



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año IV
No. 18



AUTORIDADES ACADÉMICAS

Universidad de El Salvador

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Vicerrector Académico

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Vicerrector Administrativo

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval
Secretario General

Lic. Iván Hernández
Presidente Asamblea General Universitaria

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigaciones Científicas
Director Ejecutivo, Consejo de Investigaciones Científicas

Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Decano

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos
Vicedecano

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra
Secretario

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García
Jefe de la Unidad de Investigación

COMITÉ EDITORIAL

Editor en jefe

José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigaciones Científicas
Director Ejecutivo, Consejo de Investigaciones Científicas
jose.sermeno@ues.edu.sv

Editor adjunto

Isidro Galileo Romero Castro
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
isidro.romero@ues.edu.sv

Editor gráfico y maquetador

Luis Alberto Sánchez Alfaro
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
luis.alfaro@ues.edu.sv

Soporte tecnológico e informático

Saúl Antonio Vega Baires
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
saul.vega@ues.edu.sv

José Adán Núñez Abarca
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES
jose.nunez@ues.edu.sv

Correctores de estilo

Cristina Isabel Guzmán Cruz
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
cristina.guzman@ues.edu.sv

Selvin Mauricio Montano Quintanilla
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
selvin.montano@ues.edu.sv

Comunicación y difusión

Lilian Xiomara Arévalo Benítez
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES
lily.arévalo@ues.edu.sv

COMITÉ CIENTÍFICO

Miembros UES

Fidel Ángel Parada Berrios
Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
fidel.parada@ues.edu.sv

Blanca Eugenia Torres de Ortiz
Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
blanca.bermudes@ues.edu.sv

Rudy Anthony Ramos Sosa
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
antonioreshcal@yahoo.com

Miguel Ángel Hernández Martínez
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad
de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
miguel.hernandez@ues.edu.sv

Miembros externos a la institución

Ma. Mónica Lara Uc
Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma de Baja California
Sur, La Paz, Baja California Sur, México.
mlara@uabcs.mx

Víctor D. Carmona Galindo
Director of Sustainability and Associate Professor Biology Department. University of Detroit Mercy, Detroit Michigan, United States.
carmonvi@udmercy.edu

Andrea L. Joyce
Assistant Professor, University of California, Merced. United States.
ajoyce2@ucmerced.edu

Mario Ernesto Parada Jaco
Gerente de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), El Salvador.
paradaja2011@hotmail.com

Aisur Ignacio Agudo Padrón
Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo "Avulsos Malacológicos - AM, Brasil.
ignacioagudo@gmail.com

Luis A. Mejía
Adjunct Professor, Department of Food Science and Human Nutrition University of Illinois, Urbana-Champaign
lamejia@illinois.edu

José Rutilio Quezada
Consultor Internacional, Manejo Integrado de Plagas y Control Biológico, Estados Unidos
bachi930@gmail.com

Randy Atencio Valdespino
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
randy.atencio@gmail.com

Universidad de El Salvador

Final Avenida Mártires del 30 de Julio de 1975, Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa", San Salvador, El Salvador.

Teléfonos

Facultad de Ciencias Agronómicas: (503) 2225-1506
Secretaría de Investigaciones Científicas: (503) 2225-8434

Correos electrónicos

revista.agrociencia@ues.edu.sv
ciencias.agronomicas@ues.edu.sv
sic@ues.edu.sv

URL de la revista

<https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia>

Revista Agrociencia es el medio oficial de difusión científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, gestionada con apoyo de la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (SIC-UES), que cumple con los principios de acceso abierto. Su periodicidad es cuatrimestral y se publica en los meses de abril, agosto y diciembre de cada año. Es gratuita, pues Agrociencia no cobra a los autores tarifas de envío y procesamiento editorial de los artículos que se publican. Acepta manuscritos de las ciencias agropecuarias,

forestales, veterinarias, agroindustria, medio ambiente y seguridad alimentaria de forma continua.

Los autores son los únicos responsables de las opiniones expresadas en sus textos, que no necesariamente reflejan la opinión o política de la Universidad.

Los textos académicos que la revista admite son artículos científicos, notas técnicas, estudio de casos y revisiones bibliográficas. Si desea publicar en Revista Agrociencia, puede enviar su texto a: revista.agrociencia@ues.edu.sv

AGROCIENCIA es una revista con licencia creative commons 4.0 CC BY: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Fotografía de portada:

Juan Raúl Magarín

Unidad de Enlace y Promoción de la Investigación (EPI),
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)

- 6** Caracterización palinológica de las mieles de abejas melíferas (*Apis mellifera*) de doce municipios del departamento de La Libertad, El Salvador
- 18** Evaluación de parámetros microbiológicos en concordancia con la norma salvadoreña de jalea real NSO: 67.38.03:05 usando diferentes técnicas de extracción de jalea real de abejas (*Apis mellifera*)
- 28** Caracterización morfoagronómica de cinco variedades mutantes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivadas mediante la técnica de hidroponía bajo condiciones de invernadero
- 38** Evaluación de dos combinaciones de conservantes y su efecto sobre un producto hortícola de IV Gama
- 50** Evaluación del efecto del número de tallos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el rendimiento de minitubérculos a partir de la generación 2 en invernadero
- 59** Evaluación del efecto de dos concentraciones de Acetato de Trembolona y Benzoato de Estradiol administrados mediante implante subcutáneo sobre el desempeño de bovinos de 1 a 3 años en pastoreo
- 68** Evaluación del efecto de heno de Vigna (*Vigna sinensis* L.) y dos niveles de proteína no degradable en el rumen en la alimentación de novillas Holstein en desarrollo sobre el consumo, crecimiento y eficiencia de nutrientes
- 78** Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Centa Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego



Artículo científico

Caracterización palinológica de las mieles de abejas melíferas (*Apis mellifera*) de doce municipios del departamento de La Libertad, El Salvador

Palynological characterization of honeys from honeybees (*Apis mellifera*) from twelve municipalities of the department of La Libertad, El Salvador

Araya-Amaya, C.Y.¹, Vásquez-Montenegro, J.E.¹, Ruano-Iraheta, C.E.²

Correspondencia:

carlos.ruano3@ues.edu.sv
jhana08motttn@gmail.com
carolinaaraya488@gmail.com

Presentado:

12 de diciembre de 2020
Aceptado:
28 de febrero de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente asesor.

RESUMEN

El estudio se realizó en 12 municipios del departamento de La Libertad, El Salvador: Tamanique, Quezaltepeque, La Libertad, Santa Tecla, San Matías, Talnique, Tacachico, Tepecoyo, San Juan Opico, Jayaque, Sacacoyo y Colón. El periodo de ejecución fue desde octubre de 2017 hasta julio 2019. Comprendió fase de campo y laboratorio, la primera se realizó en el departamento de La Libertad, cuya extensión territorial es de 1,652.88km², obteniendo muestras de flores y miel. Las flores se recolectaron de 28 apiarios, realizando recorridos en línea recta en un perímetro de un kilómetro. Las muestras se trasladaron, almacenaron y refrigeraron en bolsas de papel periódico hasta ser procesadas en laboratorio. Para las muestras de miel se utilizaron frascos de plástico estériles (60ml); se recolectaron 30 gramos de miel, mantenidas a temperatura ambiente hasta su procesamiento. La segunda fase se desarrolló en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de El Salvador, departamento de San Salvador, ambas muestras fueron procesadas con el método de acetólisis, se caracterizó la miel en monofloral y multifloral a través de la identificación de los granos de polen. Se procesaron 60 muestras de miel que correspondían a dos cosechas y 72 muestras de las especies de plantas con flores. Los principales resultados fueron la caracterización de 12 muestras de miel en monoflorales de las familias *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Myrtaceae*, y subfamilias *Papilionaceae* y *Mimosaceae* de la familia *Fabaceae*. También se caracterizaron 48 muestras de miel en multiflorales y se identificaron 21 familias por lo que 16 cantones tuvieron polen secundario, 6 polen menor intermedio y 4 polen menor. A nivel botánico en campo, se identificaron 37 familias, 100 especies y 11 géneros. Se estableció que los municipios relacionados entre sí, fueron Tacachico, La Libertad y Tamanique por las familias *Malvaceae*, *Fabaceae*, subfamilia *Mimosaceae*. Sacacoyo, Santa Tecla y Quezaltepeque, se relacionaron entre sí por las familias *Asteraceae* y *Bignoniaceae*, a través del Análisis de Componentes Principales con el 70.08% de la variación total de los datos. La principal conclusión fue la clasificación de 60 muestras de miel de 12 municipios del departamento de La Libertad, de las cuales 12 fueron monoflorales y 48 multiflorales.

Palabras claves: Melisopalínología, mieles monoflorales y multiflorales, palinoteca.

ABSTRACT

The study was conducted in 12 municipalities in the department of La Libertad, El Salvador, which included Tamanique, Quezaltepeque, La Libertad, Santa Tecla, San Matías, Talnique, Tacachico, Tepecoyo, San Juan Opico, Jayaque, Sacacoyo and Colón. The execution period of the study ranged from October 2017 to July 2019. The investigation consisted of a field and a laboratory phase. The field phase was carried out in the department of La Libertad (territorial extension 1,652.88km²), where samples of flowers and honey were obtained. The flowers were collected from 28 apiaries in straight line within a perimeter of one kilometer. The samples were transported in newspaper bags and stored under refrigeration until processing in the laboratory. Honey samples (30 g) were collected in sterile plastic bottles (60 ml) and kept at room temperature until processing. The laboratory phase was conducted in the Palynology Laboratory of the University of El Salvador. Samples were processed by the acetolysis method. The honey was characterized into monofloral and multifloral based on the identification of pollen grains. Sixty honey samples corresponding to two harvests and 72 samples of flowering plant species were processed. The main results were the characterization of 12 honey samples in monoflorals of the families *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Myrtaceae*, and subfamilies *Papilionaceae* and *Mimosaceae* of the *Fabaceae* family. Furthermore, 48 honey samples were characterized in multifloral. Twenty-one families were identified, of which 16 counties had secondary pollen, 6 intermediate minor pollen and 4 minor pollen. At the botanical level in the field, 37 families, 100 species and 11 genera were identified. It was established that the related municipalities were Tacachico, La Libertad and Tamanique for the families *Malvaceae*, *Fabaceae*, subfamily *Mimosaceae*. Sacacoyo, Santa Tecla and Quezaltepeque were related to each other by the families *Asteraceae* and *Bignoniaceae*, through the Principal Component Analysis with 70.08% of the total variation of the data. The main conclusion was the classification of 60 honey samples from 12 municipalities of the department of La Libertad, of which 12 were monofloral and 48 multifloral.

Key words: Melisopalínology, monofloral honey, multifloral honey, palinoteca.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador la producción de miel se da durante la estación seca y se exporta el 90% a granel y el restante 10% se comercializa para consumo nacional (MAG 2003). Según la Comisión Nacional de Apicultores de El Salvador (CONAPIS), se estima que existen aproximadamente 8,000 apiarios y 75,000 colmenas, que producen entre 1,500 a 3,000 toneladas de miel, y generan unos 30,000 empleos durante la cosecha (OIRSA 2004). Los productos apícolas heredan las propiedades de las plantas de las cuales las abejas elaboran la miel, polen y propóleos, por tanto, conocer su origen botánico y geográfico permite diferenciar y certificar la producción. De esta manera buscar estrategias que incrementen su valor en el comercio nacional e internacional (Montenegro *et al.* 2009). Las plantas utilizadas como fuente de néctar por las abejas se denominan flora nectarífera, su identificación es de gran importancia para incrementar el desarrollo de la actividad apícola

(Sayas y Huamán 2009). La melisopalínología permite identificar los granos de polen contenidos en la miel, y la clasifica como monoflorales o multiflorales (Alfaro *et al.* 2007). Para dicha clasificación se elabora una fuente de referencia de polen de las especies florales (Palinoteca) que utilizan las abejas, a través de un método llamado acetólisis (Sánchez 2001). Algunos países de Latinoamérica reportan diversos estudios palinológicos que realizaron, para clasificar las mieles e identificar la floración: *México* (González *et al.* 2016), Honduras (Méndez 2006), Colombia (Corral 1984), Argentina (Tellería y Forcone 2000) y El Salvador en el que se reportan un estudio palinológico en abejas sin aguijón (Landaverde, *et al.* 2002). Por lo tanto, el presente estudio clasificó las mieles de abejas melíferas (*Apis mellifera*) de doce municipios del departamento de La Libertad, El Salvador en monofloral y multifloral, dicha clasificación se realizó por medio de la técnica de acetólisis, lo que permitió identificar las familias de las plantas de mayor importancia en la producción de miel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración de la investigación

La metodología de campo se llevó a cabo en 12 municipios del departamento de La Libertad, El Salvador, el cual posee una extensión territorial de 1,652.88km². La metodología de laboratorio se realizó en el departamento de San Salvador, en el Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. La fase de campo se desarrolló de octubre de 2017 a mayo de 2018, mientras la fase de laboratorio se ejecutó de abril de 2018 a julio de 2019. Se establecieron rutas de visita y recorridos en 28 apiarios con un número mayor o igual a 30 colmenas Langstroth fijas. Las muestras obtenidas fueron de dos tipos: de miel y de plantas con flores.

Metodología de campo

Con el apoyo de un técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería y la colaboración de los apicultores, se realizaron cuatro visitas de campo; la primera fue para recolectar las flores (nectaríferas)

en los apiarios, por lo que se hicieron recorridos en línea recta en un perímetro de un kilómetro; las flores se trasladaron en bolsas de papel periódico y en una viñeta se detalló el nombre común de la planta recolectada, fecha y ubicación del apiario, estas muestras se mantuvieron almacenadas en refrigeración hasta el momento de ser procesadas en el Laboratorio de Palinología. La segunda visita fue para entregar dos frascos transparentes de polietileno (60 ml) estériles y con su respectiva viñeta con detalles de código único de apicultor (CUA), fecha de recolección, número de cosecha y ubicación del apiario. Se solicitó al apicultor tomar una muestra de miel de 30 gramos después del filtrado de la miel cosechada. En la tercera visita se recolectaron las muestras de miel de dos cosechas, la primera de los meses de noviembre a diciembre con un total de 35 muestras y la segunda de enero a febrero con un total de 25 muestras. Para el municipio de Quezaltepeque las muestras de miel se recibieron en la sede de CONAPIS debido a la inseguridad social de la zona. Para la última visita se registraron las coordenadas geográficas de los apiarios con equipo GPS Marca Garmin® Modelo GPSmap 60CSx (Figura 1).

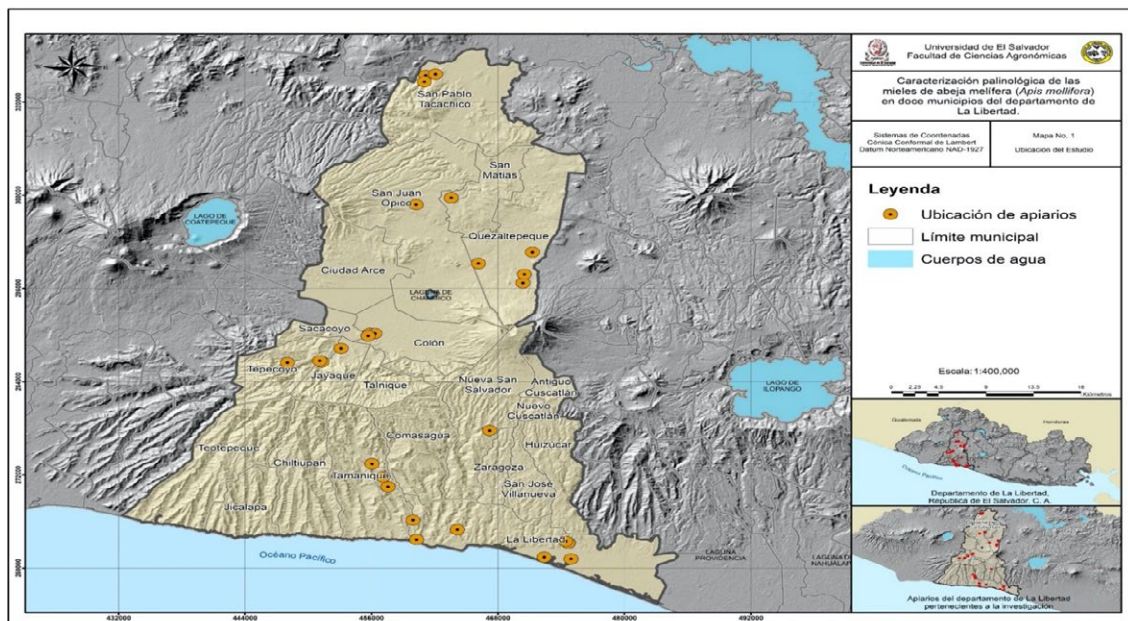


Figura 1. Municipios del departamento de La Libertad donde se realizó la fase de campo.

Metodología de laboratorio

Se procesaron 60 muestras de miel con el método de acetólisis y se elaboraron 480 laminillas para caracterizar las mieles de los 12 municipios del departamento de La Libertad en monofloral y multifloral. Para las plantas con flores fueron procesadas 72 muestras con el método de acetólisis, y se elaboraron 144 laminillas permanentes, con las que se formó la palinoteca de referencia que se utilizó en la caracterización de la miel. La observación de los granos de polen de ambas muestras se realizó con Microscopio óptico con objetivos 40X y 100X. El procedimiento fue con base a la marcha de laboratorio de Sánchez (2001) y se desarrolló diluyendo 20 gramos de miel y 8 ml de agua destilada en 4 tubos de ensayo, los cuales se sometieron a un proceso de centrifugado por 5 minutos a 3000 rpm, luego se decantaron y se colocaron 5 ml de ácido acético glacial en cada tubo, se centrifugaron y decantaron nuevamente, adicionándose 5ml de la solución de acetólisis, anhídrido acético (9 partes) y ácido sulfúrico (1 parte), se calentaron durante seis minutos en baño maría seco a una temperatura de 100°C, hasta que se obtuvo un viraje de color café claro a oscuro, inmediatamente se centrifugaron y decantaron en un beaker de 600ml (dentro de la capilla extractora de gases), se les realizaron dos lavados con agua destilada y se colocó 5ml a cada tubo, luego se centrifugaron y decantaron por el desagüe de una pila de concreto. Para lubricar e hidratar los granos de polen, se añadieron 3 ml de glicerol a cada tubo. Se centrifugaron, decantaron y cubrieron de la luz por 24 horas. Las muestras de flores se procesaron con el mismo método de acetólisis. Con la diferencia que se disecaron y separaron las anteras para sumergirlas en una solución jabonosa (1 parte de jabón con 9 partes de agua) con el fin de hidratarlas para obtener el grano de polen, colocándose en un mortero para macerar las anteras y filtrar con agua destilada (20 ml) con un Tamiz de 60 µm. Este filtrado se recolectó en un beaker de 150 ml., colocándolo en 2 tubos de ensayo, los cuales se pesaron en Balanza semianalítica a volúmenes iguales para ser centrifugados por 5 minutos a 3000 rpm, luego se realizó la acetólisis. La neutralización del ácido

residual de las muestras se hizo con dos kilogramos de Sodio Hidróxido Escamas de uso industrial.

La elaboración de las laminillas de ambas muestras consistió en cortar una pequeña porción de jalea de glicerina con una aguja especial, esta porción se frotó en el interior del tubo que contenía los granos de polen, para luego colocarla en la parte central en un portaobjetos de 7.5 cm x 2.5 cm con ayuda de una plantilla. El portaobjetos con los granos de polen se calentó suavemente en un Hot Plate hasta volverse líquida. Se colocaron dos pequeñas porciones de plastilina en puntos equidistantes a la posición de la muestra. El cubreobjetos de 22x22 mm se colocó sobre la muestra presionando suavemente cada punto de la plastilina. Un costado de la laminilla se cubrió con una pequeña porción de parafina y se calentó dejándola escurrir hasta embeber toda la laminilla, quedando sellada la muestra. La identificación de las plantas con flores se realizó con ayuda de un especialista del Jardín Botánico, Plan de la Laguna, municipio de Antigua Cuscatlán, departamento de La Libertad. Las plantas fueron identificadas por familia y especie a nivel botánico y de campo, y a nivel de laboratorio solo se identificaron familias de flores en la miel. Se registró el número de plantas por municipio, para obtener las principales familias distribuidas en los 12 municipios. La identificación de los granos de polen de la palinoteca se realizó a través de la observación al microscopio de cada una de las 144 laminillas.

Se utilizaron libros de referencia de granos de polen de autores como Roubik & Moreno (1991), Chávez, *et al.* (1991), Landaverde (2001) y Girón (1996), para verificar y confirmar que los granos de polen pertenecieran a las familias de las especies de flores identificadas; una vez realizado este trabajo se procedió a caracterizar la miel.

Para la Identificación de granos de polen en la miel se utilizó: un microscopio óptico con objetivos 4X, 10X, 40X y 100X, la palinoteca elaborada durante la investigación, los libros de referencia de polen de Roubik & Moreno (1991), Chávez, *et al.* (1991), Girón (1996), el catálogo y Palinoteca de Granos de

Polen del Noroeste de Chalatenango del Laboratorio de Palinología y la Palinoteca del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de la Unidad de Inocuidad Apícola. Con dichas herramientas de referencia, se procedió a observar al microscopio los granos de polen, y se compararon con cada polen de las especies de plantas, esto permitió identificar a su familia, además se realizó el conteo de 100 granos de polen de cada una de las 60 muestras de miel. Los granos de polen se encontraban distribuidos en 8 laminillas, se observaron 280 laminillas para la primera cosecha y 200 laminillas para la segunda cosecha, lo que sumó un total de 480 laminillas. Posteriormente, se agruparon las familias de las plantas con flores identificadas en las frecuencias de clase del análisis melisopalínológico de Louveaux *et al.* (1978), citado por Sánchez (2001), el cual indicó como polen predominante un porcentaje mayor o igual 45%, polen secundario 16-45%, polen menor intermedio 3-15% y como polen menor un 3%. Esto permitió establecer el origen botánico de las mieles, es decir, la caracterización palinológica de la miel como monofloral o uniflorales cuando el polen fue predominante y en mieles poliflorales o multiflorales cuando hubo muchos tipos de polen, ya fuere secundario, intermedio o menor.

