajo esta premisa, se realizó un estudio de necesidades de equipos para la realización de prácticas en los laboratorios al interior del centro, mediante consulta directa al equipo de instructores del área de electromecánica. Teniendo en cuenta los resultados de la consulta se definió la construcción y puesta en operación de un horno mufla.

Utilizando la investigación exploratoria según Namakforoosh para determinar algunos parámetros técnicos requerido se combinada con el método de la experimentación bajo aplicación constructivista para ajustar el equipo al objetivo propuesto.

Para la fabricación de la mufla se tienen en cuenta las exigencias que debe tener la fabricación de producto de acuerdo al ICONTEC basado en los requisitos establecidos en las normas ISO/IEC 17065 e ISO/IEC 17067, recomendaciones de profesionales sobre el uso del horno y la consulta de materias primas para su construcción.

LAS FASES Y ACTIVIDADES SON LAS SIGUIENTES:

1. Dimensionamiento: Aquí se asoció el objeto de estudio, donde se presenta el análisis bibliográfico, lo que permite formular teorías y deducciones.
2. Construcción: Esta es la conclusión producida por el proceso de observación de equipos similares.
3. Experimentación: Se considera la experimentación para ajustar detalles constructivos del prototipo o equipo industrial en búsqueda de los resultados esperados.



3. DESARROLLO DEL PRODUCTO TECNOLÓGICO

3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA.

Para el dimensionamiento de la cámara interna del horno mufla se realizó bajo la consideración de que esta cámara servirá para realizar prácticas de laboratorio en el tratamiento térmico en aceros al carbono, es así, que los materiales a ingresar son probetas normalizadas para ensayos de tracción, compresión, flexión, e impacto. Normas ASTM E8, ASTM E1820, ASTM E23, ASTM E9-70, respectivamente.

Por lo tanto se selecciona una cámara estandarizada con las siguientes medidas:

- Ancho = 500mm
- Altura = 400mm
- Profundidad = 500mm

3.1.1. SELECCIÓN DE MATERIALES

En la Tabla 1, se indican los materiales seleccionados para la construcción de la cámara interna del horno mufla con base en sus propiedades aislantes al calor, refractariedad, punto de fusión, y resistencia a los choques térmicos.

Tabla 1. Materiales utilizados para la construcción de las paredes del horno.

Especificaciones Fibra Cerámica	
Descripción	La fibra cerámica es un material refractario de baja conductividad térmica, alta resistencia a la tracción y resiliencia, así como resistencia a choques térmicos y ataques químicos.
Conductividad Térmica a 800°C (96kg/m ³)	0,24 [W/m°K]

Conductividad Térmica a 800°C (128kg/m ³)	0,19 [W/m°K]
Rango de Temp. De Servicio	800 °C a 1200 °C
Usos y Aplicaciones Recomendadas	Revestimientos de hornos de alta temperatura, aislamiento de calderas, sellado y juntas de alta temperatura; y aislamiento de tuberías y conductos.
Especificaciones Ladrillo Refractario	
Universal (JM-23)	Ladrillo súper Refractario, indicado para servicio en pisos de hornos y calderas, cámaras de combustión con temperaturas de servicio (1763°C) con buena resistencia al choque térmico y al ataque moderado de escorias y agentes químicos.
Cemento Refractario	
Súper aerofrax	Súper refractario, húmedo de fraguado al aire. 1600°C. (ERECOS).

Fuente: Adaptado a partir de Monteros (2015).

3.1.2. CÁLCULO DE LA CÁMARA

La transferencia de calor está relacionada con el intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos los cuales son llamados fuente y receptor. Existen tres maneras diferentes en que el calor pasa de la fuente al receptor. Muchas de las aplicaciones en los tratamientos térmicos convencionales son combinaciones de ellas, conducción, convección y radiación (Kern, 1999).

Para realizar los cálculos se utilizó la fórmula de calor por conducción que permitió obtener los datos necesarios para determinar la transferencia de calor entre la cámara y sus alrededores.