Metodología estadística

La investigación fue de tipo descriptiva, el departamento de La Libertad se seleccionó por presentar una mayor producción de miel (343,486 kilogramos) según IV Censo Agropecuario del 2007. La caracterización de la miel se hizo con porcentajes totales y frecuencias fijas de clase, además se utilizó el Análisis de Componentes Principales, métodos multivariantes que resume un conjunto amplio de variables en un número reducido de nuevas variables, y explica la variabilidad existente en los datos con la mínima pérdida de información¹. Para calcular el tamaño de muestra de miel, se tomó el número de apiarios de los doce municipios, 110 apiarios, y se implementó una fórmula estadística, para poblaciones conocidas. Según Bonilla (2000), en donde: $n = Z^2 \sigma^2 N / (N-1) E^2 + Z^2 \sigma^2$. Se obtuvieron

un total de 26 muestras de miel por cosecha. Las variables en estudio fueron cuatro: Granos de Polen Predominantes ($\geq 45\%$) para Miel Monofloral, Granos de Polen Secundarios o Dominados (16 a 45%) para Miel Multifloral además incluyó al Polen Menor Intermedio (3-15%) y Polen Menor ($\leq 3\%$) según Sánchez (2001). Para la identificación botánica de las familias de plantas con flores, se elaboró un listado con el número de plantas con flores de los 12 municipios y se identificaron las familias más abundantes. Y finalmente se definió la relación existente entre municipios y familia de plantas con flores, para determinar si los municipios eran similares en razón de presentar las mismas familias, para ello se utilizó el análisis de Componentes Principales y programa estadístico Past versión 3.25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Granos de polen predominantes

Se caracterizaron 12 muestras de miel como monoflorales pertenecientes a cinco municipios del departamento de La Libertad. El municipio de Quezaltepeque con cinco muestras, seguido por el municipio de La Libertad con tres, Sacacoyo con dos muestras y los municipios de Jayaque y Talnique con una muestra monofloral. Identificándose a las familias *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Myrtaceae* y subfamilias *Papilionaceae* y *Mimosaceae* de la familia *Fabaceae*; las cuales presentaron porcentajes mayores a 45 (Cuadro 1).

El 66.7% de la miel correspondió a la primera cosecha de noviembre de 2017 a enero de 2018 y el 33.3% fue de la segunda cosecha, de febrero a marzo de 2018. La familia *Asteraceae* fue la que presentó mayores porcentajes, posiblemente por la abundancia de las plantas de esta familia y que presentan flores de fácil acceso a las abejas, por lo tanto, la preferencia por esta familia pudo deberse a factores tales como la morfología floral y la diversidad de especie (Insuasty *et al.* 2015). Boada & Cogua (2011) consideraron que cuando una abeja encuentra una fuente rica en néctar o polen continúa utilizando dicha fuente hasta que se agota o descubre otra más productiva como lo citó

Insuasty *et al.* (2015). Faricelli *et al.* (2004) citado por Insuasty *et al.* (2017) reportó que la familia *Fabaceae*, es predominantemente entomófila (polinizadas por insectos) y constituye la principal fuente de néctar y polen para las abejas. Como se ve reflejado en los

resultados ya que las subfamilias *Papilionaceae* y *Mimosaceae* pertenecen a dicha familia. González *et al.* (2016) menciona que las familias *Leguminosaceae* (*Fabaceae*) y *Asteraceae* son preferidas por las abejas ya que les proporcionan en su mayoría polen y néctar.

Cuadro 1. Clasificación botánica de mieles monoflorales

GRANOS DE POLEN PREDOMINANTES DE CINCO MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD (%)									
Familia	QUEZALTEPEQUE					LA LIBERTAD	TALNIQUE	SACACOYO	JAYAQUE
	Cantones					Melara	El Transito	Sacacoyo	Las Flores
	Tacachico	Primavera	Macance	Las Lajas	El Volcán				
Asteraceae	82.24	54.81	67.35	81.82	-----	65.67	54.55	52.38	-----
Boraginaceae	-----	-----	-----	-----	52.83	-----	-----	-----	-----
Myrtaceae	-----	-----	-----	-----	-----	49.18	-----	-----	-----
Mimosaceae	-----	-----	-----	-----	-----	45.13	-----	-----	-----
Papilionaceae	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	55.56	58.14

Granos de polen secundarios o dominados

Se clasificaron 48 muestras de miel como multiflorales (80 % del total de muestras) en los municipios de Tamanique, Quezaltepeque, La Libertad, Santa Tecla, San Matías, Talnique, Tacachico, Tepecoyo, San Juan Opico, Jayaque y Colón, y se identificaron 21 familias (Cuadro 2). Las familias *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Poaceae* y la subfamilia *Papilionaceae* de la familia *Fabaceae*, presentaron un mayor porcentaje a nivel de municipios. Y las familias *Melastomataceae*, *Rubiaceae*, subfamilia *Caesalpinioideae* (*Fabaceae*), *Rutaceae*, *Muntingiaceae*, *Verbenaceae*, *Pinaceae*, *Cochlospermaceae* y *Cucurbitaceae* presentaron un menor porcentaje. Se obtuvieron 19 muestras con mieles multiflorales de polen secundario (16-45%) en 16 cantones pertenecientes a los municipios de Tacachico (1), Talnique (1), San Matías (1), Santa Tecla (1), La Libertad (3), Quezaltepeque (5), Tamanique (2), Tepecoyo (1), San Juan Opico (3) y Jayaque (1). Siete muestras de miel multifloral con polen menor Intermedio (3-15%) en seis cantones de los municipios de Tamanique (1), La Libertad (1), Tacachico (3), Tepecoyo (1) San Juan Opico (1). Y seis muestras de miel multifloral con polen Menor (< 3%)

en cuatro cantones de los municipios de Colón (2), Quezaltepeque (1), Tacachico (2) y Jayaque (1). Sáenz (1978) citado por Zaldívar, *et al.* (2013) considera que aquellas mieles encontradas como multiflorales, provienen de zonas donde existe una gran variedad de recursos florales y las abejas no tienen preferencia de una sola especie, por lo que recursos representados de más del 10%, son considerados las fuentes más importantes de polen o néctar. Según González, *et al.* (2016) las familias de plantas con mayor diversidad, en análisis Melisopalinológicos, son las *Asteraceae*, *Leguminosaceae* y *Convolvulaceae*. Corral (1984) manifestó que al parecer las familias que son las más visitadas en busca de polen y/o néctar son las *Mimosáceas*, *Compositae*, *Rutáceas* y *Boragináceas*. Estos datos concuerdan con los resultados, ya que en las mieles multiflorales están presentes en siete familias. Méndez (2006) reportó en Honduras el análisis de 62 muestras de miel procedentes de 5 departamentos, en los cuales encontraron 46 muestras de miel multifloral (74%). Dato muy similar al del resultado reportado, ya que se caracterizaron 48 muestras de miel como multiflorales en este estudio (80%). Philippe (1989) citado por Castillo (2002) mencionó que la capacidad melífera varía con

la familia, género, especie y variedad, en algunos casos, se ve afectada la producción de néctar con factores como: abonado, disponibilidad de agua en el suelo, humedad relativa, hora del día, clima, estado sanitario, altitud e incluso latitud. Para una variedad dada, la cantidad de néctar segregada es

la resultante del grado de absorción mineral y de su actividad fotosintética. Posiblemente estos factores fueron la razón del porque se encontró polen menor en las mieles multiflorales de cuatro cantones de este estudio.

Cuadro 2. Porcentaje de familias por municipio en mieles multiflorales

Granos de polen secundario, intermedio y menor de once municipios del departamento de La Libertad (%)											
Familia	Municipios										
	Tamanique	Quezaltepeque	La Libertad	Santa Tecla	San Matías	Talnique	Tacachico	Tepecoyo	Opico	Jayaque	Colón
<i>Asteraceae</i>	12.9	9.45	8.91	10.52	14.28	18.43	9.87	11.11	12.54	13.3	0.06
<i>Amaranthaceae</i>	0	6.75	2.97	5.26	0	18.1	3.7	0	8.33	6.66	0
<i>Bignoniaceae</i>	12.9	6.75	6.93	5.26	14.28	0	6.17	11.11	4.16	6.8	0
<i>Boraginaceae</i>	6.45	9.45	8.91	10.52	14.28	18.1	7.4	11.11	10.41	6.66	0.06
<i>Combretaceae</i>	6.45	4.05	4.95	10.52	14.28	0	7.4	0	8.33	0	0
<i>Convolvulaceae</i>	3.22	4.12	5.94	0	14.28	9.09	11.19	0	6.25	6.66	0
<i>Cochlospermaceae</i>	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cucurbitaceae</i>	0	1.35	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caesalpinioideae</i>	0	2.7	1.98	5.26	0	0	1.23	0	0	0	0
<i>Mimosaceae</i>	12.9	10.81	8.91	0	0	0	8.64	0	8.33	6.66	0
<i>Papilionaceae</i>	9.71	10.81	9.94	10.52	14.32	9.09	11.11	11.11	10.41	6.66	0
<i>Poaceae</i>	12.9	10.81	9.84	10.52	14.28	18.1	11.11	22.22	12.5	6.66	0.12
<i>Malvaceae</i>	3.22	2.7	4.95	5.26	0	0	4.93	0	6.25	0	0
<i>Malpighiaceae</i>	0	1.35	2.97	5.26	0	9.09	3.7	0	2.08	6.66	0
<i>Melastomataceae</i>	6.45	2.7	1.95	0	0	0	1.23	0	0	13.3	0
<i>Myrtaceae</i>	12.9	9.45	7.92	5.26	0	0	6.17	11.12	6.25	6.66	0.06
<i>Muntingiaceae</i>	0	0	0.99	5.26	0	0	1.23	0	0	0	0
<i>Pinaceae</i>	0	0	2.97	0	0	0	0	0	2.08	0	0
<i>Polygonaceae</i>	0	0	0	0	0	0	2.46	11.11	0	0	0.06
<i>Ranunculaceae</i>	0	1.35	5.94	0	0	0	0	11.11	2.08	6.66	0
<i>Rubiaceae</i>	0	1.35	1.98	0	0	0	2.46	0	0	6.66	0
<i>Rutaceae</i>	0	1.35	0.99	5.32	0	0	0	0	0	0	0
<i>Verbenaceae</i>	0	1.35	0	5.26	0	0	0	0	0	0	0

Identificación botánica de las familias de plantas con flores

La identificación botánica de las plantas con flores fue de 100 ejemplares, y se obtuvieron como resultado 37 familias, 11 géneros y 100 especies, de las cuales 72 se encuentran en la palinoteca elaborada, y se encontraron dos especies en peligro (*Dalbergia chontalensis* y *Dalbergia melanocardium*) y dos amenazadas (*Diphysa americana* y *Leucaena shannonii*) según MARN (2015). De las 36 familias identificadas, solo 21 familias se observaron a nivel de laboratorio en las mieles monoflorales y multiflorales por lo que existe una estrecha relación entre las flores de los alrededores de los apiarios con respecto a lo caracterizado en las mieles. Las familias *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Fabaceae*, *Bignoniaceae*, *Convolvulaceae*, subfamilias *Mimosaceae*, *Papilionaceae* (*Fabaceae*), *Rubiaceae*, *Malvaceae* y *Anacardiaceae* fueron las principales plantas con flores con mayor frecuencia en los 12 municipios del departamento de La Libertad. Una investigación realizada por Zaldívar *et al.* (2013) en Chiapas, México, asegura que la familia *Anacardiaceae* es parte de la flora apícola por observaciones de campo en regiones tropicales y que en ocasiones se encuentra en la miel ($\geq 10\%$). A pesar de haber sido identificada a nivel botánico y de campo la familia *Anacardiaceae* no fue identificada a nivel de laboratorio en las muestras de mieles caracterizadas. Castellanos *et al.* (2012) manifestaron que en México la mayor parte de la flora apícola se basa en observaciones de campo y entrevistas con apicultores, sobreestimando el valor real de la flora apícola, por el carácter subjetivo de cada observador, trabajos realizados reportan hasta 100 especies o más. En contraste con estudios melisopalinológicos que demuestran un número reducido de especies, hasta 26 especies de importancia apícola según la región. Todo esto tiene similitud con el resultado obtenido en campo y a nivel botánico. Aguilera & Alvarado (1988) reportaron 18 familias, 41 especies y 33 géneros, con importancia apícola, en tres departamentos de El Salvador: La Libertad, Cuscatlán y la zona limítrofe entre Sonsonate y Santa Ana. De las 18 familias,

doce pertenecían a la familia *Leguminosaceae* y siete de ellas a la subfamilia *Papilionaceae*, lo que indicó que esta familia es la más numerosa, seguidas de las familias *Bignoniaceae*, *Myrtaceae* y *Rutaceae* como fuentes de néctar y como potenciales plantas para cultivarse y propagarse en reforestaciones en el país. También reportaron para las familias *Polygonaceae*, *Combretaceae*, *Convolvulaceae*, subfamilia *Caesalpinioideae* y *Mimosaceae* de la familia *Fabaceae*, resultados similares a las familias identificadas a nivel de laboratorio como a nivel de campo y de identificación botánica.

Relación existente entre municipios y familias de plantas con flores

El componente principal uno explica el 59.79% de la variación total existente en los datos, mientras que el componente principal dos explica el 10.29% de la variación de los datos, ambos componentes principales explican el 70.08% (30% lo explican 10 componentes principales) de la variación total existente en los datos. Como el porcentaje de variación explicada es alto, las dimensiones necesarias para representar el análisis de éstos son dos componentes principales (columnas = municipios y filas = familias). En ese sentido, las variables (municipios) que tienen mayor peso en la construcción del componente principal uno, fueron: San Juan Opico, San Pablo Tacachico, Tamanique, La Libertad, San Matías y Talnique. Mientras que para el componente principal dos fueron los municipios de: Sacacoyo, Santa Tecla y Quezaltepeque. En la representación gráfica de la relación entre municipios y familias de las plantas (Figura 2), se observó que los municipios de San Pablo Tacachico, La Libertad y Tamanique están relacionados entre sí por el tipo de flores de las familias *Fabaceae* (Fab), subfamilia *Mimosaceae* (Mim), *Malvaceae* (Mal) y *Anacardiaceae* (Ana). El municipio de San Juan Opico se caracterizó por el tipo de flores de la familia *Boraginaceae* (Bor), subfamilia *Papilionaceae* (Pap) y *Rubiaceae* (Rub). En la parte superior derecha del gráfico, se observó que los municipios Sacacoyo, Santa Tecla y Quezaltepeque están relacionados entre sí por el tipo de flores de la familia *Asteraceae* (Ast), *Bignoniaceae* (Big). Y en la

parte izquierda de la Figura 2, se observaron familias de plantas en menor cantidad en los municipios

muestreados.

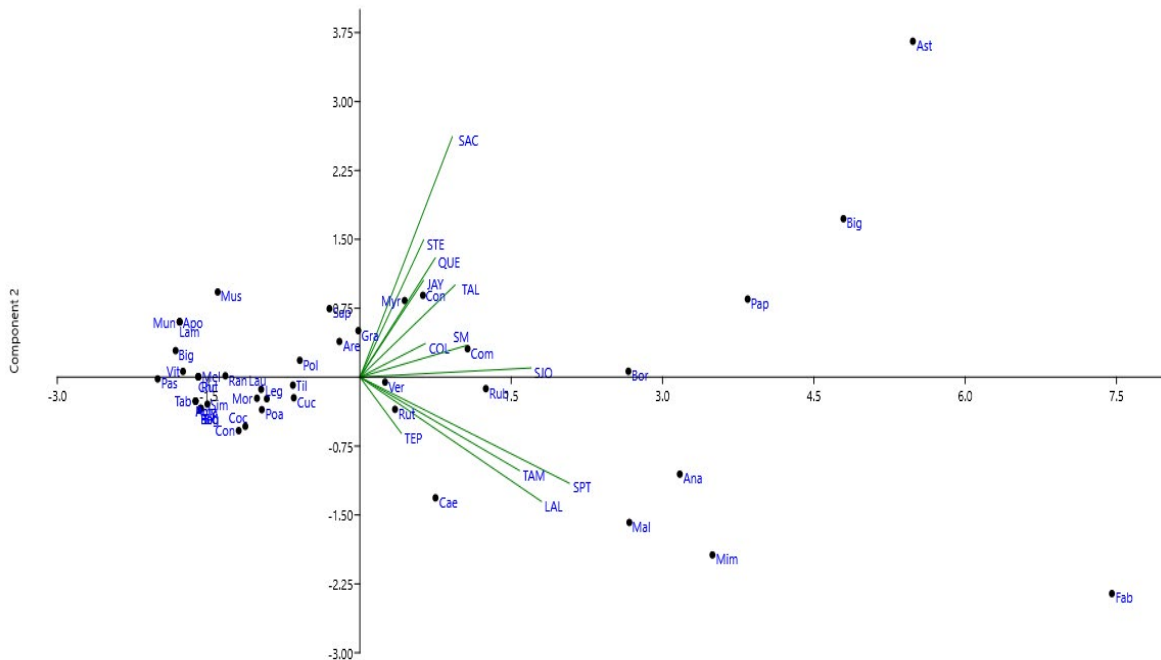


Figura 2. Representación gráfica de la relación entre municipios y las familias de las plantas.

Los municipios (líneas verdes) se relacionan por la cercanía que hay entre ellos y con las familias de las flores, por la distancia. SAC= Sacacoyo. TAL= Talnique. COL= Colón. JAY= Jayaque. LAL= La Libertad. QUE= Quezaltepeque. SJO = San Juan Opico. SM= San Matías. SPT= San Pablo Tacachico. STE= Santa Tecla. TAM= Tamanique. TEP= Tepecoyo.

Jacinto *et al.* (2016), utilizaron el análisis de componentes principales (ACP) en la clasificación melisopalinológica de mieles de *Apis mellífera* en seis municipios del estado de Tabasco, México. Colectaron 38 muestras de miel, de las cuales clasificaron 9 en monoflorales, 22 en multiflorales y 7 en biflorales, además identificaron 37 tipos polínicos de importancia apícola. Al realizar el ACP, obtuvieron dos componentes principales (columnas municipio y filas tipos polínicos) que explican el 65% de la variación, por lo que hubo afinidad en dos municipios por las familias Bursaceae y Moraceae. Además, tres de los municipios compartieron preferencia por las familias Fabaceae, Myrtaceae y Polygonaceae y solo un municipio mostró una clara diferencia con los cinco municipios antes mencionados. Esta investigación fue similar por la relación existente entre tres municipios con la familia Fabaceae. También, por la presencia de las familias Myrtaceae

y Polygonaceae.

CONCLUSIONES

Se clasificaron 60 muestras de miel de doce municipios del departamento de La Libertad, de las cuales 12 fueron monoflorales y 48 resultaron multiflorales.

Las muestras de miel que se caracterizaron como monoflorales presentaron granos de polen de las familias Asteraceae, Boraginaceae, Myrtaceae, subfamilia Papilionaceae y Mimosaceae de la familia Fabaceae.

En las mieles multiflorales se encontraron granos de polen de las familias Asteraceae, Boraginaceae, Poaceae, subfamilia Papilionaceae (Fabaceae), Myrtaceae, Bignoniaceae, Convolvulaceae, subfamilia Mimosaceae (Fabaceae), Combretaceae, Amaranthaceae, Malpighiaceae, Polygonaceae,

Malvaceae, *Ranunculaceae*, *Melastomataceae*, *Rubiaceae*, subfamilia *Caesalpinioideae* (*Fabaceae*), *Rutaceae*, *Muntingiaceae*, *Verbenaceae*, *Pinaceae*, *Cochlospermaceae* y *Cucurbitaceae*.

Las 48 muestras de miel clasificadas como multiflorales provienen de: 16 cantones (polen secundario), seis cantones (polen intermedio) y cuatro cantones (polen menor).

En los doce municipios del departamento de La Libertad se identificaron a nivel botánico 37 familias, 11 géneros y 100 especies.

Los municipios Tacachico, La Libertad y Tamanique están relacionados entre sí por las familias *Malvaceae*, *Fabaceae* y subfamilia *Mimosaceae* (*Fabaceae*). También, los municipios Sacacoyo, Santa Tecla y Quezaltepeque se encuentran relacionados entre sí por la familia *Asteraceae* y *Bignoniaceae*. El municipio de San Juan Opico no tuvo relación con otros municipios y está caracterizado por el tipo de familia *Boraginaceae*, *Rubiaceae*, *Fabaceae* y subfamilia *Papilionaceae* (*Fabaceae*). Los municipios que no se relacionaron entre sí fueron San Matías, Talnique, Tepecoyo, Jayaque y Colón.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Agr. Lídice Portal, Técnico Apícola del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) y Apicultor del municipio de Santa Tecla.

Señores Apicultores del departamento de La Libertad, Miembros de la Comisión Nacional de Apicultores de El Salvador y Seccional San Andrés.

Ing. Agr. Jorge Herrera Nosthas, Gerente General de CONAPIS (Comisión Nacional de Apicultores de El Salvador) y Apicultor del municipio de Tamanique.

Ing. Agr. Roberto Perdomo, Coordinador de Plantas de la División de Inocuidad de Productos de Origen Animal DIPOA-MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería).

Lic. Paulo Galán, del Jardín Botánico Plan de La

Laguna, Antiguo Cuscatlán, La Libertad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Bates, RG; Ortiz Díaz, JJ; González Acereto, JA. 2007. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Plantas melíferas: Melisopalinología. (en línea). Yucatán, México. Consultado 13 junio. 2019. Ficha técnica. Disponible en: <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap7/06%20Plantas%20melíferas%20melisopalinologia.pdf>
- Aguilera, PC; Alvarado, MD. 1988. Especies nectaríferas con importancia apícola en tres áreas de la república de El Salvador y determinación de porcentaje de azúcar en el néctar. Universidad de El Salvador. Ciudad Universitaria, San Salvador. Tesis. p.1-92.
- Bonilla, G. 2000. Estadística II. Métodos prácticos de inferencia estadística. 5ed. San Salvador, El salvador. UCA Editores. Colección textos Universitarios. V 17. p.86-92.
- Castellanos Potenciano, BP; Ramírez Arriaga, E; Zaldívar Cruz, JM. 2012. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellífera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. (en línea). Acta Zoológica Mexicana. México. UNAM. Consultado 14 ene 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v28n1/v28n1a2.pdf>
- Castillo Dominichetii, SE. 2002. Efecto de la distancia de las colmenas de abejas (*Apis mellífera*) a los árboles del Palto (*Persea americana* Mill) y efecto de un segundo ingreso de colmenas de abejas al huerto de Paltos, sobre el número de abejas encontradas en las flores de Palto. (en línea). Quillota, Chile. Estación Experimental de la Facultad de Agronomía. 81 P. Consultado el 24 de enero 2020. Disponible en http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/A-B-C/CastilloSergio2002.pdf
- Chávez Palacios, R; Wiechers Ludlow, B; Villanueva G, R. 1991. Flora palinologica de la reserva de la biosfera de Sian ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigación de Quintana Roo.