El calor por conducción a través de sus paredes se obtiene con la siguiente ecuación (Incropera, 2008):

K: constante de transferencia

T1: temperatura interna

T2: temperatura externa

L: pared dada por los ladrillos

$$Q_{cond} = K \frac{T_1 - T_2}{L} Q_{cond} = K \frac{T_1 - T_2}{L} = K \frac{\Delta T}{L} K \frac{\Delta T}{L}$$

Por lo tanto, se utiliza para el dimensionamiento de las paredes del horno mufla, el ladrillo de 0,05m de espesor, seguido de una fibra y manto refractario de 0,015m, con esto se evitara que exista una temperatura muy alta en la parte exterior del horno y de igual manera se protegerá a las personas de posibles quemaduras cuando se encuentren alrededor del mismo.

Por lo tanto, las paredes del horno mufla están conformadas de la siguiente manera (**Figura 1**):

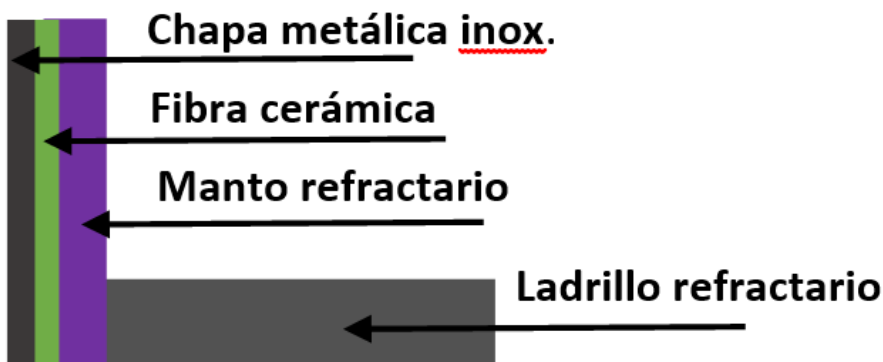


Figura 1. Sección transversal de la pared del horno mufla.

3.2. CONSTRUCCIÓN

Una vez seleccionados los materiales y definido el dimensionamiento del equipo se procede a aplicar los ensambles y uniones respectivas hasta lograr el equipo para pruebas y ensayos finales.

3.3. EXPERIMENTACIÓN

3.3.1. TIEMPO DE RESPUESTA DEL SISTEMA TCN4S-24R CONTROLADOR

El tiempo de respuesta del sistema con el controlador es de 10 minutos por 125°C (Figura 2a). El sistema controlador permite cumplir el principio de Histéresis (Monod, Préjean & Tissier, 1979).

3.3.2. INYECTORES

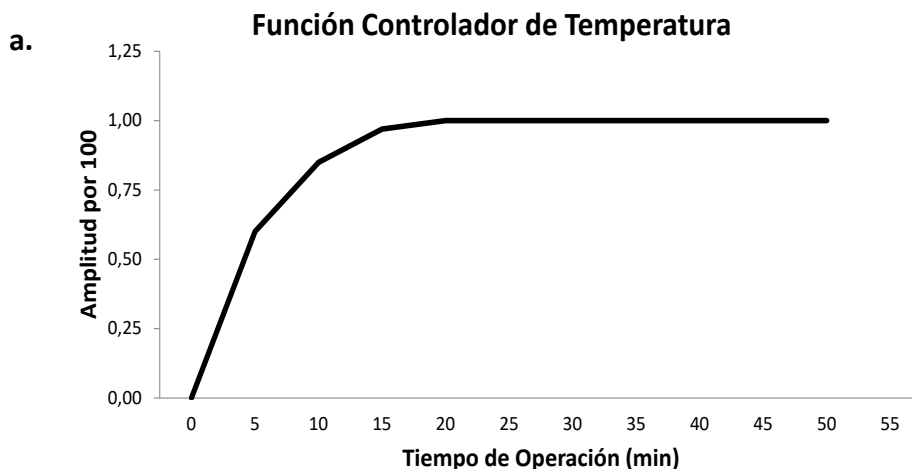
Se fabricaron dos juegos de inyectores para gas propano (Figura 2b), con el fin de conducir el gas para el calentamiento del horno mufla hasta su temperatura máxima. Los inyectores fabricados cumplen con su objetivo y tienen las dimensiones:

Long: 35.00 mm, Ø rosca: 12.00 mm, Ø espiga: 12.00 mm

Los dos juegos van montados en el múltiple del quemador y mantienen uniforme la temperatura de la cámara interna, alimentados con gas propano o gas natural.

3.3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para el control de temperatura de este horno mufla se utilizó un controlador de temperatura PID TCN4S-24R disponible en el mercado local, una termocupla tipo K encargada de censar la temperatura en el interior de la cámara del horno (Figura 2c).



b.



c.



Figura 2. Tiempo de respuesta del sistema con controlador (a), inyector para gas propano (b) y temocupla y entrada del gas a los inyectores (c).
(Fuente: SENA)

4. RESULTADOS

4.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

El Horno completo se muestra en la Figura 3 y presentó las siguientes características:

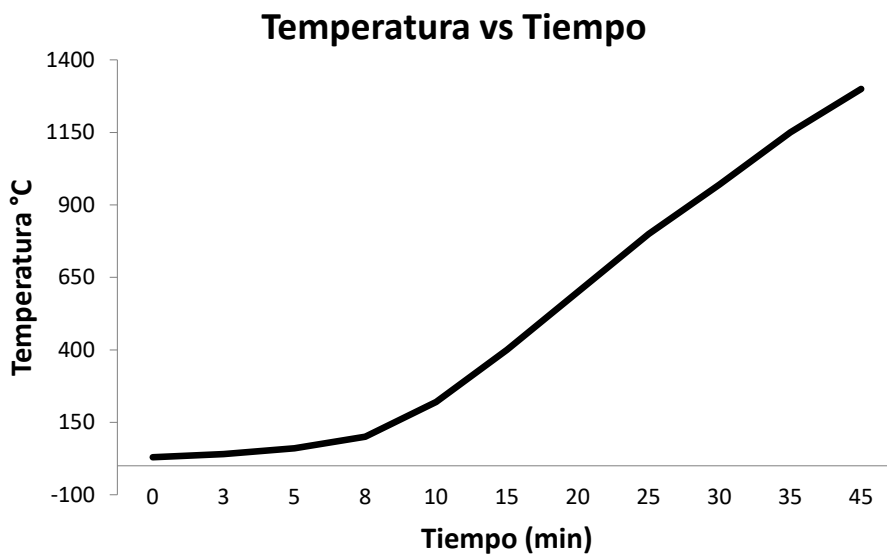
- Dimensiones: Ancho=50cm, Alto=50cm, Profundidad=40cm.
- Potencia =Poder calorífico: Gas propano 49,9 KJ/g (21000 BTU/lb) o Gas natural 54 KJ/g (23000 BTU/lb).
- Alimentación=Gas propano o Gas natural.
- Temperatura constante de trabajo=1000°C.
- Temperatura regulable hasta 1200°C.
- Puerta abatible.
- Peso=100 Kg aproximadamente.
- Control de tiempo de tratamiento TCN4S-24.



Figura 3. Fotografía del Horno mufla construido. (Fuente: SENA)

La evaluación de su funcionamiento se llevó a cabo determinando una curva de calentamiento. En el Figura 4 se muestra la curva de calentamiento teórica y real del horno, con una pequeña diferencia en su inicio, y un porcentaje de error entre el 5% al 10% a lo largo de todo el proceso de calentamiento.

a.



b.