- Proyecto Regional de Meliponicultura PRM UNA-RUU. México D.F. p.26-136.
- Corral M, BH. 1984. Análisis polínico en muestras de miel de abejas en algunas regiones del departamento de Antioquia. Colombia. Actualidades Biológicas. V 13. N°49., 57-65p.
- Girón Vanderhuck, M. 1996. Melitopalínología. "Recolección de polen y néctar por *Apis Mellifera* en algunas especies de plantas silvestres y cultivadas del municipio de Salgar (Antioquia)". Quindío, Colombia. COLCIENCIAS Universidad del Quindío. 185p.
- González Sandoval, R; Catalán Hevarástico, C; Domínguez Márquez, VM; León, L; Hernández Castro, E; Nava, DA; Cruz Lagunas, B; Palemón, FA. 2016. Análisis Palinológico de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: apidae) en cuatro municipios del estado de Guerrero. (en línea). México. Universidad Autónoma de Yucatán. 20p. Consultado 10 de agosto de 2019. Tesis Maestría. Disponible en: <http://promepca.sep.gob.mx/archivosCA/7186-UAGRO-CA-117-2017-1-57603.pdf>
- Insuasty, E.G; Martínez Benavides, J.; Jurado Gámez, H. 2015. Evaluación del proceso productivo apícola, basado en la caracterización Etológica de la abeja (*Apis mellifera*). (en línea). Colombia. Veterinaria y Zootecnia. V. 9. N°1. P 1-15. Consultado 21 septiembre de 2019. Documento. Disponible en: <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/159-evaluacion-del-proceso-productivo-apicola>
- Insuasty S, E; Martínez B, J; Jurado G, H. 2017. Determinación Melisopalínología de miel de abeja melífera producida con flora de clima frío, principalmente *Trifolium repens* L. (en línea). Pasto, Colombia. Veterinaria y Zootecnia. V 11. N°1. P 74-82. Consultado 21 septiembre de 2019. Documento. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/225-determinacion-melisopalínologica-de-miel>
- Jacinto Pimienta, SY; Mendoza Hernández, JHR; Zaldívar Cruz, JM; Sánchez, AS; Vargas Villamil, M; Reyes Sánchez, CA. 2016. El uso de componentes principales en la clasificación melisopalínológica de las mieles de *Apis mellifera* L. (en línea). México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. N°14. Consultado 15 oct. 2019. Publicación especial. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001002831
- Landaverde, V. 2001. Catálogo de Granos de Polen del Noroeste de Chalatenango. Universidad de El Salvador. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales. Programa Regional de Apicultura y Meliponicultura. PROMABOS. San Salvador, El Salvador. 15p.
- Landaverde, V; Sánchez, L; Ruano, C; Smeets, M. 2002. Dominancia temporal de polen de plantas nectapoliníferas colectadas por *Melipona beecheii* en El Salvador y de plantas polinífera por *Tetragonisca angustula* y *M. beecheii* en Costa Rica. PROMABOS/CINAT/UES. El Salvador. 5p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2003. Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en El Salvador. (en línea). Oficina de Políticas y Estrategias. División de Análisis Estratégicos. El Salvador. P.68 Consultado 07 julio 2019. Documento. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/a1250f/annexes/CountryReports/El Salvador.pdf>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o en Peligro de Extinción. (en línea). Diario Oficial No. 103. Tomo No. 383. San Salvador, El Salvador. P 16-21. Consultado 14 julio 2020. Disponible en: <http://cidoc.marn.gob.sv/documentos/listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-o-en-peligro-de-extincion/>
- Méndez, K. 2006. Análisis Melisopalínológico de mieles de cinco departamentos de Honduras. (en línea). Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. 92 p. Consultado 26 septiembre 2019. Tesis. Disponible

- En: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/994/1/IAD-2006-T017.pdf>
- Montenegro, G; Ortega, X; Rodríguez, S. 2009. Producciones de mieles en Chile: Manejo de Apiarios, diferenciación Botánica y propiedades Biológicas. N, Aedo; P, Estay; R, Maturana; G, Barros. Grafica Lom. Santiago Chile. p.93-99.
- OIRSA. (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2004. Manual de Buenas Prácticas Apícolas para la producción de miel. (en línea). San Salvador, El Salvador, Centro América. 29P. Consultado 24 enero 2020. Disponible en: file:///C:/Users/_ELY/Downloads/Manual%20de%20Buenas%20Practicas%20en%20la%20Produccion%20Primaria%20en%20Apicultura.pdf
- Roubik, DW; Moreno P, JE. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island, Panama. Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). Balboa, Panamá. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden. V 36. p.153-249.
- Sánchez C, LA. 2001. Métodos Palinológicos. Universidad de El Salvador. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales. Programa Regional de Apicultura y Meliponicultura. Curso de capacitación: personal de PROMABOS. San Salvador, El Salvador. 15p.
- Sayas, RR; Huamán, ML. 2009. Determinación de la flora polinífera del Valle de Oxapampa (Pasco-Perú) en base a estudios palinológicos. (en línea). Documento. Lima, Perú. Ecología Apícola. V8. N°2. P 53-59. Consultado el 10 de agosto 2019. Disponible. En: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172622162009000100007&script=sci_abstract
- Tellería, MC; Forcone, A. 2000. Caracterización Palinológica de las mieles de la llanura del rio Senguer. (en línea). Tesis Posgrado. Argentina. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. P 267-268. Consultado 10 de agosto 2019. Disponible en: <file:///home/pc21/Descargas/172-345-1-SM.pdf>
- Zaldívar Cruz, JM; Córdova Córdova, CI; Ramírez Arriaga, E; Martínez Hernández, E. 2013. Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante Técnicas Melisipalinológicas. (en línea). Artículo. México. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. P 163-178. Consultado 14 ene 2020. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000200006



Artículo científico

Evaluación de parámetros microbiológicos en concordancia con la norma salvadoreña de jalea real NSO: 67.38.03:05 usando diferentes técnicas de extracción de jalea real de abejas (*Apis mellifera*)

Evaluation of microbiological parameters in accordance with the Salvadoran standard of royal jelly NSO: 67.38.03: 05 using different techniques for the extraction of royal jelly from bees (*Apis mellifera*)

Magaña-Reyes, F.E.¹, Montiel-Sandoval, L.J.¹, Ruano-Iraheta, C.E.²

Correspondencia:
fatyely_515@gmail.com
cottonlinda55@gmail.com
carlos.ruano3@ues.edu.sv

Presentado:
19 de enero de 2021
Aceptado:
10 de marzo de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente Asesor.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz. Se evaluaron tres tratamientos para la extracción de jalea real de abejas *Apis mellifera*: T1-Bomba neumática, T2-Espátula y T3-Jeringa, en el periodo del 26 de abril al 8 de diciembre 2019. Se seleccionaron 12 colmenas de forma aleatoria. Se utilizó el diseño bloques completos al azar, con un nivel de significancia del 5%. Las variables en estudio fueron: peso de jalea real extraída, residuo de jalea real en el equipo utilizado, presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., presencia de hongos y levaduras, y presupuesto parcial. Los tratamientos en estudio: T1-Bomba neumática, T2-Espátula y T3-Jeringa, presentaron iguales efectos sobre la variable peso y diferencias ($p \leq 0.05$) sobre la variable residuo, los mejores tratamientos para esta variable según la prueba de Duncan, fueron: T1 y T2. La mayor cantidad de jalea real extraída se observó en el T2 con un promedio por colmena de $2.08 \text{ g} \pm 0.11 \text{ g}$, en comparación con el T3 y T1, en los que se obtuvo $1.88 \text{ g} \pm 0.17 \text{ g}$ y $1.98 \text{ g} \pm 0.45 \text{ g}$ por colmena, respectivamente. Las muestras analizadas cumplieron con los parámetros microbiológicos establecidos, con excepción de T2 (espátula), donde se evidenció presencia de coliformes totales, únicamente en la primera cosecha (por contaminación cruzada). A nivel económico el tratamiento con mejores resultados fue el T2 (espátula), ya que en su presupuesto parcial obtuvo un beneficio neto de USD\$14.23 para la producción de tres meses, pero únicamente se incluyeron los costos necesarios para la extracción de la jalea real. Se concluye que el mayor promedio de jalea real extraída por colmena fue la espátula con $2.08 \text{ g} \pm 0.11 \text{ g}$. La jalea real extraída en el estudio posee las condiciones necesarias para el consumo, comparados con la norma salvadoreña NSO 67.38.03:05, excepto por las muestras obtenidas de la cosecha uno del tratamiento dos (T2) con espátula, porque se observó presencia de coliformes totales, las cuales no están relacionadas a ETA, por lo tanto, se consideró que puede ser consumida sin riesgo de enfermedad.

Palabras clave: jalea real, métodos de extracción, bomba neumática, *Escherichia coli*, beneficio neto.

ABSTRACT

The research was conducted at the Experimental Station of the School of Agricultural Sciences of the University of El Salvador, located in Tecualuya county, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz. Three treatments were evaluated for the extraction of royal jelly from *Apis mellifera* bees: T1-Pneumatic pump, T2-Spatula and T3-Syringe, during the period from April 26 to December 8, 2019. Twelve beehives were randomly selected. A randomized complete block design was used, with a significance level of 5%. The variables under study were: weight of extracted royal jelly, residue of royal jelly in the equipment used, presence of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, presence of fungi and yeasts, and partial budget. The three treatments under study presented equal effects on the weight variable and differences ($p \leq 0.05$) on the residue variable. The best treatments for this variable, according to Duncan's test, were: T1 and T2. The highest amount of royal jelly extracted was observed in T2 with an average per beehive of $2.08 \text{ g} \pm 0.11 \text{ g}$, compared to T3 and T1, where $1.88 \text{ g} \pm 0.17 \text{ g}$ and $1.98 \text{ g} \pm 0.45 \text{ g}$ per beehive were obtained, respectively. The samples analyzed complied with the established microbiological parameters, with the exception of T2 (spatula), where the presence of total coliforms was evidenced in the first harvest (due to cross-contamination). At the economic level, the treatment with the best result was T2 (spatula), since in its partial budget yielded a net profit of USD\$14.23 for production during three months, but only the necessary cost for the extraction of royal jelly was included. It is concluded that the highest average of royal jelly extracted per beehive was from the spatula treatment yielding $2.08 \text{ g} \pm 0.11 \text{ g}$. The royal jelly extracted in the study had the necessary conditions for human consumption, in accordance to the Salvadoran standard NSO 67.38.03:05, except for the samples obtained from the first harvest of treatment two (T2) (spatula), due the presence of total coliforms, not related to ETA? therefore, it was considered that it can be consumed without health risk.

Key words: royal jelly, extraction methods, pneumatic pump, *Escherichia coli*, net benefit.

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de apicultores salvadoreños independientes y apicultores asociados en cooperativas se dedican únicamente a la comercialización de miel y dejan de lado otros productos de la colmena, como la jalea real, cera, polen, api toxina, propóleos, desaprovechando una fuente extra de ingresos. La jalea real tiene diferentes elementos: proteínas, azúcares, grasas, minerales y vitaminas (Bradbear 2005). Se trata de una sustancia cremosa, de color blanco lechoso, altamente nitrogenada, con olor levemente picante y un sabor amargo y ácido (Pérez y Jimeno 1988). Para la producción de jalea real es necesario el conocimiento de cría artificial de abejas reina en la colmena. Una manera de producir reinas sin hacer traslarve a copas celdas es a través del método Hopkins (Swiss Contact 2010). En este estudio, se evaluaron tres métodos alternativos de extracción de jalea real, para determinar cuál de los tratamientos evaluados es la mejor opción, en cuanto a la cantidad de jalea real extraída, la menor cantidad de residuo generado, con ausencia de microorganismos patógenos y con bajos costos de producción, para que los productores con baja y mediana tecnificación puedan comercializar a

nivel nacional, regional e internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, ubicado en las siguientes coordenadas: $13^{\circ}28'3''$ latitud norte, $-89^{\circ}05'8''$ longitud oeste y elevación 50 msnm. El estudio comenzó con la fase de preparación de las colmenas, donde se realizaron actividades rutinarias como alimentación artificial, reparación de marcos, aceptación de marcos con refuerzo de cría, miel y polen, esto con la finalidad de mantener fuerte la colmena, esta fase inició el 26 de abril 2019. La fase experimental fue del 12 de agosto al 8 de noviembre de 2019 y la fase de laboratorio del noviembre al 11 de diciembre del 2019.

Las unidades experimentales fueron 12 núcleos de *Apis mellifera* con cinco marcos en cada caja. Posteriormente, se manejaron para convertir las en colmenas completas de 10 marcos en cajas tipo Langstroth. Los núcleos fueron adquiridos de

un apicultor en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, cuyo apiario se encuentra ubicado en las coordenadas: 13°53'00" latitud norte, -89°21'0" longitud oeste y elevación 492 msnm.

Metodología de campo

La extracción de jalea real se hizo bajo el método Hopkings para cría artificial de reinas. Se realizaron tres cosechas: la primera inició el 12 de agosto y finalizó el 6 de septiembre de 2019, la segunda inició el 9 de septiembre y finalizó el 4 de octubre 2019 y la tercera inició el 7 de octubre y terminó el 1 de noviembre 2019. En cada cosecha se evaluaron las tres técnicas de extracción de jalea real; cada una, en una colmena diferente, el periodo de descanso para las colmenas fue de tres semanas entre cosecha. Se marcó la colmena con una letra del alfabeto, seguido de un número romano que identificó a cada bloque o semana en la que se realizó la cosecha, y luego un número arábigo del uno al tres que identificó el tratamiento evaluado.

- Tratamiento 1 (T1): Extracción de jalea real con bomba neumática, con presión de aspiración de 40 litros por hora, dimensiones de 23 cm de diámetro y 17 cm de altura, fabricada en acero inoxidable y manguera flexible transparente de 50 cm (Testigo relativo).
- Tratamiento 2 (T2): Extracción de jalea real con espátula de extracción hecha de acero inoxidable, 7 cm de longitud, 1 mm de diámetro y un peso de 20 gramos aproximadamente.
- Tratamiento 3 (T3): Extracción de jalea real con embolo de jeringa plástica de 1 ml.

Se seleccionó un espacio contiguo al módulo apícola de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, y se realizaron las siguientes tareas:

- Preparación del terreno: Se eliminaron plantas indeseables en el lugar donde se colocaron las colmenas, para evitar la proliferación de

hormigas, hongos u otras especies nocivas para las abejas.

- Montaje del apiario: cada núcleo de colmena fue colocado a una altura del suelo de 80 centímetros.
- Fabricación de reglas o media alza: se elaboraron 2 reglas de madera de 2 cm de espesor por 15 cm de largo las cuales fueron utilizadas como una media alza. Se utilizaron dos por colmena para permitir que el marco permaneciera en posición horizontal sin caer por completo sobre la colmena, dejando un espacio por debajo de aproximadamente 2 cm.
- Homogenización de las colmenas: una vez montado el criadero, se realizaron revisiones, en busca de posibles enfermedades o patrones de cría inusual. Además, se colocó cera estampada en los 10 marcos de la colmena.
- Alimentación artificial de estímulo: se suministró una parte de azúcar por una igual de agua durante toda la fase de campo, con la finalidad de mantener fuerte las colonias durante el proceso de remoción de la reina.
- Remoción de la reina: se removió la reina de una colmena para que esta iniciara la producción de celdas reales, para esto se utilizó una caja núcleo vacía, para colocar los marcos de los laterales y dejar únicamente de 2 a 3 marcos en el centro de la colmena, la abeja reina se ubica generalmente en estos, y es rodeada por las obreras, al localizarla fue extraída y colocada en el ahumador para evitar que su feromona continuara realizando efecto sobre las obreras.

Se eligió un marco con abundantes larvas del día y huevos próximos a eclosionar, provenientes de una colmena donante y se colocó en posición horizontal sobre la cámara de cría, con ayuda de las reglas de madera, las cuales se ubicaron a ambos lados del marco, de modo que se facilitó la fabricación natural de copas celdas. Se formaron de 12 a 16 copas celdas por colmena, pero se utilizó un número de 10 copas

celdas en cada colmena para la investigación, con el fin de facilitar la recolecta y homogenizar la cantidad de copas celdas cosechadas por colmena.

Extracción de jalea real:

Cuatro días después de la remoción de la reina, se extrajo la jalea real, a través de un proceso inocuo, es decir, el personal encargado, utilizó agua potable, jabón, alcohol gel sin aroma y guantes de látex; se trabajó dentro de una tienda de campaña, para evitar el ingreso de insectos y abejas, además se mantuvo el polvo y la suciedad fuera de la zona de extracción de jalea real, y el piso libre de suciedad.

- Tratamiento 1: uso de bomba neumática, se removió la larva dentro de la copa celda con una aguja fina calibre 21 de tres centímetros de longitud, luego con la bomba neumática de extracción, se obtuvo la jalea real y se depositó en un frasco estéril con capacidad de 4 ml color ámbar previamente colocado en el interior de la bomba.
- Tratamiento 2: uso de espátula, se removió la larva dentro de la copa celda con una aguja fina calibre 21 de tres centímetros de longitud, luego se utilizó la espátula para remover el contenido de jalea real dentro de la copa celda, sin remover porciones de la pared de la celda para evitar la contaminación con residuos de cera. Luego la jalea real se introdujo en un frasco estéril de 4 ml de capacidad color ámbar.
- Tratamiento 3: uso de jeringa de 1 ml, se removió la larva dentro de la copa celda con una aguja fina calibre 21 de tres centímetros de longitud, luego se utilizó el embolo de jeringa de 1 ml para succionar la jalea real al interior de la copa celda. Posteriormente la jalea real se introdujo en un frasco estéril de 4 ml de capacidad color ámbar.

Recuento de la extracción de jalea real:

Para cada uno de los tratamientos, se procedió al pesado de la jalea real, para su posterior comparación; se utilizó una balanza semi-analítica,

para determinar el peso en gramos, previamente se pesaron los depósitos de recolecta, para establecer el peso real del contenido.

Bomba neumática (T1), se encendió el equipo para que el paso de 1 ml de agua destilada (previamente pesada) permitiera la salida del residuo adherido a la manguera de extracción, luego este residuo se colocó en un frasco de 1 ml previamente pesado en una balanza semi-analítica, y se restó la diferencia para determinar el peso del residuo.

Espátula (T2), se pesó la espátula antes y después de la cosecha, la espátula se introdujo en 1 ml de agua destilada (previamente pesada) para liberar el residuo, y pesarlo con balanza semi-analítica, se restó la diferencia de pesos para determinar el peso del residuo.

Jeringa de 1ml (T3), luego de la cosecha, se aspiró 1 ml de agua destilada (previamente pesada) a través de la jeringa para que el residuo adherido pueda pasar y ser colocado en un frasco de 1 ml previamente pesado en balanza semi-analítica, luego se restó la diferencia de pesos para determinar el peso del residuo.

Para la Conservación, la jalea real obtenida se colocó en botes de plástico estériles con capacidad de 4 ml color ámbar, como dictamina la norma de jalea real salvadoreña. Cada frasco se etiquetó con fecha, número de colmena y tratamiento al que corresponden, luego fue almacenado en un frigorífico a -4°C.

Metodología de laboratorio

Parámetros microbiológicos

El análisis de parámetros microbiológicos en concordancia con la norma Salvadoreña de Jalea Real NSO: 67.38.03:05 (CONACYT 2005), se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de CENSALUD, de La Universidad de El Salvador. Durante la investigación se realizaron tres cosechas; para las doce colmenas se obtuvo un total de 36 muestras, para fines prácticos estas fueron analizadas en lotes, como se realiza en los laboratorios de calidad

internacional, se generaron 9 lotes, cada uno con las muestras de cada tratamiento y cosecha, teniendo en cuenta que las colmenas fueron alimentadas y manejadas de forma homogénea para cada tratamiento. Al final resultaron tres muestras por cosecha y tres repeticiones por tratamiento, esto con la finalidad de reducir costos en análisis de laboratorio.

Procedimiento de preparación de diluciones de la muestra

Se prepararon 162 ml de agua peptonada buferada estéril, luego se depositaron 18 ml en 9 tubos de 20 ml cada uno y se colocaron en autoclave por 15 minutos a 121°C y a una presión de 15 atmosferas.

- Dilución madre 10:1, en un tubo para dilución de 20 ml, con 18 ml de agua peptonada estéril, se colocaron (luego de pesar asépticamente) 2 g de jalea real y se agitó 25 veces. Esta dilución fue utilizada para determinar coliformes totales, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., hongos y levaduras.
- Dilución 10:2, se tomó una porción de 2 ml de la dilución 10:1 con una pipeta estéril y se transfirió a un tubo de dilución que contenía 18 ml de agua peptonada estéril y se agitó 25 veces. Esta dilución se utilizó para el recuento de levaduras y hongos.
- Dilución 10:3, a partir de la dilución anterior se tomaron 2 ml con una pipeta estéril y se transfirieron a un frasco de dilución con 18 ml de agua peptonada estéril y se agitó 25 veces. Esta dilución fue utilizada para el recuento de levaduras y hongos. No se dejó transcurrir más de 15 minutos entre la dilución de la muestra y su inoculación en las placas.

Coliformes totales y fecales

Para el análisis de coliformes totales y *Escherichia coli*, se utilizaron placas Compact Dry EC. Modo de empleo: a) se abrió la Compact Dry EC y se añadió 1ml de solución madre 1:10 (alimentos sólidos), en el

centro de la placa; b) se esperó unos segundos para que se auto difundiera; c) se cerró y marcó con los datos de identificación de la muestra, se incubaron las placas invertidas, durante 24 horas a 37°C.

Procedimiento para determinar *Salmonella* spp.

Para el análisis de *Salmonella* spp., se utilizaron placas Compact Dry SL, para lo cual fue necesario incubar la dilución madre durante 24 horas a una temperatura de 37°C. Para su pre enriquecimiento. Modo de empleo: a) se abrió la Compact Dry SL y se añadió 1ml de solución salina en el extremo superior de la Compact Dry SL y una alícuota de la solución madre de 0.1 en el centro de la placa; b) se esperó unos segundos para que se auto difundiera; c) se cerró y marcó con los datos de identificación de la muestra, se incubaron las placas invertidas, durante 24 horas a 37°C.

Recuento de hongos y levaduras

Para el análisis de hongos y levaduras se utilizaron placas Compact Dry YMR. Modo de empleo: a) se abrió la Compact Dry YMR y se añadió 1ml de la solución madre en el centro de la placa; b) se esperó unos segundos para que se auto difundiera; c) se cerró y marcó con los datos de identificación de la muestra, se incubaron las placas invertidas, durante 72 horas a 26°C. Este procedimiento fue repetido con la solución 1:100 y la solución 1:1000 para poder realizar un mejor conteo de las colonias. Las placas se colocaron en la incubadora de forma invertida, y se identificaron y separaron debidamente dentro de la incubadora por cosecha.

Recuento de microorganismos

Para el cálculo de la cantidad N de microorganismos presentes en las muestras de jalea real como un promedio ponderado a partir de dos diluciones sucesivas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\sum c}{V \times 1.1 \times d}$$

En donde $\sum c$ = suma de colonias contadas en las dos cajas conservadas proveniente de dos diluciones sucesivas, por lo menos una de las cuales contiene un mínimo de 10 UFC; V = volumen de inóculo puesto en cada caja en mililitros (para el caso de Compact Dry corresponde a 1ml); d = dilución correspondiente a la primera dilución retenida o seleccionada (Microkit 2006).