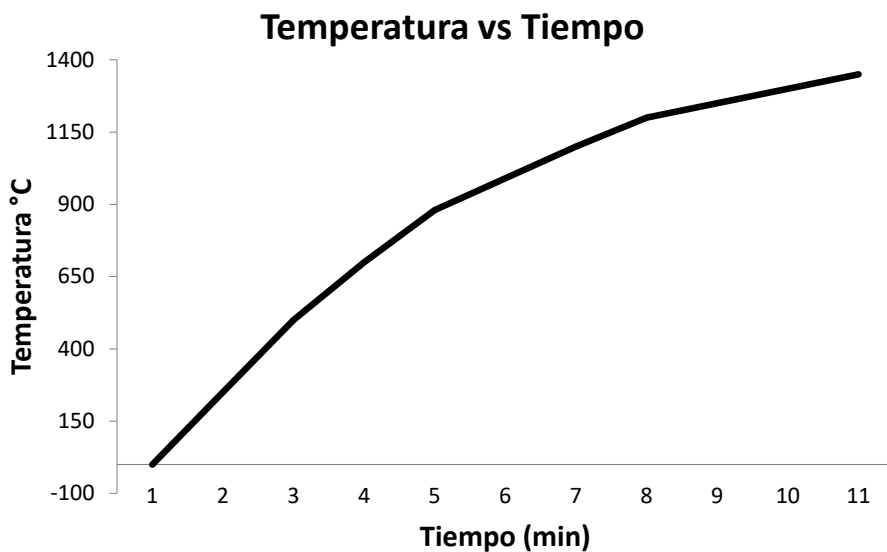


Figura 4. Curva teórica (a) versus la Curva (b) real de calentamiento del horno.

5. CONCLUSIONES

Como resultado del proyecto formativo, se logró poner en práctica las competencias necesarias adquiridas por los aprendices para desarrollar un equipo industrial didáctico para el tratamiento térmico de aceros, donde la puesta en operación y ensayos fueron satisfactorios, ya que la construcción cumple su función comparativamente con los de un equipo industrial realizado por expertos. En las pruebas realizadas al horno mufla para verificar su funcionamiento, se utilizó como material de ensayo probetas en acero 1045 y en acero 4140, arrojando resultados en templabilidad aceptables a temperaturas por encima de los 900°C. Se recomienda para mejorar el equipo implementar en el controlador PID un diseño por LGR, para aprovechar los ajustes de temperatura y tiempo a través de una respuesta a escalón unitario mediante una instalación de control eléctrico y electrónico con seguridad por fusible para amortiguar la señal en curva S.

6. REFERENCIAS

- Askeland (2001). “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Editorial Paraninfo-Thomson Learning.
- Incropera, F. & De Witt, D. (2008). Fundamentos de Transferencia de Calor. México: Prentice Hall.
- Kern, D.Q. (1999). Procesos de transferencia de calor. Trigésima primera edición. CECSA. México. 14-16p.
- Monteros & Villareal, (2015) Diseño y construcción de un horno mufla. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Fica, Vol. X, No. X, Mes 20XX.
- Monod, P., Préjean, J. J. & Tissier, B. (1979). Magnetic hysteresis of CuMn in the spin glass state.
- Namakforoosh, M. (2005), Metodología de la Investigación. Editorial LIMUSA. México.
- Icontec (2015). Norma de conformidad de producto
- Smith (2005). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería Materiales. España, Madrid.



EDITORIAL

CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE HARINA DE SEMILLAS DE GUAYABA OBTENIDA A PARTIR DEL PROCESO INDUSTRIAL DE DESPULPADO Y SU POTENCIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA TIPO COLADA

Por Juan Fernando Ordoñez y Colaboradores

OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE AGUACATE CV. 'HASS' (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

Por Durley Ruíz & Pedro Andrés Rengifo

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVAL.*) "VERÓNICA" BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN DOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN

Por Gustavo Adolfo Villa y Colaboradores

DETERMINACIÓN DE CURVAS DE EXTRACCIÓN EN LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS F. EDULIS SIMS*) EN EL MUNICIPIO DE SONSÓN, ANTIOQUIA

Por Jhon Jaiber Marín y Pedro Andrés Rengifo

ESTRATEGIAS DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

Por Luis Alfredo Argumedo & Ivan de Jesús Arango

CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UN HORNO MUFLA

Por Deyber Alexis Arrubla y Colaboradores

9
12

23

36

47

62

68



9 789584 845795

I S S N 2 6 6 5 2 4 4 - 7