Metodología estadística

Para la investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y la prueba estadística de Duncan, con una probabilidad del 0.05%. Las doce semanas fueron representadas por los bloques, para lo cual se realizaron tres cosechas. En cada colmena se evaluó una alternativa de extracción. El factor de estudio de la investigación fueron técnicas de extracción de jalea real de abeja *Apis mellifera*: bomba neumática, espátula y jeringa. Las variables en estudio se dividen en dos, las cuantitativas que indican cantidad de jalea real extraída por cada uno de los métodos en estudio (gramos), la cantidad de residuos de jalea real adheridos a la herramienta o equipo de extracción (gramos) y costo de producción por tratamiento a través de presupuesto parcial (USD), y las variables microbiológicas en donde se determina la presencia de hongos y levaduras, presencia de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* y coliformes totales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de jalea real

En los datos obtenidos de variable peso con relación a los tratamientos, no hubo diferencia estadística. Los datos son confiables con un coeficiente de variación de 13.47%. Para el análisis de la variable peso se calcularon las medias de la cosecha de jalea real obtenida de 10 copa celdas por colmena por tratamiento. Los resultados fueron: tratamiento 1 (bomba), 1.98 g \pm 0.45 g por colmena; tratamiento 2 (espátula), 2.08 g \pm 0.11 g por colmena y tratamiento 3 (jeringa), 1.88 g \pm 0.17 g por colmena (Cuadro 1). Estos datos fueron inferiores a los 9 gramos reportados por Ballesteros y Vásquez (2007), posiblemente por diferencias en cantidad de copa celdas (30 por colmena), además del efecto de la genética, estado de la colmena, flora apícola y condiciones ambientales. La cantidad de jalea real total obtenida al sumar las colmenas evaluadas para cada tratamiento fue de 23.79 gramos para el T1 (bomba), 24.96 gramos para el T2 (espátula) y 22.58 gramos para T3 (jeringa). La cantidad de jalea real total obtenida en el tratamiento 2 (espátula), es ligeramente mayor comparada con los tratamientos 1 y 3 (Cuadro 1), cualquier diferencia de peso por pequeña que sea entre un método y otro puede mejorar o desfavorecer el porcentaje de jalea real obtenida al final de la cosecha.

Cuadro 1. Promedio de jalea real por tratamiento y colmena en gramos

Promedio de cosecha por tratamiento (g)							
	Cosecha 1 12/08/2019 a 06/09/2019		Cosecha 2 09/09/2019 a 04/10/2019		Cosecha 3 07/10/2019 a 01/11/2019		Promedio por Tratamiento
T1	1.75	T1	2.29	T1	1.89		1.98
T2	1.95	T2	2.13	T2	2.15		2.08
T3	1.96	T3	2.00	T3	1.68		1.88

La mayor cantidad de jalea real, por simple inspección, fue en la cosecha 2 (09/09/2019 a 04/10/2019). Los pesos obtenidos entre cosechas no fueron significativamente diferentes entre sí.

Aunque a través de la evaluación de las temperaturas y precipitaciones registradas durante el periodo del 9 de septiembre al 4 de octubre 2019, en donde se llevó a cabo la segunda cosecha, se presentaron

precipitaciones acumuladas de 274.2 mm de lluvia, mientras que para la primera cosecha y tercera se obtuvo: 1055 mm y 325 mm, respectivamente. Las temperaturas se mantuvieron menos fluctuantes durante la cosecha 2 en comparación a la cosecha 1 y cosecha 3, estos fenómenos podrían haber incidido en la cantidad de jalea real producida por las abejas. La mayor cantidad de jalea real obtenida por copa celda en promedio (de 10 copa celdas), 208 mg, se obtuvo al utilizar la espátula como herramienta de extracción. Este promedio se ubicó dentro del rango obtenido en el Centro de Investigación Tibaitatá, en el municipio de Mosquera, en Bogotá, donde se evaluaron tres tratamientos representados en colmenas de diez, ocho y seis marcos, cada uno con tres repeticiones. La colmena de seis marcos produjo la mayor cantidad de jalea real por transferencia con una producción promedio por copa celda de 308.5 mg. La menor cantidad reportada en el estudio fue de 133 mg por copa celda y la mayor fue de 311 mg por copa celda (Ballesteros y Vásquez 2007). Los datos de Ramos y Soriano (2004) en su investigación sobre la calidad química de la jalea real, realizada en El Salvador, reportan una producción de 150 a 300 mg de jalea real por copa celda en condiciones de alimentación artificial. Dicha producción se encuentra acorde a los datos obtenidos por esta investigación (promedio de 208 mg para el tratamiento 2).

Variable residuos

La variable residuo produjo diferentes efectos sobre los tratamientos evaluados. Los mejores resultados fueron los métodos de bomba y espátula en relación al método de jeringa ($p \leq 0.05$). Para la comparación del residuo, se calcularon las medias del peso del residuo para los tratamientos y se obtuvieron los siguientes resultados: tratamiento 1: 0.09 ± 0.02 g por colmena; tratamiento 2: 0.04 ± 0.02 g por colmena y tratamiento 3: 0.26 ± 0.02 g por colmena.

La obtención de jalea real de buena calidad y en cantidades rentables para el apicultor dependen en gran medida de la alternativa utilizada, aunque el método de extracción usado como testigo (bomba),

produce muy poco residuo, el tratamiento 2 (espátula), tiene la capacidad de extraer jalea real, dejando poco residuo adherido al instrumento. El tratamiento 3 (jeringa), demostró según su media, una cantidad de 0.26 gramos de jalea real por colmena adherido en su interior, lo que conlleva al desperdicio.

Análisis microbiológico

Escherichia coli y coliformes totales

Al realizar los análisis microbiológicos correspondientes a *Escherichia coli*, los resultados determinaron que esta se encuentra ausente en el cien por ciento de las muestras, para cada tratamiento.

Los análisis microbiológicos demostraron la presencia de coliformes totales en una de las muestras. La presencia de coliformes totales en una de las muestras no se refiere estrictamente a que pueda existir una contaminación fecal. Como se menciona en la Hoja informativa sobre bacterias coliformes de la División de Salud Pública de Carolina del Norte en 2009, las bacterias coliformes totales se encuentran comúnmente en el suelo y plantas, generalmente no están asociadas a enfermedades gastrointestinales, a diferencia de *Escherichia coli* y coliformes fecales (División de Salud Pública Carolina del Norte, 2009)

Debido a que el medio Compact Dry EC, es selectivo para *Escherichia coli*, la cual se encuentra ausente en cada una de las muestras analizadas, se puede inferir que la contaminación encontrada en la primera cosecha del método dos, no está relacionada a patógenos entéricos, tal como lo afirma Doyle y Beuchat (2007) y Jay (2002), las coliformes pueden proliferar en gran cantidad de alimentos, en agua y productos lácteos. Si bien el índice de coliformes ha sido aplicado a la evaluación de los alimentos durante muchos años, en algunos de ellos existen limitaciones, no indicando contaminación fecal, sino que refleja la higiene general de la planta industrial o proceso de recolecta.

Presencia y ausencia de *Salmonella*

El análisis microbiológico para la bacteria *Salmonella*

sp., demostró que esta se encuentra ausente en la totalidad de las muestras analizadas. *Salmonella* sp., es uno de los microorganismos patógenos mayormente involucrado en las ETA. La *Salmonella* spp puede atravesar toda la cadena alimentaria, desde los concentrados para animales y la producción primaria hasta los hogares o los establecimientos e instituciones de servicios de comidas. Por lo que su ausencia en producción de materia prima o alimentos, debe comprobarse. En el estudio ninguna muestra fue positiva a esta bacteria, se cumplió la

norma salvadoreña de Jalea real (CONACYT 2005), es decir, los tratamientos evaluados son idóneos para la extracción sin presencia de *Salmonella* spp.

Hongos y levaduras

Están presentes en todas las muestras analizadas (Cuadro 2), pero en una cantidad inferior al límite máximo permitido, lo que indicó una buena conservación de la muestra durante la cosecha, transporte y almacenamiento.

Cuadro 2. Hongos y levaduras

LOTES	ESPECIFICACIONES	PRIMER COSECHA	SEGUNDA COSECHA	TERCERA COSECHA
ADGJ(1)		<5 UFC/g		
ADGJ(2)			<5 UFC/g	
ADGJ(3)				<5 UFC/g
BEHK(1)		<5 UFC/g		
BEHK(2)	<100 UFC/g		<5 UFC/g	
BEHK(3)				<5 UFC/g
CFIL(1)		<5 UFC/g		
CFIL(2)			<5 UFC/g	
CFIL(3)				<5 UFC/g

Debido a su crecimiento lento y a su baja competitividad, los hongos y levaduras se manifiestan en los alimentos donde el crecimiento bacteriano es menos favorable (Camacho *et al.* 2009). Por tanto, la jalea real presenta un medio adecuado para la proliferación de hongos y levaduras, presentes en el ambiente a la hora de la cosecha, por lo que fue considerada la dificultad de tener un alimento libre de hongos y levaduras, la norma salvadoreña de jalea real (CONACYT 2005), estima que un alimento con menos de cien unidades formadoras de colonia por gramo es adecuado para el consumo. Los resultados demostraron que las tres técnicas produjeron jalea real adecuada para el consumo humano, en materia de hongos y levaduras.

Presupuesto parcial

En El Salvador la jalea real se comercializa mezclada

con miel, a un precio que va desde USD \$6.00 a USD \$10.00 los 345 ml con una porción (1 ml) de jalea real, y pura puede encontrarse en presentaciones de 25 g a USD \$30.00¹. Se utilizó un precio estándar de USD \$1.20 por gramo de jalea real para determinar el ingreso bruto (Cuadro 3). Además, se consideró que en una producción apícola los costos de extracción de la miel son en su mayoría los mismos que los necesarios para la extracción de jalea real, tales como alimentación artificial, tordo apícola, materiales de limpieza, etc. Se tomaron en cuenta únicamente los costos propios de la extracción de jalea real; no se incluyeron los costos compartidos con la explotación de la miel, pero si se incluye la depreciación de equipos propios de la extracción de jalea real, como la bomba neumática y la espátula.

1 Carlos Mendoza. 26 de abril de 2020. Entrevista sobre precio de Jalea Real. Entrevista vía telefónica. Apicultor.

Cuadro 3. Presupuesto parcial entre técnicas para la extracción de jalea real

Concepto	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Beneficios			
Rendimiento g (3 meses)	23.79	24.96	22.58
Ingreso bruto (USD)	28.54	29.95	27.09
Costos variables Parciales (USD)			
Materiales de almacenamiento y cosecha (12 Botes ámbar estériles plásticos por tratamiento y hielo)	10.12	10.12	10.12
Bomba	389.00		
Espátula de extracción de jalea real		5.00	
Jeringas (caja)			8.00
Depreciación para 3 meses	19.44	0.60	No aplica por ser material descartable
Ingresos (USD)			
Beneficio Neto parcial	(390.02)	14.23	8.97

El tratamiento que generó mejores resultados con base en el presupuesto parcial es el tratamiento 2, en el cual se obtuvo un beneficio neto parcial de USD \$14.23 por tratamiento para un periodo de 3 meses. Para la investigación, fue necesaria la adquisición de los instrumentos para la cosecha: bomba, espátula y jeringas, por lo que en el tratamiento 1, se observó una pérdida debido a los altos costos de la bomba de extracción de jalea real. Por lo que, si se consideran únicamente los costos que tendría la extracción en una explotación apícola establecida para la obtención de jalea real que ya cuente con el equipo, los costos de la extracción de jalea real serían menores.

Según la investigación de Ballasteros y Vásquez (2007), realizada en conjunto con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, para obtener un beneficio considerable de jalea real es necesario la obtención de 6.36 g por colmena, lo que puede equipararse si se aumenta el número de copa celdas producidas. Para El Salvador no existen datos precisos de los costos de producción de jalea real, debido a su poca explotación, pero según el apicultor consultado para esta investigación, se requieren al menos 3 g por colmena para poder percibir ingresos de la producción, dato que no está muy apartado del

2.08 g obtenidos para el tratamiento de espátula por colmena.

CONCLUSIONES

Los pesos obtenidos en la extracción de jalea real presentaron similitud estadística entre tratamientos, pero el método de extracción con valores ligeramente mayores fue el de espátula, con una media de 2.08 g \pm 0.11 g por colmena, seguido por el tratamiento 1 de bomba con 1.98 g \pm 0.45 g y por último el tratamiento 3 jeringa con 1.88 g \pm 0.17 g por colmena.

Los métodos de extracción con menor cantidad de residuo adherido al instrumento son el de espátula, con una media de 0.04 g \pm 0.02 g por colmena y el de bomba neumática con una media de 0.09 g \pm 0.02 g, estos tratamientos son estadísticamente similares entre sí, pero superiores al de jeringa.

La jalea real extraída en el estudio posee las condiciones necesarias para el consumo, comparados con la norma salvadoreña NSO 67.38.03:05. En el caso de las muestras obtenidas de la cosecha uno del tratamiento 2 (con espátula), se observó presencia de coliformes totales, las cuales no están relacionadas a ETA, por lo tanto, se consideró que puede ser

consumida sin riesgo de enfermedad.

El tratamiento que generó mejores resultados con base al presupuesto parcial fue el de la espátula, el cual obtuvo un beneficio neto parcial de USD \$14.23 por tratamiento, pero solo se incluyeron los costos necesarios para la extracción de la jalea real.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballesteros, H.H; Vásquez, R. 2007. Determinación de la producción de jalea real en colmenas de cría de diferentes dimensiones; Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria; Revista técnica (en línea); Consultado 22 de agosto de 2018; Disponible en [file:///C:/Users/JESUS/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeLaProduccionDeJaleaRealEnColmenasDe-5624571%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JESUS/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeLaProduccionDeJaleaRealEnColmenasDe-5624571%20(1).pdf); p. 1.
- Bradbear, N. 2005. "La apicultura y los medios de vida sostenibles", Folleto de la FAO sobre diversificación número uno (en línea), Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma. Consultado 15 de julio del 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s00.htm#Contents>
- Camacho, A. M.Giles, A. Ortegón, M. Palao, B. Serrano y Velázquez, O. 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. (en línea). Consultado 19 de enero de 2019. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-mohos-levaduras_6530.pdf
- CONACYT, 2005. Norma Salvadoreña NSO 67.38.03:05. Jalea Real especificaciones. Editado por CONACYT, colonia medica San Salvador. El Salvador, (en línea) Consultado 18 de enero de 2019. disponible en: <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/PRODUCTOS%20APICOLAS/NSO67.38.03.05%20JALEA%20REAL.pdf>
- División de Salud Pública Carolina del Norte, 2009. Hoja informativa Sobre Bacterias Coliformes en Pozos de Agua Potable. Bacterias Coliformes. Carolina del Norte. (en línea). Consultado 26 de abril de 2020. Disponible en: https://epi.dph.ncdhhs.gov/oe/docs/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf
- Doyle, M., Beuchat, L. 2007. Food microbiology. Editorial ASM Press, 3era edition. (en línea), Consultado 11 de enero de 2020. Disponible en: <http://www.ganaderia.mendoza.gov.ar/index.php/prensa/104-la-jalea-real>.
- Jay, J. 2002. Microbiología Moderna de los Alimentos. Editorial Acribia S.A: Zaragoza (España). 2002, 4 edición, 615p.
- Microkit. 2006. COMPACT DRY PLATES, consultado 23 de noviembre de 2018, Disponible (en línea): https://www.microkit.es/distribuidores-microkit/pdf/microkit53_es.pdf
- Pérez Arquillue, C; Jimeno, M. 1988. Hojas divulgativas, Jalea Real, número 19 Departamentos de Producción Animal y Ciencias de los Alimentos. Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. C. I. C. A. T. Diputación de Cantabria (Muriedas) (en línea); Consultado 29 de junio del 2018. Disponible en http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1988_19.pdf
- Ramos, R.; Soriano, S. 2004. Propuesta de Métodos Analíticos para Determinar la Calidad de la Jalea Real Producida por la Abeja *Apis mellifera* y Comercializada en El Salvador. (en línea) Tesis para optar al grado de Licenciado en Química y Farmacia, Facultad de química y Farmacia de la Universidad de El Salvador; Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/3151/&ved=2ahUKEwiI2o-ev04TdAhXPtVkkHe5LCe4QFjAAegQIA-hAB&usq=AOvVaw3G4LzVr4WTQULC8uX-p8Sal>.
- Swiss Contact, 2010. Guía práctica sobre manejo de colmenas, X Crianza de reinas. (en línea) Consultado 20 de agosto de 2018, Disponible en <http://teca.fao.org/sites/default/files/resources/manejocolmenas.pdf>



Artículo científico

Caracterización morfoagronómica de cinco variedades mutantes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivadas mediante la técnica de hidroponía bajo condiciones de invernadero

Morphoagronomic characterization of five mutant varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivated using the hydroponic technique under greenhouse conditions

Hernández-León, C.E.¹, Rodríguez-Salguero, O.P.¹, Rodríguez-Sibrián, F.M.¹, Pérez-Ascencio, M.A.², Orellana-Núñez, M.A.²

Correspondencia:
HL14032@ues.edu.sv
mario.perez@ues.edu.sv,
mario.orellana@ues.edu.sv

Presentado:
7 de enero de 2021
Aceptado:
26 de febrero de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente Asesor.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, departamento de San Salvador, entre junio de 2019 a febrero de 2020. Consistió en la caracterización morfoagronómica de las variedades de tomate: Magine, Carucha, Domi, Dodel y Decia, obtenidas por irradiación de rayos gama en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) con sede en Cuba y comparadas con la variedad Sevaco (testigo). Cultivadas en maceta (#12), se utilizó como sustrato fibra de coco y escoria volcánica, mediante la técnica de hidroponía bajo condiciones de invernadero. Con diseño estadístico Bloques Completos al Azar (DBCA); el análisis de resultados con el software estadístico InfoStat y para el Análisis multivariado el programa PAST3. Se evaluaron las variables cualitativas: tipo de crecimiento, forma longitudinal del fruto, color exterior del fruto no maduro y color exterior del fruto maduro. Y las variables cuantitativas: días a germinación, porcentaje de germinación, días a trasplante, días a floración, días a cosecha, diámetro del tallo, altura de la planta, número de lóculos, frutos por planta, número de cortes, peso de frutos, dureza de fruto, cantidad de semillas en un gramo, vida en anaquel, sólidos solubles en fruto maduro. En los resultados obtenidos de las variables cualitativas, la variedad Carucha presentó forma longitudinal achatada, Decia, Dodel, Domi y Magine presentaron la forma ligeramente achatada, Sevaco presentó forma redondeada. Las variedades Dodel, Decia, Magine y Sevaco, presentaron tipo de crecimiento indeterminado y Carucha y Domi, crecimiento semideterminado. Y de las variables cuantitativas, la variedad Dodel presentó los mejores resultados en cuanto al peso promedio de fruto de 67.16 gramos, aunque menor cantidad de frutos (12 frutos promedio) y las variedades Decia, Magine y Sevaco, mostraron mayores cantidades de frutos con 19, 19 y 22 frutos y menor peso promedio de 33.88, 34.63 y 34.23 gramos, respectivamente, con diferencias significativas ($p < 0.05$) para ambas variables. La variedad Sevaco, presentó mejor altura de la planta con 131.90 centímetros y un coeficiente de variación del 17.79%, a diferencia de la variedad Carucha, que expresó menor altura con un promedio de 92.80 centímetros.

Palabras clave: variedades de tomate, mutantes, hidroponía.

ABSTRACT

The research was conducted at the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, between June 2019 and February 2020. It consisted of the morphoagronomic characterization of tomato varieties: *Magine*, *Carucha*, *Domi*, *Dodel* and *Decia*, obtained by gamma irradiation at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA, Cuba) in comparison with the *Sevaco* variety (control). The tomato plants were cultivated in pots (#12) under greenhouse conditions using as substrate coconut fiber and volcanic slag. The statistical design was a Randomized Complete Blocks (DBCA). Data analysis was carried out with the statistical software InfoStat and for the multivariate analysis with the software PAST3. The qualitative variables evaluated were: type of growth, longitudinal fruit shape, external color of unripe fruit and external color of ripe fruit. And the quantitative variables: days to germination, percent germination, days to transplanting, days to flowering, days to harvest, stem diameter, plant height, number of locules, fruit per plant, number of cuttings, fruit weight, fruit hardness, number of seeds in one gram, shelf life and soluble solids in ripe fruit. The *Carucha* variety presented a flattened longitudinal shape, *Decia*, *Dodel*, *Domi* and *Magine* presented a slightly flattened shape, and *Sevaco* presented a rounded shape. The varieties *Dodel*, *Decia*, *Magine* and *Sevaco*, presented indeterminate growth type and *Carucha* and *Domi*, semi-determinate growth. Furthermore, the *Dodel* variety showed the best result in terms of average fruit weight of 67.16 grams, although less quantity of fruits (12 average fruits) and the *Decia*, *Magine* and *Sevaco* varieties, showed greater quantities of fruits with 19, 19 and 22 fruits and lower average weights of 33.88, 34.63 and 34.23 grams, respectively, ($p < 0.05$). The *Sevaco* variety showed better plant height with 131.90 centimeters and a coefficient of variation of 17.79%, in contrast to the *Carucha* variety, which showed lower average height of 92.80 centimeters.

Key words: Tomato varieties, mutants, hydroponics.

INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más consumida en todo el mundo y mayor valor económico, con una demanda que continuamente aumenta su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años, se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción de la superficie cultivada (Aldana 2015).

En El Salvador, también existe una alta demanda de tomate, solo en la temporada de 2017 y 2018 se cultivaron 601.3 Ha, a nivel nacional con una producción promedio por Hectárea de 56,400 kilogramos, obteniéndose una producción de 484.387 Toneladas métricas (MAG 2018).

El consumo de tomate aporta gran cantidad de nutrientes (vitamina A, vitamina C, carbohidratos, fibra, proteína y hierro). El consumo per cápita por año es alrededor de 26.9 kilogramos en Norte y Centroamérica, un rubro de gran importancia económica para el agricultor. La producción a nivel nacional busca la seguridad alimentaria de la población, disminuir las importaciones y promover el desarrollo de procesos de innovaciones tecnológicas

que incrementen la productividad, competitividad y rentabilidad, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia para los productores (CENTA 2015).

Hasta el año 1995 la demanda anual era abastecida por la producción nacional, sin embargo, para el 2015 el 87% de la producción fue proveída mediante importaciones de 101,184.46 Toneladas métricas, con un valor de USD\$11,370,977.95, desde ese año ha sido necesario importar la mayor cantidad, para lograr abastecer el consumo nacional, principalmente se importa de Guatemala, Nicaragua, Honduras, México y Estados Unidos (Intendencia Económica 2016).

Las exportaciones anuales en 2015 fueron de 1,794.5 Toneladas métricas, valorado en USD\$3,421.57, cantidad que es insignificante al valor de las importaciones correspondientes a ese año, lo que representa una desventaja competitiva frente a otros países productores, estas cifras expresan una producción deficiente. Ante esto, es necesario innovar e impulsar la producción nacional para lograr un aumento de la misma (MAG 2016).

Las variedades de tomate en estudio cuentan con características de alto potencial para el productor y

los consumidores, posee características agronómicas como la tolerancia a bajas láminas de riego que ayudan a disminuir costos de producción, lo que brinda mayor confianza en las producciones (Hernández *et al.* 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se desarrolló de junio de 2019 a febrero de 2020 en el invernadero número tres del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El vivero se encuentra a una altura de 730 msnm, con coordenadas geográficas de Latitud 13°43'7.68" N y Longitud 89°12'1.53" W. Las condiciones climáticas son: temperatura máxima de 34°C y una temperatura mínima de 20°C, humedad relativa de 75%, precipitación anual 1,500 a 2,000 mm, con promedio de velocidad del viento de 15 kilómetros por hora (MARN 2019), irradiación solar de 5.3 kWh/m²/día (CNE 2019).

Metodología de campo

Descripción del invernadero

El invernadero tiene dimensiones de diez metros de largo y cinco metros de ancho, con una altura lateral de 3 m y una altura central de 4.20 m, está construido con bases de hierro, las paredes están cubiertas con malla antiviral de 120 mesh, con piso de cemento, el techo está cubierto con plástico ultravioleta de 180 micrones. Con sistema de riego por goteo y nebulizadores mediante un programador automático.

Variedades utilizadas

Se usaron semillas de la variedad INCA (9-1) las que fueron irradiadas con dosis de 300 y 500 Gy de rayos gama de ⁶⁰Co y la condición de bajo suministro de agua, este proceso se realizó en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear en Cuba, Además se identificó un grupo de mutantes: "Magine", "Carucha", "Domi", "Dodel", "Decia", la variedad "Sevaco" como testigo fue proporcionada por Docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas,

UES, de las seis variedades se han producido nueve ciclos del cultivo (M-9).

Prueba de germinación

Se realizó a las seis variedades, con 100 semillas y papel toalla para mantener la humedad regándose diariamente.

Producción de plantines en bandeja

Para la producción de plantines en Bandejas de polietileno con 84 alveolos, cada alveolo contiene un volumen de 47 cc, tiene dimensiones de 30 cm de ancho y 50 cm de largo, sustrato turba esterilizada, semillas de las seis variedades mutantes de tomate, previo a la siembra se humectó el sustrato, se llenaron las bandejas a $\frac{3}{4}$ partes, se compactó, y se colocaron dos semillas por alveolo y se cubrieron con sustrato; las bandejas se ubicaron dentro del invernadero.

El manejo se basó en el monitoreo de plagas y enfermedades, movimiento de las bandejas dentro y fuera del invernadero. La nutrición de los plantines se realizó bajo la técnica de subirrigación, para esto se aplicó la solución nutritiva durante un tiempo de 5 a 10 minutos por día. Se preparó una solución nutritiva mediante fertilizante hidrosoluble de inicio con fórmula (15-30-15-1), con el método físico-químico, el pH de la solución fue de 6 y la salinidad (C.E.) de 0.8 mS/cm, parámetros medidos con el conductímetro de la marca OAKTON, modelo PCTS 50.

Preparación de sustrato para llenado de macetas

Se utilizaron macetas de polietileno número 12, con diámetro de 28 cm y altura de 25 cm, con capacidad de 10 litros, el sustrato fue una mezcla de 40% fibra de coco y 60% escoria volcánica, para la desinfección se utilizó hipoclorito de sodio disuelto al 1%. Las macetas se colocaron sobre setos de 20 cm de altura con un distanciamiento en cada variedad de 70 cm entre plantas y 40 cm entre surcos y 80 cm entre bloques.

Establecimiento del cultivo

Trasplante

El trasplante de las plántulas se realizó en horas frescas a los 21 días después de la siembra de la semilla; se humedecieron las bandejas con la finalidad de separar el pilón de la superficie, se aplicó riego hasta lograr que la mezcla del sustrato en las macetas alcanzara el estado de humedad de capacidad de campo, se colocó una planta por maceta.

Manejo del cultivo

Riego

Con las características obtenidas mediante el aforo del sistema de riego por goteo, se determinó el tiempo y la cantidad en milímetros de agua que se aplicó por maceta en cada fase de crecimiento del cultivo. Se aplicó tres riegos por día, a las 8:00 am, 11:00 am y por la tarde a las 2:00 pm. La lámina de riego dependió de la edad de la planta, los datos de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero y se ajustó la lámina de agua y el tiempo de riego.

Análisis químico del agua de riego

Se realizó en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador (UES) con el fin de obtener el conocimiento de los aportes de los cationes, aniones, pH y salinidad (CE), necesarios para el conocimiento de los elementos iónicos aportados.

Nutrición

La nutrición consistió en la aplicación de los nutrientes en el agua de riego, basándose en la fenología del cultivo de tomate, y con el uso de fertilizantes hidrosolubles de inicio, desarrollo y producción. Para preparar la solución concentrada se pesó 3.25 lb de fertilizante por 10 litros de agua, mientras que la solución nutritiva se realizó con un pH de 6.0 en todo el ciclo de cultivo, el pH se reguló con ácido fosfórico 85%; para la conductividad eléctrica (mS/cm) se agregó al tanque de riego con capacidad de 2,100 litros, solución concentrada hasta

lograr la CE de acuerdo a cada fase del cultivo. Para medir pH y CE, se utilizó el conductivímetro.

Técnica de tutorado

Se colocó alambre galvanizado a una altura de 2.0 m para fijar las cuerdas tutoras, a medida la planta creció, se sujetó a la cuerda y se enrolló manualmente, dando soporte a las plantas, esta técnica evita daños físicos como quebraduras de tallos y racimos, además evita que los frutos toquen el piso y lograr la estabilidad del peso producido por los frutos.

Incorporación de sustrato en las macetas

Se realizó en la segunda y tercera semana después del trasplante; con esto se logró mayor estabilidad de las plantas en la maceta. Se agregó la cantidad de sustrato necesario a cada recipiente, con la finalidad de cubrir todas las raíces y mantener firme la planta.

Podas

Se realizaron podas sanitarias de forma manual para eliminar hojas dañadas, enfermas o para mejorar un microclima más apto para el cultivo.

Cosecha

Los indicadores para la cosecha fueron: madurez fisiológica, tamaño del fruto, ciclo del cultivo, y el más determinante el color del fruto. Para el mercado, el tomate se cosechó en su etapa verde maduro o pintón, a fin de reducir las pérdidas, la cosecha se realizó de forma manual, y se almacenó en jabas.

Toma de datos

Para la parte vegetativa se tomó en cuenta: días a trasplante, diámetro del tallo, altura de la planta, tipo de crecimiento. En la etapa de inflorescencia se evaluó: días a floración y número de flores. Para el Fruto: forma longitudinal, color exterior del fruto no maduro, frutos por planta, peso, clasificación del fruto, número de lóculos, dureza, días a cosecha, vida en anaquel y sólidos solubles. Semilla: porcentaje de germinación, días a germinación y cantidad de semillas en un gramo. Se tomaron los indicadores

de interés presentes en el Descriptor de tomate (*Lycopersicon* spp.) del Instituto Internacional de Recursos Filogenético (IPGRI s.f.).

Metodología Estadística

La investigación por su lugar de ejecución se clasificó como de campo, según el propósito aplicado, por su aporte a la sociedad técnica y por el manejo de las variables clasificada como experimental.

Población y muestra

Los tratamientos constaron de 4 plantas de tomate por cada variedad (6 en total), con cinco bloques, para un total de 120 plantas. Las unidades experimentales fueron dos plantas de cada tratamiento.

Análisis de Varianza

Todos los datos de las variables se sometieron a los análisis de varianza, para obtener el comportamiento estadístico de los datos, y así aplicar la prueba estadística contrastes ortogonales.

Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Bloques Completos al Azar, con la finalidad de bloquear un factor fijo (Sombra de los árboles cercanos al vivero) que afecta el comportamiento de los datos.

Software y programas








Para el Análisis multivariado se utilizó el programa PAST 3.24 y para el Análisis confirmatorio el InfoStat versión 9.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descriptores Agronómicos

Fenología de las variedades

La fenología de las seis variedades (Fig. 1), presentó una similitud en cada etapa, con base a lo registrado por Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA 2018) y también en relación a la variedad Sevaco (Testigo).

Producción de plántula	Trasplante	Desarrollo y crecimiento vegetativo	Etapa de floración y desarrollo de fruto		Cosecha	Vida del fruto en anaquel
0-21	21	21-51	51-81		111-201	INIA, 2018
						
Carucha	21	21-54	54-101		101-132	13
Decía	21	21-48	48-99		99-132	13
Dodel	21	21-50	50-105		105-136	13
Domi	21	21-53	53-102		102-135	14
Magine	21	21-50	50-102		102-137	13
Sevaco	21	21-50	50-98		98-140	15
C.E	0.8	1.0	1.0-2.3	2.3-2.5	2.5-2.5	2.5 (mS/cm)

pH: 6.0

Figura 1. Fenología de las seis variedades de tomate

Días a germinación

Las variedades: Carucha, Decía, Dodel, Domi, Magine y el testigo Sevaco, presentaron un periodo a germinación de tres días. Semejante a los cuatro días, reportados por INIA Ururi (2018).

Porcentaje a germinación

En comparación con Hernández *et al.* (2012) que obtuvieron datos de 95%, 80%, 85%, 75% de las variedades Domi, Magine, Dodel Decia y Carucha respectivamente. Los datos obtenidos claramente difieren con el estudio previo de las mismas variedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de las seis variedades

Variedad	Germinación	Rango*
Carucha	96%	>95%
Decia	93%	>95%
Dodel	99%	>98%
Domi	91%	>95%
Magine	97%	>95%
Sevaco	92%	>95%

Fuente: Elaboración propia, CENTA, 2018*

Días a emergencia

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra de semillas en bandejas hasta la emergencia de la radícula del sustrato, el periodo fue de cuatro días, igual para las cinco variedades en estudio y el testigo. Los datos difieren con el estudio realizado por Hernández *et al.* (2012), que reportó un periodo de

siete días. Además, INIA Ururi (2018), en su manual técnico del cultivo de tomate, reporta cuatro días de emergencia después de la siembra.

Días a floración

Para establecer los días a floración, se contaron los días desde la siembra en bandeja hasta lograr que las plantas de cada variedad presentaran un 50% de floración. Las variedades Magine, Sevaco y Dodel, iniciaron floración en un periodo promedio de 50 días, Carucha y Domi con un periodo promedio de 53 días y la variedad Decia fue la única que floreció en 48 días. El dato más frecuente es de 48 días a floración en las seis variedades (Cuadro 2). Los datos en comparación al estudio realizado por Hernández *et al.* (2012), presentaron datos de 52 días a floración para todas las variedades, es decir, datos similares al estudio con respecto al promedio.

Cuadro 2. Medidas resumen para la variable días a floración.

Variedad	Promedio	Moda F(modal)	Min	Max	Desviación	C.V. %	
Carucha	53.50	48	8	48	59	7.78	14.54
Decia	48.00	48	10	48	48	-	-
Dodel	50.00	48	5	48	52	2.83	5.66
Domi	53.00	48	7	48	59	5.57	10.51
Magine	50.00	48	6	48	52	2.83	5.66
Sevaco	50.00	48	8	48	52	2.83	5.66

Fuente: Elaboración propia.

Días a cosecha

Para establecer los días a cosecha, se contaron los días transcurridos, desde la siembra hasta lograr un 50% de formación de frutos en el cultivo. Las variedades Sevaco y Decia fueron las más precoces con 98 días y la variedad Dodel fue la que más tiempo tardó con 105 días. La frecuencia en la variable días a cosecha para las variedades Carucha y Dodel presentan 104 días, Decia, Domi, Magine y Sevaco 97 días a cosecha. Hernández *et al.* (2012), registran datos de 97 días a cosecha similares a las variedades Decia, Domi, Magine y Sevaco.

Descriptorios de la planta

Variables morfológicas

Para las variables cuantitativas, el análisis de varianza, para el Diseño Estadístico Bloques Completamente al Azar (DBCA) presentó que el factor bloqueo de distribución de sombra de los árboles cercanos al invernadero no es significativo en las variables: Diámetro del tallo con una probabilidad de error del 73.39%, altura de la planta con una probabilidad del 81.53%, número de flores con una probabilidad del 9.01%, número de lóculos por planta con una probabilidad de 50.65%, cantidad de frutos por planta

con probabilidad de 11.79%, peso promedio de frutos por planta con probabilidad de 9.92% y la variable frutos por planta con probabilidad de 11.79%; por ser superior a 5% de probabilidad de error no presenta significancia, por lo cual el factor bloqueado no afectó el desarrollo de las seis variedades.

Tipo de crecimiento

Las características de las diferentes variedades evaluadas presentaron solo dos de los cuatro hábitos de crecimiento descritos en IPGRI (Enano, Determinado, Semideterminado, Indeterminado (Cuadro 3). Según Hernández *et al.* (2012), las variedades Magine y Carucha expresaron un crecimiento determinado con abundante ramificación. En cambio, las variedades Domi, Dodel y Decia, presentaron un crecimiento semi indeterminado. En la investigación los datos de las variedades difieren a excepción de Domi que en ambos estudios presenta crecimiento semideterminado.

Cuadro 3. Tipo de crecimiento de las seis variedades

Variedades	Tipo de crecimiento	Altura de la planta (cm)
Dodel	Indeterminado	124.20
Decía	Indeterminado	111.80
Sevaco	Indeterminado	131.90
Magine	Indeterminado	115.90
Carucha	Semideterminado	92.80
Domi	Semideterminado	103.30

Fuente: Elaboración propia.

Diámetro del tallo

Se midió cada tres días durante la etapa de crecimiento hasta el inicio de la etapa de producción con el instrumento de medición pie de rey. En las seis variedades de tomate, respecto al diámetro del tallo (Cuadro 4), la variedad Domi presentó el mejor comportamiento, con un promedio de 12.3 mm y un coeficiente de variación del 11.53%, a diferencia de la variedad Sevaco, que expresó menor diámetro con un promedio de 10.7 mm y un coeficiente de variación de 10.84%.

Cuadro 4. Medidas resumen para la variable diámetro del tallo.

Variedad	Uds.	N	Media (mm)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha		10	11.7	0.67	0.21	5.77
Decia		10	11.9	0.74	0.23	6.2
Dodel	Mm	10	10.9	0.57	0.18	5.21
Domi		10	12.3	1.42	0.45	11.53
Magine		10	11.8	0.63	0.2	5.36
Sevaco		10	10.7	1.16	0.37	10.84

Fuente: Elaboración propia.

Altura de la Planta

Con respecto a la altura de la planta (Cuadro 5), la variedad Sevaco presentó el mejor comportamiento, con un promedio de 131.90 cm y un coeficiente de variación del 17.79%, a diferencia de la variedad Carucha, que reflejó menor altura con un promedio de 92.80 cm y un coeficiente de variación de 8.77%. Según Hernández *et al.* (2012), las variedades Carucha, Magine, Domi, Dodel y Decia tuvieron una altura de 50, 80, 90, 100 y 110 cm, respectivamente.

Cuadro 5. Medidas resumen para la variable altura de la planta.

Variedad	Uds.	N	Media	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha		10	92.80	8.13	2.59	8.77
Decia		10	111.80	11.11	3.51	9.94
Dodel	Cm	10	124.20	12.59	3.98	10.14
Domi		10	103.30	8.11	2.56	7.85
Magine		10	115.90	17.56	5.55	15.15
Sevaco		10	131.90	23.47	7.42	17.79

Fuente: Elaboración propia.

Número de flores

Con relación a las seis variedades, respecto a la variable número de flores (Cuadro 6), la variedad Sevaco presentó el mejor comportamiento, con un promedio de 68 flores y un coeficiente de variación del 25.16%, a diferencia de la variedad Domi, que expresó menor número de flores con un promedio de 43 flores y un coeficiente de variación de 40.83%.

Cuadro 6. Medidas resumen para la variable número de flores.

Variedad	Uds.	N	Media (cm)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha		10	49.4	14.89	4.71	30.15
Decia		10	44.4	11.64	3.68	26.21
Dodel	Cant.	10	49.2	19.5	6.17	39.64
Domi		10	42.9	17.51	5.54	40.83
Magine		10	54	19.24	6.08	35.63
Sevaco		10	68	17.11	5.41	25.16

Fuente: Elaboración propia.

Descriptores del Fruto

Forma longitudinal del fruto

La variedad Carucha presenta dos formas del fruto, un 60% es achatada y un 40% de forma ligeramente achatada; la variedad Decia presentó estas dos formas predominantes en un 10% y 90%, respectivamente; para Dodel fueron tres: achatada 10%, ligeramente achatada 80% y con un 10% redondeado; la variedad Domi presenta características iguales que Dodel en 40%, 50% y 10%, respectivamente. La variedad Magine mostró un 30% forma achatada y un 70% ligeramente achatada y el testigo Sevaco tuvo dos formas: ligeramente achatada 30% y redondeado 70%.

Número de lóculos del fruto

Para medir esta variable se cortaron los frutos maduros, se cortó cada tomate en forma horizontal y se contó la cantidad de lóculos. Las variedades Carucha, Decia, Dodel, Domi y Magine presentaron en promedio cuatro lóculos por fruto, mientras que la variedad testigo Sevaco solo cuenta con tres lóculos.

Color de fruto maduro

Para describir esta variable se utilizó la tabla Munsell para tejidos vegetales. El código de color para la variedad Carucha es 7.5 YR 7/10 con un 90%, la variedad Decia con 90% representa el código 7.5 YR 7/8, la variedad Domi tiene un 70% con el código 10 R 6/10, Magine presenta un 50% el código 10 R 6/10

y un 20% 5 YR 7/10, y para la variedad Sevaco 7.5 YR 7/10 con un 50%.

Variables de rendimiento

Frutos por planta

En toda la fase productiva de las seis variedades, se contabilizaron todos los tomates producidos: La variedad Carucha obtuvo 15 frutos por planta en promedio, Decia y Magine 19 frutos, la variedad Dodel 12 frutos, la variedad Domi 16 frutos y el testigo Sevaco tuvo un promedio de 22 frutos por planta (Cuadro 7). En la investigación de Hernández *et al.* (2012), se obtuvieron similares resultados para las variedades Carucha 19 frutos, Domi 18 frutos, Magine 13 frutos, Dodel ocho frutos y Decia cuatro frutos.

Cuadro 7. Medida resumen de la variable frutos por planta

Variedad	Uds.	N	Media (cm)	D.E.	E.E.	C.V. %
Carucha		10	14.90	3.67	1.16	24.60
Decia		10	18.80	6.23	1.97	33.15
Dodel	Frutos por planta	10	11.50	5.17	1.63	44.95
Domi		10	15.80	7.98	2.52	50.53
Magine		10	19.40	5.97	1.89	30.76
Sevaco		10	21.60	5.66	1.79	26.21

Fuente: Elaboración propia.

Número de cortes

El total de cortes realizados en las variedades Carucha y Domi son 7, Decia y Sevaco 9 cortes, en la variedad Dodel se realizaron 6 cortes y en la variedad Magine 8 cortes en toda la fase de producción. Al comparar los datos del estudio desarrollado por Hernández *et al.* (2012), con los del presente estudio se detallan diferencias. Para la variedad Carucha y Domi cuatro cortes, Magine cinco cortes, Dodel tres cortes y Decia dos cortes.

Peso promedio de frutos por planta

La variedad Dodel obtuvo el mejor peso promedio con 67.16 gr, las variedades Decia, Domi y Magine

obtuvieron resultados similares de 33.88 gr, 35.39 gr y 34.23 gr respectivamente, y la variedad Carucha obtuvo el resultado más bajo de 29.41 gr.

Cantidad de semillas en un gramo

La cantidad de semillas promedio por gramo en la variedad Carucha es de 352, la variedad Decia de 321, Dodel con promedio de 279, Domi con 422, Magine tiene 390 semillas en un gramo y Sevaco cuenta con 366 semillas.

Vida en anaquel

La duración del periodo en que los frutos son aptos para el consumo en frescos o procesados (agroindustria) de las variedades Carucha, Decia, Dodel y Magine es de 13 días, para Domi fue un periodo de 14 días y Sevaco con 15 días.

Sólidos solubles en fruto maduro

El promedio de sólidos solubles en el 5° estadio fue de 3,98°Brix Dodel, 4,18°Brix Decia, 3,89°Brix Magine, 3,86°Brix Carrucha y 3,74°Brix Domi. La variedad en estudio que obtuvo el mayor contenido de sólidos solubles fue Decia con un valor superior a los 4°Brix siendo menor que la variedad Sevaco. Los menores contenidos de sólidos estuvieron representados por la variedad Domi con un valor menor a 3,8°Brix.

CONCLUSIONES

Con base al descriptor de tomate del IPGRI se determinó en la investigación que de los seis materiales, se encontraron tres formas longitudinales predominantes: achatada, ligeramente achatada y redondeada, presentando la variedad Carucha achatada, la variedad Decia, Dodel, Domi y Magine ligeramente achatadas y la variedad Sevaco redondeada.

Con base al descriptor del IPGRI se determinó en la investigación que de los seis materiales, se encontraron dos formas de crecimiento: indeterminado y semideterminado; las variedades Dodel, Decia, Magine y Sevaco presentaron tipo de crecimiento indeterminado y las variedades Carucha

y Domi con crecimiento semideterminado.

De las seis variedades, Sevaco y Decia presentaron 98 días a cosecha, siendo las más precoces y la variedad Dodel tardó más con 105 días. El dato más frecuente en las variedades Carucha y Dodel presentaron 104 días, Decia, Domi, Magine y Sevaco 97 días a cosecha.

La producción promedio de la variedad Carucha fue de 15 frutos por planta, Decia y Magine 19 frutos, la variedad Dodel 12 frutos, la variedad Domi 16 frutos y Sevaco tuvo un promedio de 22 frutos por planta. Los datos presentaron un elevado coeficiente de variación.

Mediante la variable peso del fruto tomada del descriptor IPGRI, se determinó en la investigación que la variedad Dodel obtuvo el mejor peso promedio con 67.16 gr, las variedades Decia, Domi y Magine obtuvieron resultados similares de 33.88 gr, 35.39 gr y 34.23 gr respectivamente, y la variedad Carucha produjo el resultado más bajo en comparación a las anteriores de 29.41 gr.

La duración del periodo en que los frutos son aptos para el consumo en general, alimentos frescos o procesados (agroindustria) de las variedades Carucha, Decia, Dodel y Magine es de 13 días, para Domi fue un periodo de 14 días y Sevaco con 15 días.

La cantidad de semillas promedio por gramo en la variedad Carucha es de 352, la variedad Decia de 321, Dodel con promedio de 279, Domi con 422, Magine tiene 390 semillas en un gramo y Sevaco cuenta con 366 semillas.

En cuanto al análisis multivariado para las variables cuantitativas, las variedades Decia, Domi, Magine y Sevaco presentaron mejores características en: número de flores, altura de la planta, flores cuajadas y aborto de frutos, la variedad Dodel es más significativa en cuanto al peso promedio de frutos, altura y días a cosechas.

BIBLIOGRAFÍA

Aldana, M. J. 2015. Estudio de factibilidad para

- la producción y comercialización de tomate de cocina con buenas prácticas agrícolas bajo sistemas de macrotúneles, en el Valle De Zapotitán, Ciudad Arce Departamento De La Libertad. Velásquez W. E. San Salvador. El Salvador. Universidad De El Salvador.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"). 2015. Guía técnica cultivo de tomate. La Libertad, El Salvador. 48 p.
- CNE (Consejo Nacional de Energía). 2019. Energía Solar (en línea). El Salvador. Consultado: 29 Abr. 2019. Disponible en: https://www.cne.gob.sv/?page_id=615
- Hernández, M; Pérez, M; Orellana, M. 2012. Proyecto de investigación docente: producción de semillas mó de cinco variedades mutantes de tomate procedentes de cuba. San Salvador, El Salvador. 10 p.
- INIA Ururi (Instituto De Investigaciones Agropecuarias, Chile). 2018. Poda y deshoje en el cultivo de tomate bajo malla antiáfido. (en línea). Chile. Consultado el 03 mar. 2019. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/03/poda-y-deshoje-en-elcultivo-de-tomate-bajo-malla-antiafido/>
- Intendencia Económica. 2015. Dependencia alimentaria en El Salvador: La trascendencia de importaciones para el consumo nacional. San Salvador, El Salvador. Gobierno de El Salvador. 18 p.
- IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos). s.f. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp.*). Maccarese, Roma. 3 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Republica de El Salvador). 2016. Anuario de Estadísticas Agropecuarias, ENAP 2015-2016 y Precios de Mercado. San Salvador, El Salvador. 87 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Republica de El Salvador). 2018. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2017-1018. San salvador, El Salvador. 82 p.
- MARN (Ministerio de Recursos Naturales Y Medio Ambiente, SV). 2019. Meteorología (en línea). Consultado: 08 mar. 2019. Disponible en: <https://www.marn.gob.sv/category/informes-especiales/meteorologia/>



Artículo científico

Evaluación de dos combinaciones de conservantes y su efecto sobre un producto hortícola de IV Gama

Evaluation of two combinations of preservatives and their effect on a IV Range horticultural product

Pérez-Martínez, B.S.¹, Ramos-Dubón, E.J.¹, Ramos-Cortez, S.², Munguía, H.E.²

Correspondencia:
pm12079@ues.edu.sv
sigfredo.ramos@ues.edu.sv
haydee.munguia@ues.edu.sv

Presentado:
11 de diciembre de 2020
Aceptado:
23 de febrero de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente asesor.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, Suchitoto y Cuscatlán, se evaluaron dos combinaciones de conservantes que se aplicaron a producto hortícola de IV gama con el propósito de mantener sus características organolépticas. El periodo de la investigación fue de noviembre de 2019 a mayo de 2020. Las dos combinaciones de conservantes permitieron estudiar tres tratamientos: T1 sin conservantes, T2 con ácido cítrico 0.1%, ácido ascórbico 1%, cloruro de calcio 1% y T3 con ácido cítrico 0.1%, cloruro de calcio 1%, ácido peracético 0.008%; aplicados a hortalizas listas para consumo. Estas fueron sometidas a un proceso de lavado, desinfectado, pelado y troceado, el proceso se dirigió a controlar el deterioro en zanahoria (*Daucus carota*), cebolla (*Allium cepa*), lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), destinadas al consumo. Para monitorear la vida de anaquel se tomaron datos cada dos días de parámetros como pérdida de agua y pH. El análisis de los datos se realizó con un diseño completo al azar del nivel de significancia del 5% (α), con el fin de determinar si las fuentes de variación en estudio producían iguales o distintos efectos en la variable respuesta; se aplicó la técnica del análisis de varianzas y prueba de contraste ortogonales en el programa estadístico INFOTAT. Los resultados del análisis sensorial mostraron que hubo diferencias significativas en color y textura, los mejores efectos los presentaron T2 y T3, quienes tuvieron una vida útil de 15 días. La aplicación de los conservantes orgánicos redujo la velocidad de oxidación y deterioro de las hortalizas, las cuales siempre mantuvieron la cadena de refrigeración, lo que garantizó la calidad e inocuidad alimentaria, ya que los niveles microbiológicos cumplen con lo requerido por el Reglamento Técnico Centroamericano.

Palabras claves: IV gama, peracético, velocidad de oxidación, calidad e inocuidad alimentaria.

ABSTRACT

The research was conducted at the School of Agricultural Sciences of the University of El Salvador, Suchitoto and Cuscatlán. Two combinations of preservatives were evaluated and applied to fresh-cut vegetable products with the purpose of maintaining their organoleptic characteristics. The research period was from November 2019 to May 2020. The combinations of preservatives

consisted of three treatments applied to ready-to-eat vegetables as follows: T1, without preservatives; T2, with a blend of citric acid 0.1%, ascorbic acid 1%, calcium chloride 1%; and T3 with a blend of citric acid 0.1%, calcium chloride 1%, and peracetic acid 0.008%. The vegetable products were subjected to a process of washing, disinfecting, peeling and cutting, in order to control deterioration of carrot (*Daucus carota*), onion (*Allium cepa*), lettuce (*Lactuca sativa*) and tomato (*Solanum lycopersicum*), intended for human consumption. To monitor shelf life, data were collected every two days and included parameters such as water loss and pH. Data analysis was performed using a complete randomized design at a significance level of 5% ($P \geq 0.05$), in order to determine whether the sources of variation under study produced equal or different effects on the response variable. Analysis of variance and orthogonal contrast tests were performed using the INFOSTAT statistical software. The results of the sensory analysis showed that there were significant differences in color and texture. The best effects were presented by T2 and T3, which had a shelf life of 15 days. The application of organic preservatives reduced the rate of oxidation and deterioration of the vegetables, which were always maintained throughout the cold chain, guaranteeing the quality and safety of the food. Furthermore, the microbiological levels of the products complied with the requirements of the Central American technical regulations.

Key words: IV range, peracetic, oxidation rate, food quality and safety.

INTRODUCCIÓN

Los productos IV gama son frutas y hortalizas frescas, cortadas, lavadas y envasadas, listas para su consumo, que no hayan sido sometidas a ningún tratamiento térmico que altere sus propiedades nutricionales iniciales (Vega 2011). Según Manrique (2015), las hortalizas, por su alto contenido en vitaminas, minerales y proteínas son especies vegetales de gran importancia en la alimentación humana y en la medicina natural.

El pardeamiento enzimático en las hortalizas IV gama se produce como resultado del proceso de oxidación de los compuestos fenólicos a o-quinonas, altamente reactivos que polimerizan y forman melaninas de coloración parda; el pardeamiento enzimático puede ser controlado a través del uso de agentes antioxidantes. Los principales antioxidantes descritos en la literatura son el ácido ascórbico, ácido eritórbito, ácido elágico y ácido peroxiacético (Silveira 2017).

El trabajo realizado por García (2008), aplicó la técnica de IV gama para la elaboración de ensaladas listas para el consumo, basada en la aplicación combinada de una solución de cloruro de calcio al 1%, ácido cítrico 0,1% y óxido de magnesio al 0.5%; demostró que favorece la calidad textural y las características sensoriales. Se puede establecer una vida útil de 16 días a 5 °C y 95% HR. El monitoreo mostró que existe un aumento progresivo en la pérdida de peso.

Según Gómez (2017), en su investigación de tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama en el cual se revisó la eficacia que tiene el ácido peroxiacético con efecto frente a bacterias patógenas presentes en hortalizas de IV Gama. Se demuestra en el trabajo que el uso de ácido peroxiacético presenta efectos microbicidas, sin llegar a dañar la calidad del producto, constituyéndose en agentes capaces de reemplazar el uso del cloro en el lavado y desinfección de hortalizas de IV gama.

Según García (2008), en su estudio de "aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*)" basados en la utilización de 0,5%, 1%, 3% y 6% de soluciones de cloruro de calcio y 0,3 %, 0,5%, 0,8% y 1% de ácido láctico, para alargar la vida útil de los frutos troceados, envasados en plásticos y almacenamiento a la temperatura de 5°C. Encontrando que con 1% ácido láctico ($C_3H_6O_3$) y 6% de cloruro de calcio ($CaCl_2$), se controló la pérdida de peso, la calidad comercial, sin indicios de fermentación y ni desarrollo de microorganismos deteriorativos, por un periodo máximo de ocho días en ambas frutas.

Pueden utilizarse determinados compuestos químicos para la conservación de productos mínimamente procesados. El empleo de antioxidantes permite prolongar la vida útil y mantener la calidad de los productos porque minimiza o previene las reacciones enzimáticas de pardeamiento, los

cambios en la textura, y el desarrollo de aromas y sabores desagradables. Lo mismo sucede con algunos antimicrobianos específicos para determinadas cepas. La acción conservadora depende de factores externos como la humedad relativa del ambiente, la temperatura, el pH, la carga microbiana inicial, la composición de la atmósfera de almacenamiento (FBT 2013).

Los antimicrobianos siguen presentes entre los aditivos alimentarios más importantes. Actualmente, debido a la demanda de productos frescos mínimamente tratados (frutas y vegetales) frescos, cortados envasados bajo diferentes atmósferas y refrigerados, crece el interés por los antimicrobianos de origen natural que puedan extraerse para ser utilizados con el fin de prolongar la vida útil y la seguridad para el consumidor (Gómez 2017).

Los ácidos orgánicos son ampliamente utilizados en la industria alimentaria. Como agentes de transformación, se agregan para controlar la alcalinidad de muchos productos, pueden actuar como tamponadores o simplemente como agentes neutralizantes. Los conservantes, pueden actuar como agentes antimicrobianos frente a los antioxidantes. En general retardan la descomposición del alimento e inhiben el crecimiento de bacterias, hongos u otros microorganismos (Netta 2020).

El desarrollo de investigaciones enfocadas en la utilización de conservantes naturales en productos IV gama son nulas en El Salvador. Actualmente los consumidores demandan alimentos frescos, de calidad, de fácil cocción y preparación debido al ritmo de vida, la preocupación por alimentarse equilibradamente y el poco tiempo disponible para el hogar

y la cocina. El objetivo principal del estudio fue evaluar dos combinaciones de conservantes y su efecto en un producto hortícola de IV gama, con la finalidad de mantener sus características organolépticas y su vida de anaquel. Uno de los alcances de la investigación fue plantear los resultados como una alternativa de producción y comercialización de hortalizas de IV gama de calidad y seguras para el consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

La preparación del producto hortícola de cuarta gama se realizó en el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico de la Facultad de Ciencias Agronómicas; se seleccionó la materia prima y se procesaron los diferentes tratamientos. El almacenamiento de los tratamientos se realizó en el Centro Cultural del municipio de Suchitoto, departamento de Cuscatlán, lugar donde se realizaron las evaluaciones sensoriales. La fase experimental y de laboratorio inició en noviembre 2019 y culminó en mayo 2020.

Formulación

En el Cuadro 1, se muestra la formulación porcentual y de producción en gramos de cada componente contenido en el producto, ya que consistió en la mezcla de estas cuatro hortalizas, los conservantes no están incluidos en la fórmula porcentual del producto porque solo se hará una inmersión dentro de la solución preparada con estos conservantes.

Cuadro 1. Formulación para elaborar el producto de IV Gama.

Formulación del producto	Lechuga	Tomate	Zanahoria	Cebolla	Total
	%	30	30	30	10
Peso	75 g	75 g	75 g	25 g	100 g

Elaboración del producto IV gama

Recepción y selección. Se recibió la materia prima en bandejas y bolsas de polietileno transportadas en hieleras desde el lugar de compra. Los productos con daños físicos y defectos por decoloración fueron descartados.

Primer acondicionamiento. Se eliminaron las siguientes partes de las hortalizas: basal de la lechuga y hojas externas que presentaban daño, la túnica de la cebolla, y las hojas del péndulo de la zanahoria.

Lavado y desinfectado. Se lavaron los tomates, zanahorias, cebollas y lechugas deshojadas con suficiente agua potable; para la desinfección se hizo

una inmersión en solución de hipoclorito de sodio 0.5% por un tiempo de cuatro minutos y se enjuagó con suficiente agua para eliminar el desinfectante., luego se eliminó la cascara de la zanahoria.

Troceado. El troceado se hizo con un cuchillo de acero inoxidable. La zanahoria se cortó en juliana de 1.5 cm de grosor y 8 cm de largo aproximadamente, el corte de la cebolla también fue en juliana con un grosor de 1 cm. y la lechuga se cortó en Chiffonade, esta técnica consiste en doblar la hoja y luego cortarla en juliana dando así muchas tiras planas y largas 0.5 cm de grosor.

Segundo acondicionamiento. Los cortes de cada hortaliza se separaron en tres partes iguales para proceder a la inmersión en dos combinaciones de conservantes de acuerdo a los tres tratamientos SINP1, COM1P1, COM2P1.

Secado. Ambos tratamientos se secaron en coladores de plástico durante 60 minutos; se usó papel toalla previamente esterilizado para eliminar el exceso de humedad del medio y facilitar el empaçado, de esta manera, evitar el crecimiento de hongos en su almacenamiento.

Empacado. Las bandejas de poliestireno se pesaron en una balanza digital y su peso fue de 200 gramos. Las hortalizas se empacaron con la relación 3:3:3:1, cada una en bandejas de poliestireno con medidas de 19.5x14 cm. selladas con papel film.

Almacenado. El producto terminado se colocó en hieleras previamente desinfectadas y se almacenó en una cámara de frío regulable a $5^{\circ} C \pm 1$, por un período total de 16 días. La cámara de frío se ubicó en el laboratorio del Centro Cultural de Suchitoto, Cuscatlán.

Metodología de laboratorio

Para analizar el comportamiento del producto en las condiciones de almacenamiento, se enumeraron las 14 réplicas de cada tratamiento para tomar una muestra al azar cada dos días por un período de 16 días, con un total de 8 repeticiones de toma de datos.

Como se evaluaron tres tratamientos se obtuvieron 42 bandejas con el objeto de tener producto extra para seguir los muestreos si la vida de anaquel se extendía por más de 15 días.

Análisis de pérdida de agua. Se midió con la pérdida de peso y consistió en pesar cada dos días el producto, previo atemperado del mismo y relacionando este con el peso inicial. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de pérdida de peso.

Análisis de pH. El pH se midió con un potenciómetro, triturando aproximadamente 5 gramos de cada hortaliza en agua destilada.

Análisis microbiológico. La determinación de presencia o ausencia de *Salmonella* spp. y el recuento de coliformes fecales se realizó siguiendo la metodología del procedimiento según Bacteriological Analytical Manual (BAM), en el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico de la Facultad de Ciencias Agronómicas para los tres tratamientos y para *Listeria* se realizó en el Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC).

Análisis sensorial. Para medir el grado de aceptabilidad se realizó un análisis sensorial cada dos días, es decir, que se realizó 8 veces durante la vida útil del alimento. El comité evaluador estuvo integrado por 5 panelistas consumidores del producto (no entrenados). Para la selección de los evaluadores, se tomó en cuenta personas que consumen habitualmente este tipo de producto.

El desarrollo del análisis, consistió en una prueba afectiva de aceptación por atributos. Para esto se usó una ficha de catación con una escala de 10 puntos por atributo, siendo el 1 "desagradable" y el 10 "agradable". Los atributos evaluados fueron: color, olor, sabor y textura, con el objetivo de determinar si los panelistas encontraban diferencias significativas entre los tratamientos, siendo 5 el límite aceptable.

Metodología estadística

Para el análisis de los datos se utilizó un diseño completamente al azar, los factores en estudio

fueron las dos combinaciones de conservantes y el testigo (Cuadro 2), controlando las condiciones de temperatura en el almacenamiento. Se realizaron 14 unidades experimentales de cada tratamiento de las cuales cada dos días se tomó datos de pérdida de agua y pH, hasta cumplir 16 días.

Cuadro 2. Componentes de la inmersión.

Tratamientos	Componentes de la inmersión
T1 (SINP1)	SIN CONSERVANTE
T2 (COM1P1)	COMBINACIÓN 1 Ácido cítrico 0.1% Cloruro de calcio 1% Ácido Ascórbico 1%
T3 (COM2P1)	COMBINACIÓN 2 Ácido cítrico 0.1% Cloruro de calcio 1% Ácido peracético 0.008%

Descripción de los tratamientos:

SINP1: la muestra testigo, se lavó, desinfectó y enjuagó bajo las condiciones antes mencionadas.

COM1P1: en este segundo tratamiento se hizo una inmersión en la solución preparada con 7 litros de agua destilada previamente esterilizada, se le agregó cloruro de calcio al 1% para restaurar la firmeza de la pared celular, ácido cítrico a 0.1% para control de crecimiento microbiano y ácido ascórbico 1% para controlar la pérdida de color; se colocó la hortaliza en esta solución durante 10 minutos.

COM2P1: en este tratamiento se hizo una inmersión en la solución preparada con 7 litros de agua destilada previamente esterilizada, se le agregó cloruro de calcio al 1% para restaurar la firmeza de la pared celular, ácido cítrico a 0.1% para control de crecimiento microbiano y ácido peracético 0.008%; se colocó la hortaliza en esta solución durante 10 minutos. De esta manera quedaron listas para entrar al proceso de secado.

Recolección y análisis de datos

Con los datos obtenidos de las pruebas sensoriales,

se elaboró una base de datos en Microsoft Excel para ordenarlos y luego facilitar el ingreso de los mismos dentro del software estadístico Infostat versión estudiantil, con la función "R" para análisis sensorial, y el método multivariado de componentes principales, con un nivel de significancia del 5%; a fin de realizar un análisis exploratorio sobre el comportamiento de los panelistas respecto a los atributos evaluados. Los datos obtenidos por cada atributo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) y prueba de contrastes ortogonales con un nivel de significancia de 5%, para confirmar si hay diferencia significativa entre tratamientos y determinar cuál de los atributos o tiempos genera esas diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del atributo color

Según el análisis de varianzas (Cuadro 3) y la prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 4) las combinaciones de conservantes en los tratamientos en estudio producen diferentes efectos sobre el atributo color, con una probabilidad igual a 0.05 ($P\text{-valor} < 0.05$). Los resultados obtenidos de la variable color para los diferentes tratamientos, según prueba de contrastes ortogonales los tratamientos T3 y T2 son estadísticamente iguales, es decir, que producen iguales efectos; pero superiores al tratamiento testigo (T1) ya que el P-Valor es menor a 0.05, mostrando los mejores resultados las combinaciones de conservantes (T2 y T3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para variable color.

FV.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	13.83	2	6.91	4.67	0.0210
Tratamiento	13.83	2	6.91	4.67	0.0210
Error	31.07	21	1.48		
Total	44.90	23			

Cuadro 4. Prueba de contrastes ortogonales, variable color

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Contraste1	1.59	0.53	13.46	1	13.46	9.10	0.0066
Contraste2	0.30	0.61	0.37	1	0.37	0.25	0.6241
Total			13.83	2	6.91	4.67	0.0210

De acuerdo, a estos resultados se hace evidente que el corte del material vegetal desencadena las reacciones oxidativas y el marchitamiento del mismo tal como lo afirma Vega (2011) y Bueno (s.f.), pero que al tratarlos de manera inmediata con las soluciones combinadas, seguido del empaquetado y conservación en condiciones de almacenamiento refrigerado, se logró reducir significativamente el deterioro y se infiere que la combinación del tratamiento aplicado en los distintos vegetales, controla los cambios químicos visibles indeseables de marchitamiento.

Análisis del atributo olor

Según el análisis de varianzas (Cuadro 5) y prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 6), las combinaciones de conservantes en estudio y el tratamiento testigo

producen iguales efectos sobre el atributo olor, con una probabilidad igual a 0.05 es decir, que los tratamientos no tuvieron ningún efecto en el nivel de aceptabilidad del atributo olor ($P > 0.05$). Esto difiere con lo dicho por Arcos *et al.* (s.f.), quienes afirman que existió una diferencia significativa en el olor a fermentado a partir del sexto día de la expedición del producto.

Cuadro 5. Análisis de varianza para variable olor.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	0.96	2	0.48	0.36	0.7011
Tratamiento	0.96	2	0.48	0.36	0.7011
Error	27.85	21	1.33		
Total	28.80	23			

Cuadro 6. Prueba de contrastes ortogonales, variable olor

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Contraste1	0.40	0.50	0.86	1	0.86	0.65	0.4300
Contraste2	-0.16	0.58	0.10	1	0.10	0.07	0.7871
Total			0.96	2	0.48	0.36	0.7011

Análisis del atributo sabor

Según el análisis de varianzas (Cuadro 7) y prueba de contrastes ortogonales (Cuadro 8), las combinaciones de conservantes (T2 y T3) y el tratamiento testigo en estudio, producen iguales efectos en el atributo sabor, con una probabilidad igual a 0.05, los tratamientos no tuvieron ningún efecto en el nivel de aceptabilidad del atributo sabor. Lo anterior difiere con lo establecido por Pereyra (2011), quien dice que la vida útil del producto quedó determinada por el atributo "sabor característico", ya que se generan sabores alcohólicos asociados a la fermentación de los productos a partir

del día 11 en condiciones del almacenamiento entre 1 a 6°C. Sin embargo, al comparar las medias, se puede ver que si existe una diferencia, ya que los tratamientos 2 y 3 obtuvieron puntajes superiores al tratamiento testigo (T1).

Cuadro 7. Análisis de varianza para variable sabor.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	1.45	2	0.73	0.60	0.5596
Tratamiento	1.45	2	0.73	0.60	0.5596
Error	25.58	21	1.22		
Total	27.03	23			

Cuadro 8. Prueba de contrastes ortogonales, variable sabor

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Contraste1	0.51	0.48	1.40	1	1.40	1.15	0.2957
Contraste2	-0.12	0.55	0.05	1	0.05	0.04	0.8369
Total			1.45	2	0.73	0.60	0.5596

Análisis del atributo textura

Según el análisis de varianzas (Cuadro 9) utilizando los valores absolutos, las combinaciones de conservantes en los tratamientos en estudio producen iguales efectos en cuanto al atributo textura; sin embargo, la prueba estadística de contrastes ortogonales (Cuadro 10) muestra que existen diferencias entre T1 y T2 mientras que el T3 y T2 que son las combinaciones de conservantes que reflejan iguales efectos, con una probabilidad igual a 0.05, es decir, que los

tratamientos producen efectos diferentes en el nivel de aceptabilidad del atributo textura.

Cuadro 9. Análisis de varianza para variable textura

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	9.77	2	4.89	3.40	0.0526
Tratamiento	9.77	2	4.89	3.40	0.0526
Error	30.18	21	1.44		
Total	39.95	23			

Cuadro 10. Prueba de contrastes ortogonales, variable textura

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	GL	CM	F	P-Valor
Contraste1	1.30	0.52	9.01	1	9.01	6.27	0.0206
Contraste2	0.44	0.60	0.76	1	0.76	0.53	0.4761
Total			9.77	2	4.89	3.40	0.0526

En el tratamiento 1 (Testigo) al día 10 de evaluación, todos los parámetros sensoriales se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de consumo "5.0". Las mediciones posteriores mostraron resultados promedio inferiores al valor de aceptabilidad de consumo definido para los atributos de color, textura y sabor, característico con valores hasta de 3, lo cual en la escala hedónica verbal significa poco desagradable.

El análisis estadístico entre los tratamientos, no arrojó diferencias significativas ($p < 0.05$) en los parámetros sensoriales de sabor y olor, ya que estos a medida que pasaron los días no había variación, pero si en la textura y color. La vida útil determinada en el presente estudio, quedó definida por los parámetros sensoriales, ya que el promedio fue superior para los tratamientos 2 y 3, con una puntuación superior a 6. Esto determina que para los tratamientos 2 y 3 la vida útil sea 15 días, período en el cual aún se obtienen

notas dentro del límite de aceptabilidad de consumo.

Aunque el uso de ácidos orgánicos y la temperatura de conservación empleada para mantener la calidad del producto corresponden a las recomendadas como ideales para estos productos, se hace evidente que el grado de susceptibilidad que desarrolla en el tejido una vez troceado, acelera la tasa metabólica del material, ya que aumenta la perecibilidad y el deterioro de la calidad en frescura, apariencia, olor y sabor. Esta aseveración coincide con las experiencias de García (2008) en melón y piña, Arcos *et al.* (s.f.), en ensalada de vegetales y Álvarez y Ávila (2016), en zanahoria y apio.

Análisis de componentes principales (ACP) para los atributos sensoriales y su relación con los panelistas

Según la Figura 1, el componente principal 1 (CP1),

explica el 93.9% de la variación total de los datos; mientras que el componente principal 2 (CP2),

solamente explica el 6.1%

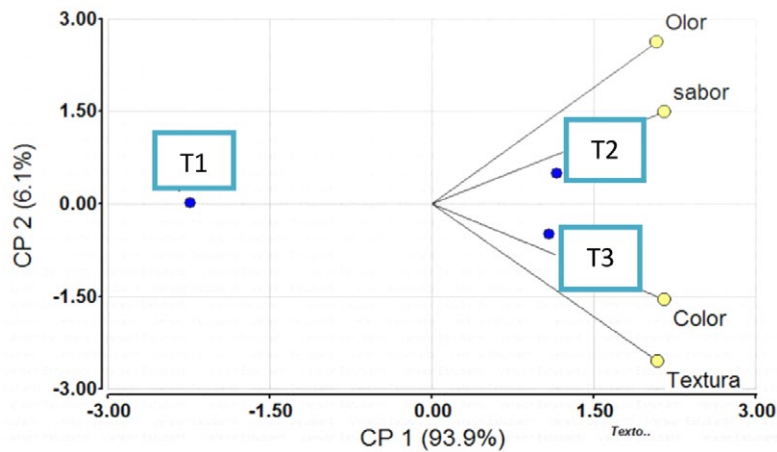


Figura 1. Representación gráfica de atributos sensoriales y panelistas.

Se puede observar que el testigo (T1) no tuvo una buena aceptación y sus características fueron poco evaluadas por los catadores obteniendo calificaciones bajas, el tratamiento 2 obtuvo más aceptación en el sabor, pero este fue menos aceptado en cuanto a textura y el tratamiento 3 que se caracteriza por el color, pero en cuanto al olor recibió menos representación al ser evaluado (Figura 1). Además, se puede observar que el sabor y el color realizaron un mayor aporte para los tratamientos 2 y 3 al ser evaluados por los catadores, esto también determinó que tuvieron una mayor aceptabilidad en cuanto a sus características en general.

Análisis de la pérdida de peso

El comportamiento de los cambios observados en la calidad en los productos tratados de acuerdo al esquema de aplicación, durante el periodo de almacenamiento en refrigeración, mostró progresivamente la pérdida de peso del tratamiento testigo (T1), logrando 6.1% al cabo de 15 días (Figura 2) con mermas diarias equivalentes a 0.38%, mientras en los tratamientos 2 y 3, se obtuvo una pérdida de peso total de 4.44% y 4.63 % durante el periodo de 15 días de almacenamiento, respectivamente. Este comportamiento, fue indicativo de una pérdida de peso diaria promedio de 0.27%, lo que refleja el efecto positivo del tratamiento sobre la tasa metabólica del vegetal cortado. Gomy *et al.* (2000), sostiene que frutos

con promedios de 8% de pérdida de peso presentan un efecto negativo sobre la calidad final del producto, y promueve en corto tiempo el rechazo por parte del consumidor. Se puede observar el comportamiento de la pérdida de peso del producto hortícola, donde se muestra el efecto positivo de la combinación de conservantes y temperatura de conservación 5°C sobre la actividad metabólica del tejido para el tratamiento 2 y 3. Existen diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la ensalada testigo, donde se encontró una mayor relación de pérdida de peso total.

Análisis de pH

Con respecto a los valores promedios de pH de los tratamientos (Figura 3), se encontró que estos fueron estables durante el tiempo de almacenamiento de 15 días, lo que favorece la concentración aplicada del ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido peracético, no sólo la ausencia de crecimiento de microorganismos, hongos y levaduras, sino también inhibió la acción de las enzimas hidrolíticas, dada la inexistencia del oscurecimiento enzimático para los tratamientos 2 y 3, tal como lo afirma Rodríguez (2011) y Gómez (2017), favorecida por el cambio de pH a valores promedio de 4.4 a diferencia del tratamiento 1 (Testigo) que tuvo un pH más elevado y el oscurecimiento fue más evidente.

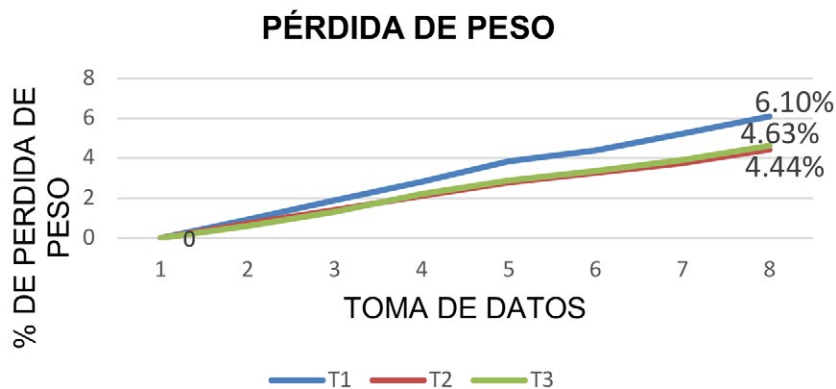


Figura 2. Comportamiento de la pérdida de peso en los tres tratamientos.

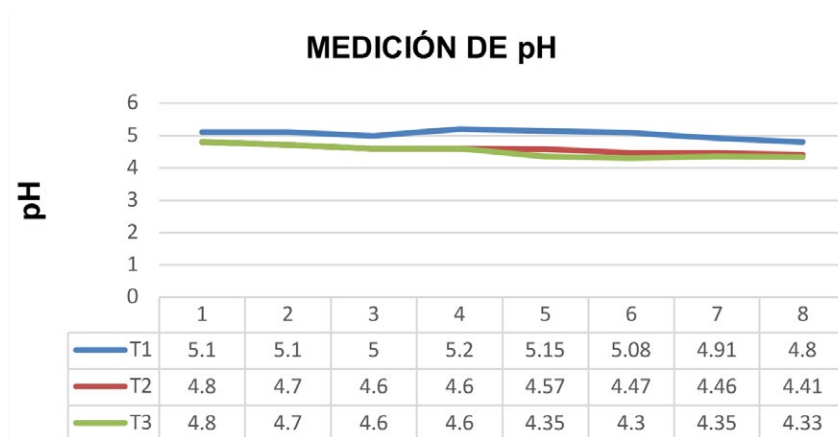


Figura 3. Medición de pH.

Análisis de temperatura

Control de temperatura durante el almacenamiento de hortalizas mínimamente procesadas. En la figura 4 se presentan las temperaturas de almacenamiento para los tres tratamientos en estudio durante

el período de almacenamiento de $5^{\circ} \text{C} \pm 1$. La temperatura promedio fue de 5°C . Las temperaturas obtenidas se encuentran dentro del rango esperado para el almacenamiento del producto, lo que permite controlar los factores de deterioro por medio de la reducción de la tasa de respiración.

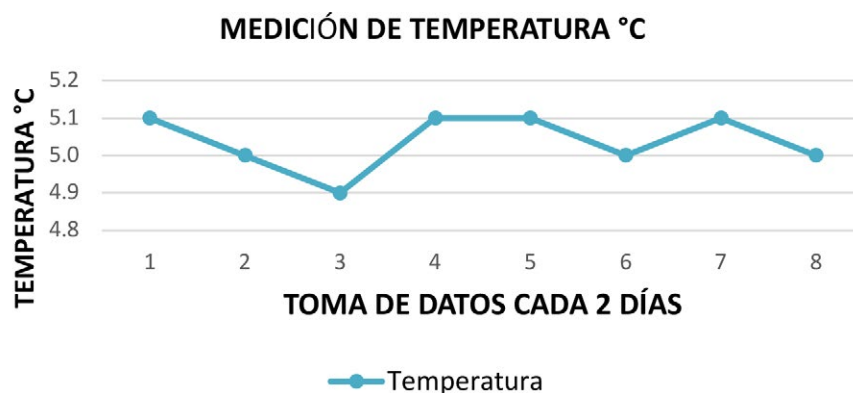


Figura 3. Promedio de temperatura de almacenamiento de producto IV gama.

Análisis microbiológico

En los resultados del análisis microbiológico se puede observar que las muestras analizadas presentaron ausencia de *Salmonella spp* en 25 g (Cuadro 11), coliformes fecales (Cuadro 12) y *Listeria*

monocytogenes (Cuadro 13), es decir, que cumplen con el límite permisible establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano de criterio microbiológicos para hortalizas (RTCA 2009). Esto se realizó los días 1 y 14 de almacenamiento.

Cuadro 11. Resultados de *Salmonella*.

Resultados de detección de <i>Salmonella spp.</i>			
Tiempo de almacenamiento	T1: sin conservante	T2: combinación 1	T3: combinación 2
1 día	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g
14 día	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g

Cuadro 12. Resultados *Escherichia coli*.

Resultados del recuento de <i>Escherichia coli</i>			
Tiempo de almacenamiento	T1: sin conservante	T2: combinación 1	T3: combinación 2
1 día	< 10 ² UFC/g	<10 ² UFC/g	<10 ² UFC/g
14 día	< 10 ² UFC/g	<10 ² UFC/g	<10 ² UFC/g

Cuadro 13. Resultados *Listeria monocytogenes*.

Resultados de detección de <i>Listeria monocytogenes</i>			
Tiempo de almacenamiento	T1: sin conservante	T2: combinación 1	T3: combinación 2
14 día	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g

El análisis microbiológico es de mucha importancia en este producto, ya que como lo menciona MINSAL (2011), por ser un alimento que se consume directamente es necesario garantizar que se encuentre inocuo. El análisis microbiológico del producto demostró que los tratamientos son efectivos, mientras que las hortalizas sin procesar en el análisis microbiológico presentaron coliformes fecales > 10² UFC/g y presencia de *Salmonella*.

CONCLUSIONES

La producción de hortalizas mínimamente procesadas y acondicionadas con las 2 combinaciones de conservantes orgánicos produjo que el producto final cumpliera con los estándares de calidad, además

de obtener una alternativa para alargar la vida de anaquel e incrementar la calidad e inocuidad del producto; ya que las propiedades de estos conservantes eliminan la carga microbiana que pueda tener el alimento y conservar sus características.

Estadísticamente la combinación 1 de conservantes constituida por ácido cítrico 0.1%, cloruro de calcio 1% y ácido ascórbico 1%, con la combinación 2 de conservantes constituida por ácido cítrico 0.1%, cloruro de calcio 1% y ácido peracético, producen iguales efectos en producto hortícola de IV gama.

Se determinó que las hortalizas picadas, tratadas con mezcla de conservantes y almacenadas a temperatura 5°C, tienen una vida útil de 15 días, para

el tratamiento 2 y 3. A diferencia de las muestras no tratadas, donde la aceptabilidad para el consumo según atributos sensoriales se reduce a los 10 días, debido a la oxidación.

El producto hortícola de IV gama (ensalada), mantuvo su nivel microbiológico aceptable en todo el estudio; ya que los valores del día 1 y 14, están por debajo del límite permisible según el Reglamento Técnico Centroamericano, cumpliendo con los rangos de recuentos establecidos por el reglamento vigente, lo cual demuestra que tanto el hipoclorito de sodio como los conservantes permiten mantener los niveles microbiológicos controlados; sin embargo, el hipoclorito de sodio no permite mantener las características sensoriales aceptables.

Los atributos color y textura presentan diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento; el sabor es el atributo mejor evaluado. Mientras que la textura disminuyó su nivel de agrado a los 10 días de almacenamiento. Por tanto, los atributos más representativos de la calidad sensorial para este tipo de alimento son la textura y color.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, P; Avila, M. 2016. Desarrollo de productos hortícolas (zanahoria y apio) de cuarta gama, evaluando tres tipos de atmosferas y tres tipos de envase modificada (en línea). Consultado 26 de jun 2019. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5144/1/UDLA-EC-TIAG-2016-05.pdf>
- Arcos, S; Castrillón, A; Costa, A; Rodríguez, R. s. f. Determinación de la vida un producto de cuarta gama: Ensalada de vegetales envasada en atmosfera modificada (en línea). Consultado 26 de jun 2019. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/rest/bitstreams/79459/retrieve>
- BAM (Bacteriological Analytical Manual). 2016. Bacteriological Analytical Manual (BAM): Food and Drug Administration (en línea). Consultado 25 Jun. 2019. Disponible en <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Bueno Cortes, M.s.f. aditivos antioxidantes (en línea). Consultado 29 de jun 2019. Disponible en <https://biosalud.org/archivos/divisiones/4aditivos%20antioxidantes.pdf>
- FBT (Tecnología de alimentos y Bebidas). 2013. Avances Tecnológicos en Productos de IV gama (en línea). Consultado 9 mar. 2019. Disponible en <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/documentos/2ndfoodandbeverage/avancestecnologicos4agama.pdf?fbclid=IwAR0VMg3EEh897eluInwIoUpdu4gYgb4CFuIX9f-ZHxZJGUo5Nm9kPgTiSPc>
- García Méndez A. 2008. Aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*). Rev. Iber. Tecnología Postcosecha Vol 9(1):34-43, (en línea). Consultado 26 de jun 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81311226006>
- Gómez P. 2017. Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético (en línea). Consultado 07 de mar 2019. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-15482017000100007&lng=pt&nrm=iso
- Gomy, J.; R. Cifuentes; B. Hess; A. Kader. 2000. Cambios de calidad en durazno recién cortado y rodajas de nectarina afectadas por Cultivar, Atmósfera de almacenamiento y tratamientos químicos Consultado 10 mar. 2019. Disponible en https://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/231793.pdf
- Manrique E. 2015. Adopción de tecnologías en productos de hortalizas (en línea). Consultado 07 de mar 2019. Disponible en <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3236/TESIS%20PARA%20LIBRO%20EDSON%20MANRIQUE%20WONG%20ULTIMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Netta R. 2020. Ácidos orgánicos presentes en la vida cotidiana (en línea). Consultado 20 jun. 2020. Disponible en <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/19261-acidos-organicos-presentes-la-vida-cotidiana>
- MINSAL (Ministerio de Salud. Argentina). 2011.

- Análisis microbiológico de los alimentos (en línea). Consultado 07 de mar 2019. Disponible en http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_I.pdf
- Pereyra M. 2011. Desarrollo de manzana trozada mínimamente procesada y determinación de vida útil (en línea). Consultado 26 de Jun 2019. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132036/Desarrollo-de-manzana-trozada-minimamente-procesada-y-determinacion-de-vida-util%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano). 2009. Reglamento 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. 36 p.
- Rodríguez Saucedo, E. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y Hortalizas (en línea). Consultado 10 de mayo 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/461/46116742014.pdf>
- Silveira A. 2017. Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos de IV gama o mínimamente procesados (en línea). Consultado 29 de jun. 2019. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482017000100001
- Vega C. 2011. Evaluación de los factores que influyen en la durabilidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) como producto de IV gama (en línea). Consultado 06 mar 2019. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fav422e/doc/fav422e.pdf>



Artículo científico

Evaluación del efecto del número de tallos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el rendimiento de minitubérculos a partir de la generación 2 en invernadero

Evaluation of the effect of the number of stems in three varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) on the yield of minitubers from Generation 2 in the greenhouse

Guardado-Castaneda, M.C.¹, Pérez-Ascencio, M.A.², Lara-Ascencio, F.³

Correspondencia:
gc08038@ues.edu.sv
mario.perez@ues.edu.sv
francisco.lara@ues.edu.sv

Presentado:
11 de febrero de 2021
Aceptado:
25 de marzo de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Tesista.
- 2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente Asesor.
- 3 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente Asesor.

RESUMEN

La investigación se realizó de septiembre 2019 a febrero de 2020, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El estudio consistió en evaluar el efecto del número de tallos (dos, tres y cuatro tallos) y un testigo en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) "Atlanta", "Granola" y "Soloma", en el rendimiento de minitubérculos de la generación 2, a través de la técnica de hidroponía, con el propósito de producir semilla básica. En la investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial, con 12 tratamientos distribuidos en cuatro repeticiones al azar; se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey y para el análisis de los resultados, se utilizó el software estadístico InfoStat. En la fase reproductiva se evaluó la producción de minitubérculos por variedades, número de minitubérculos por tallo, peso promedio de los minitubérculos, número de minitubérculos por m² y rendimiento kg/m². Los minitubérculos se clasificaron de acuerdo al peso en las siguientes categorías: primera, segunda, tercera y cuarta. Los resultados mostraron que la variedad de papa "Atlanta", presentó el mejor rendimiento con un peso promedio de los minitubérculos de 317.81 g, y el mayor número de minitubérculos se obtuvo con la variedad "Soloma", con una media de 36.38 minitubérculos por planta.

Palabras claves: minitubérculos, hidroponía, semilla básica.

ABSTRACT

The research was conducted from September 2019 to February 2020, in the greenhouse of the School of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The study consisted of evaluating the effect of the number of stems (two, three and four stems) and a control in three varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) "Atlanta", "Granola" and "Soloma", on the yield of minitubers of generation 2, using hydroponics techniques, with the purpose of producing basic seed. The research used a randomized complete block design with a bifactorial arrangement, with 12 treatments distributed in four randomized replicates. The Tukey

test for comparison of means was applied and the statistical software InfoStat was used for the analysis of the results. In the reproductive phase, minituber production per variety, number of minitubers per stem, average weight of minitubers, number of minitubers per m² and yield kg/m² were evaluated. The minitubers were classified according to weight into the following categories: first, second, third and fourth. The results showed that the potato variety "Atlanta" had the best yield with an average minituber weight of 317.81 g. The highest number of minitubers was obtained with the variety "Soloma", which had an average of 36.38 minitubers per plant.

Key words: minitubers, hydroponics, basic seed.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de tallos producidos por tubérculo es variable y depende del tamaño de la semilla, variedad, número de brotes y método de siembra. Las variedades nativas se caracterizan por generar un gran número de tallos, mientras que las mejoradas tienden a producir de tres a cuatro tallos por tubérculo-semilla (Pumisacho 2002).

Gámez (2017), realizó una investigación en la empresa agropecuaria "Valle del Yabú", Cuba, en la que evaluó el efecto del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar "Royal", los resultados mostraron que según incrementa el número de tallos, aumenta la cantidad de tubérculos por planta, pero disminuye el peso promedio por tubérculos.

En El Salvador los productores de papa utilizan semilla no certificada; ocupan los tubérculos destinados al consumo, por tanto, no cumplen los requisitos mínimos de una semilla de buena calidad, por lo que los rendimientos no son significativos y se vuelven focos de infección de plagas y enfermedades, lo que se traduce en aumento de los costos de producción y reducción de las ganancias. Para el año agrícola 2017-2018 se importó papa de otros países de la región centroamericana con un volumen de 78,443.928 kg y un valor de USD \$ 5,549.337 dólares, lo que indica una fuga de divisas (MAG 2018).

Por lo anterior, la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del número de tallos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), en el rendimiento de minitubérculos de la generación 2 en invernadero, y así aportar al país la información para obtener una producción de papa aceptable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del lugar de estudio

La investigación se realizó de septiembre de 2019 a febrero de 2020, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, a una elevación de 750 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio de 26° a 34°C y una humedad relativa del aire entre 34% a 48%, y una precipitación promedio anual de 1,695 mm (MARN 2015).

Metodología de campo

La investigación se realizó bajo condiciones protegidas en un invernadero de forma semi-circular de 5 metros de ancho por 10 metros de largo, con un área total de 50 m². El invernadero consta de dos alturas: una lateral de 3.0 m y una altura central de 4.30 m, con una orientación de Este a Oeste.

Siembra

Antes de realizar la siembra, las semillas de papa (tubérculos) se sumergieron durante 30 minutos en una solución que contenía la hormona ácido giberélico en dosis de 100 mg/L. Previo a la siembra de la semilla, el invernadero se limpió, reparó y desinfectó. La mezcla del sustrato de escoria volcánica (60%) con fibra de coco (40%), se desinfectó con hipoclorito de sodio al 1%. Cada jaba se llenó con 20 libras de sustrato (su capacidad máxima), aplicándole agua hasta llevarlo a capacidad de campo.

La siembra se realizó 15 días después de haber desinfectado el sustrato, para ello se sembraron 6 minitubérculos de la variedad "Atlanta" de la

generación dos (G2) por cada una de las 12 jabas, lo mismo se hizo para la variedad “Granola” y “Soloma”. En total, se sembraron 288 minitubérculos, los cuales fueron distribuidos en 48 jabas.

Fertilización del cultivo

La fertilización se realizó con base a las etapas fenológicas del cultivo y para su elaboración se utilizó el método físico-químico (Figura 1).

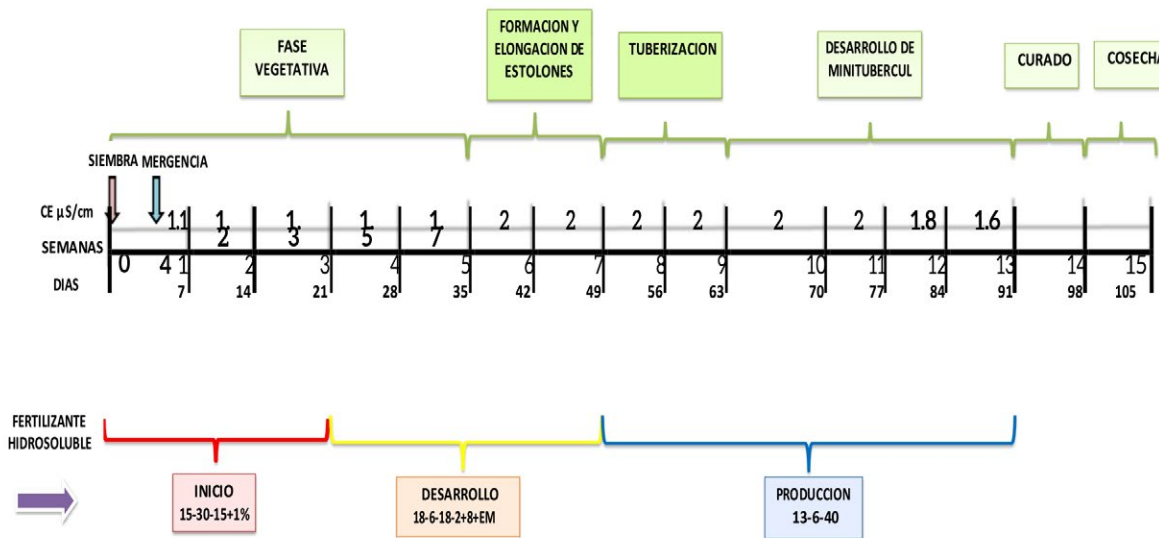


Figura 1. Programa de fertilización con base a la fenología del cultivo de la papa.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron las siguientes actividades:

- Monitoreo semanal para verificar la presencia de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo.
- Monitoreo del micro clima en el invernadero, ya que se tomaron datos de temperatura y de la humedad relativa para determinar la frecuencia de la activación de los nebulizadores.
- Podas, aporco y colocación de tutores. Se eliminaron tallos que no correspondían al tratamiento en estudio, y solamente se dejaban dos, tres y cuatro tallos por mini tubérculo sembrado. El aporco consistió en depositar tierra alrededor del tronco de la planta para mejorar su sostén y producción de tubérculos. Se colocaron tutores de varas de bambú para brindarle soporte a la planta y un crecimiento adecuado.
- El indicador de cosecha se determinó por la madurez fisiológica de la planta, en donde el tallo y las hojas se tornan de un color amarillo-café,

comienzan a secarse y se vuelven quebradizas.

- El proceso de curado previo a la cosecha consistió en podar la planta a una altura de 20 cm, con la finalidad de promover la suberización de la epidermis, y hacerla más resistente e impermeable.
- En la cosecha y clasificación de los mini tubérculos, se removió el sustrato y se recolectaron los minitubérculos manualmente. Luego se categorizó con base al peso de los minitubérculos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de los minitubérculos de papa con base al peso.

Categoría de los minitubérculos	Peso (g)
Primera	Mayores de 15.1 g
Segunda	Mayores de 10.1 hasta 15 g
Tercera	Mayores de 5.1 hasta 10 g
Cuarta	Menores de 5 g

Fuente: CIP (2015).

Metodología estadística

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial 3 x 4, con tres niveles para el factor A (variedades de papa: "Atlanta", "Granola" y "Soloma"), y cuatro niveles para el factor B (número de tallos: dos tallos, tres tallos, cuatro tallos y un testigo al cual no se le realizó ninguna poda de tallos), es decir, 12 tratamientos distribuidos en cuatro bloques, para un total de 48 unidades experimentales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos en estudio

Variedad (factor A)	Número de tallos (factor B)	Tratamientos
Atlanta	2	T = 1 Atlanta x 2 tallos
	3	T = 2 Atlanta x 3 tallos
	4	T = 3 Atlanta x 4 tallos
	Testigo	T = 4 Atlanta x testigo
Granola	2	T = 5 Granola x 2 tallos
	3	T = 6 Granola x 3 tallos
	4	T = 7 Granola x 4 tallos
	Testigo	T = 8 Granola x testigo
Soloma	2	T = 9 Soloma x 2 tallos
	3	T = 10 Soloma x 3 tallos
	4	T = 11 Soloma x 4 tallos
	Testigo	T = 12 Soloma x testigo

Fuente: Elaboración propia (2020).

El área total del experimento fue de 30 m², con 6 m de largo y 5 m de ancho. Cada jaba de polietileno medía 0.31 m de ancho x 0.51 m de largo x 0.10 m de profundidad, conteniendo un volumen de 20 litros de sustrato y un área por jaba de 0.15 m².

Prueba estadística

Se utilizó el software InfoStat y la prueba estadística de medias de Tukey ($p < 0.05$), para identificar las diferencias significativas que se presentaron en la investigación y para el análisis respectivo de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de minitubérculos por variedad

En la Figura 2 se muestran que el mayor número de minitubérculos se obtuvo con la interacción de la variedad "Soloma" con cuatro tallos con una media de 28.5 minitubérculos, seguido por la interacción de la variedad "Granola" y dos tallos con 27.75 minitubérculos. El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas, por lo tanto, se realizó la comparación de medias de Tukey y se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

La variable número de tallos, se relaciona con el número de minitubérculos, mientras más tallos tenga la planta, aumenta el número de minitubérculos por tallo, pero disminuye generalmente el número de minitubérculos por unidad de área.

Según Allen (1978), menciona que el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de papa, depende de la interacción del genotipo de la variedad y los factores agroecológicos para producir rendimientos de óptima calidad, ya que las plantas requieren un adecuado suministro de recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) y recursos de la atmósfera. Cada variedad de papa expresa su potencial productivo, por ejemplo, en la variedad "Atlanta" los alcances fueron menores, debido a que esta variedad tiene la característica de formar solo dos tallos, como máximo tres tallos por tubérculo sembrado.

Número de minitubérculos por tallo

Los resultados muestran que el mayor número de minitubérculos por tallo se obtuvo en la interacción de la variedad "Granola" con dos tallos; el Testigo y la variedad "Soloma" con dos tallos, es decir, una media de 2.5 minitubérculos por tallo (Figura 3). El análisis de varianza mostró que el factor variedad no presentó diferencias significativas, por lo tanto, no se realizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Wiersema (1981), afirma que cuando aumenta la densidad de tallos, aumenta el número de minitubérculos por tallo, y

que el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento como nutrientes, agua y luz. El CIP (1988),

determinaron que el promedio de minitubérculos por tallo es de 2 a 3; comprobándose dichos datos en la presente investigación.

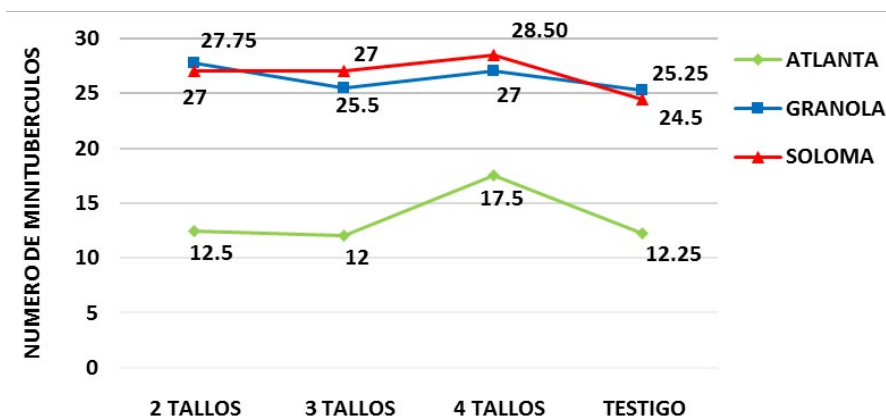


Figura 2. Número de minitubérculos en la interacción variedad con número de tallos.

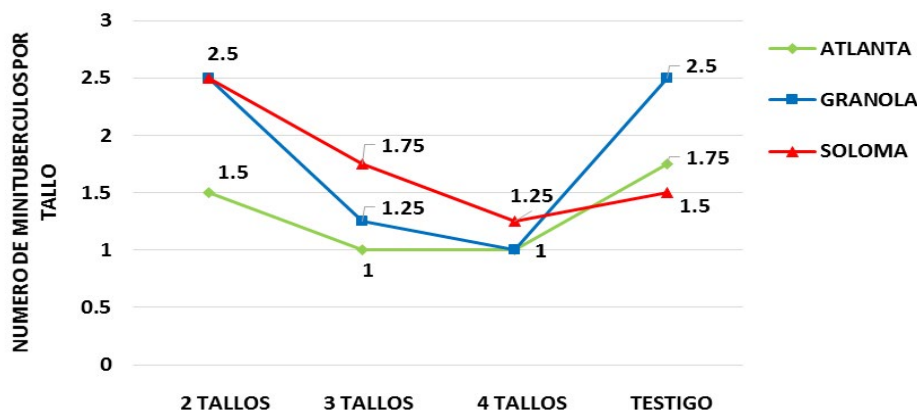


Figura 3. Número de minitubérculos por tallo en la interacción variedad y números de tallos.

Peso de los minitubérculos

Según los resultados obtenidos, los mejores pesos de los minitubérculos se obtuvieron en la interacción de la variedad “Atlanta” y el Testigo con un promedio de 339 g; seguido por la variedad “Soloma” con tres tallos con 241.55 g, y por último la variedad “Granola” con cuatro tallos con 175.25 g (Figura 4). El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas, por lo que fue necesario realizar la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Vásquez (2017), afirma que la variedad “Soloma” alcanzó un rendimiento mayor de 234.65 g con relación a la variedad “Granola” (144.83 g). Allen (1978), menciona que la variedad “Atlanta” presenta

rendimiento alto, ya que tiene mayor resistencia a la defoliación tardía y otras enfermedades que afectan al cultivar.

Número de minitubérculos de papa en un área de un metro cuadrado (1 m²)

Los resultados en esta investigación demuestran que la variedad “Soloma” con cuatro tallos, produjo el mayor número de minitubérculos de papa en un metro cuadrado (760), seguido por la variedad “Granola” con dos tallos (740) y por último la variedad “Atlanta” con cuatro tallos (320) (Figura 5).

El rendimiento se entiende como un proceso fisiológico complejo determinado por el genotipo, el ambiente y la interacción de estos, registrando en el

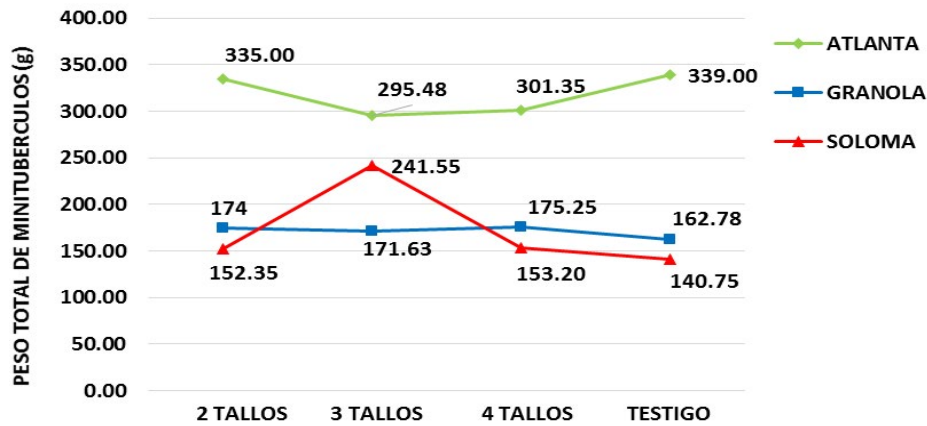


Figura 4. Peso de los minitubérculos en la interacción variedad y número de tallos.

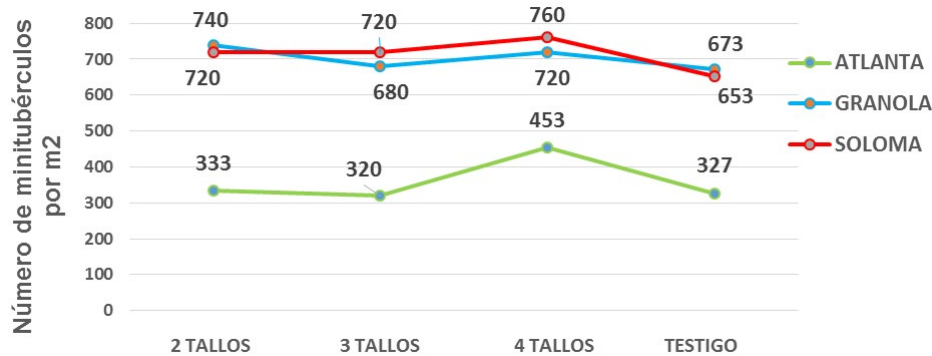


Figura 5. Número de minitubérculos de papa en un área de un m².

estudio mayor producción de minitubérculos en la variedad “Soloma”, porque presenta características altas de producción con respecto a “Granola” y “Soloma”. Struik y Wiersema (1999), determinaron que entre más cantidad de tallos se dejen por minitubérculo, la producción será mayor.

Según Vázquez (2017), la variedad “Soloma” presenta mejores características de producción que la variedad “Granola”. En una investigación realizada por CIP (2015), evaluaron cinco variedades de papa y el promedio obtenido por m² en la variedad “Fripapa” fue de 997 minitubérculos y variedad “Puca Shungo” con 940 mini tubérculos.

Rendimiento de minitubérculos de papa en kg/m²

Los resultados obtenidos muestran que el mayor rendimiento se obtuvo en la variedad “Atlanta” con tres tallos en 3.87 kg/m², dos tallos en 3.77 kg/m²

y el Testigo en 3.45 kg/m²; seguido por la variedad “Soloma” con tres tallos en 3.21 kg/m² y por último la variedad “Granola” con tres tallos en 3.04 kg/m² (Figura 6).

Struik y Wiersema (1999), determinaron que entre menos cantidad de tallos se dejen por minitubérculo, el peso de ellos será mayor (Figura 7). El rendimiento de papa en el trópico se ve favorecido por las condiciones de clima en regiones de mayor altura, donde la temperatura es relativamente fresca de 15° a 20°C para su tuberización y crecimiento; sin embargo, las temperaturas que se presentaron en la investigación fueron mayores de 30°C (CIP 2015).

Clasificación de los minitubérculos en categorías

Número de minitubérculos de cada categoría

Según los resultados, el mayor número de

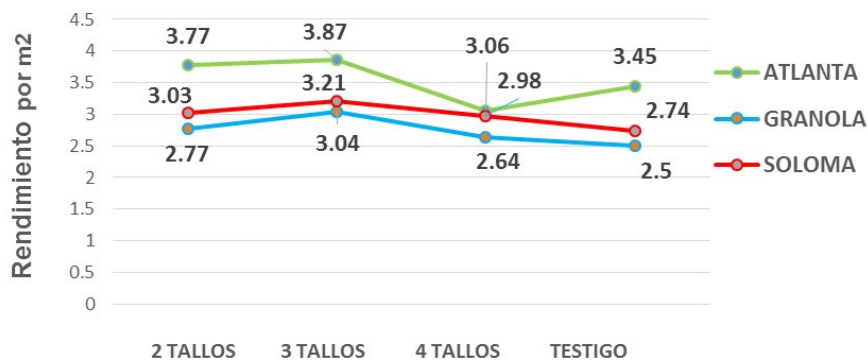


Figura 6. Rendimiento de minitubérculos de papa en kg/m².

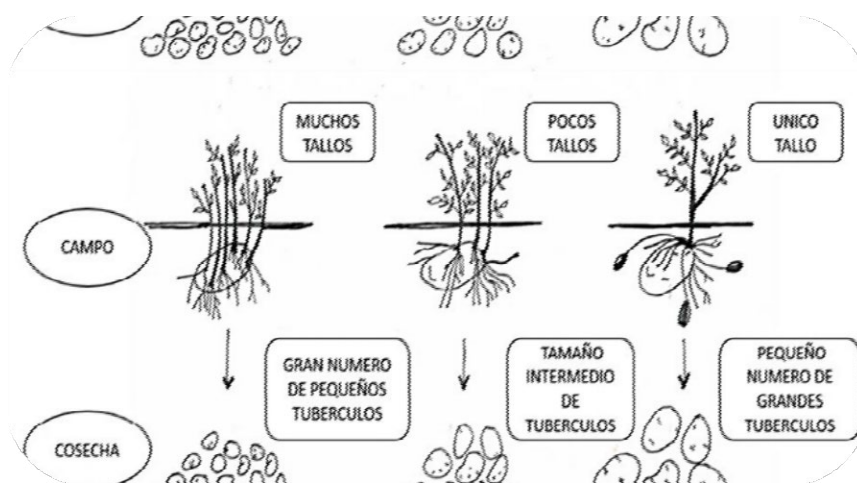


Figura 7. Efecto del número de tallos en el cultivo de papa. Fuente: Struik y Wiersema 1999.

minitubérculos, se obtuvo en la primera categoría en las tres variedades de papa (“Atlanta” 87, “Soloma” 82 y “Granola” 69 minitubérculos). La menor cantidad de minitubérculos la obtuvo en la segunda categoría en las tres variedades de papa (“Atlanta” 4, “Soloma” 14 y “Granola” 26 minitubérculos) (Figura 8). Pérez

(2018), obtuvo en la variedad “Soloma” un total de 401 minitubérculos en la categoría grande y 857 en la categoría mediana; en la variedad “Tollocan” obtuvo 60 minitubérculos en la categoría grande y 745 en la categoría mediana.

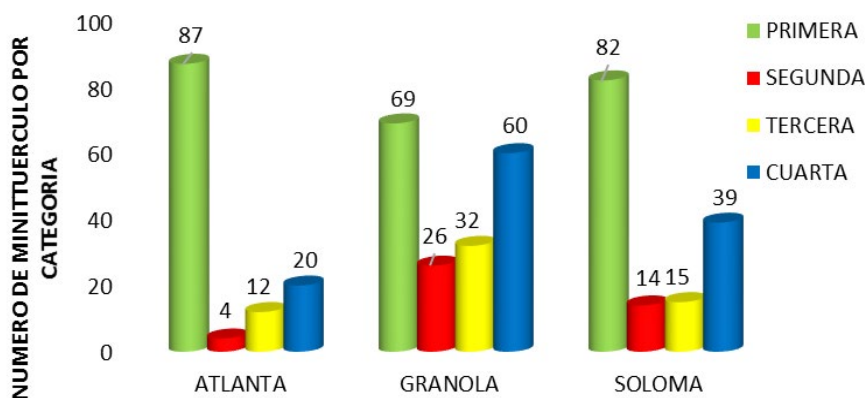


Figura 8. Número de minitubérculos por categoría.

Peso de los minitubérculos de papa por categoría

Los análisis muestran que el mayor peso de los minitubérculos para las tres variedades de papa se obtuvo con la primera categoría; la variedad “Atlanta” con un peso de 305.96 g, “Granola” con 247.07 g y la variedad “Soloma” con 158.38 g. El menor peso de los minitubérculos se obtuvo en la cuarta categoría en las tres variedades de papa (“Atlanta” 2.26 g, “Soloma” 7.19 g

y “Granola” 19.29 g) (Figura 9). Según Vander Zaag (1987), a partir de la semilla básica se requieren cinco años o cinco ciclos agrícolas para producir tubérculo semilla certificada, para usarse en la producción comercial de papa. Gámez (2017), concluyó que en la medida que se incrementa el número de tallos, aumenta la cantidad de minitubérculos por planta, pero disminuye el peso promedio por minitubérculos.

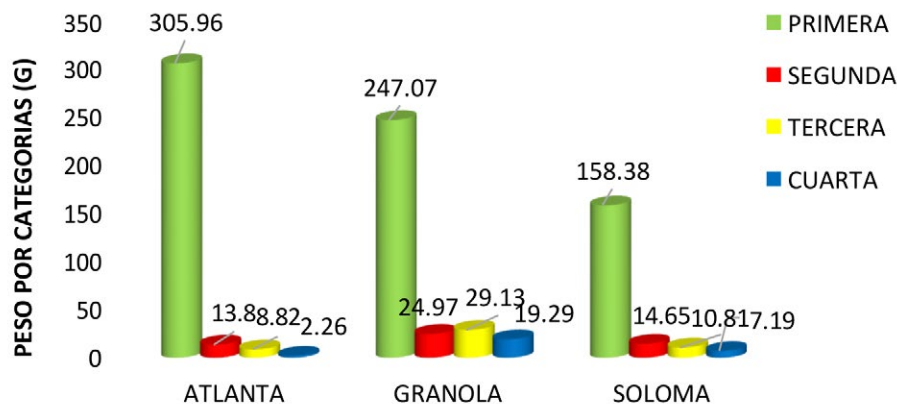


Figura 9. Peso de los minitubérculos de papa por categorías.

CONCLUSIONES

La interacción de la variedad “Soloma” con cuatro tallos, presentó los mejores resultados con 28.5 minitubérculos.

La variedad “Granola” obtuvo tres minitubérculos en relación a dos y cuatro tallos, seguido por la variedad “Soloma” con dos minitubérculos con relación a tres tallos.

Los mejores pesos de los minitubérculos se obtuvieron en la interacción de la variedad “Atlanta” y el Testigo con un promedio de 339 g.

La producción por m^2 de la variedad “Soloma” (generación tres) fue de 760 minitubérculos, seguido por la variedad “Granola” con 740 minitubérculos.

El rendimiento por m^2 de la variedad Atlanta (Generación tres) fue de $3.87 \text{ kg}/m^2$.

La primera categoría con la variedad “Atlanta”,

desarrollo 87 minitubérculos, seguido por la variedad “Soloma” con 82 minitubérculos.

La primera categoría con la variedad “Atlanta” obtuvo un peso de 305.96 g, seguido por la variedad “Granola” con 247.07g.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E. 1978. The potato crop. The scientific basis for improvement. 2ed. Harris and Hall, Londres, Inglaterra. 4 p.
- Argüelles, J; Carvajal, G. 2013. Estadística y diseño de experimentos Aplicaciones prácticas para diseño de experimentos en sistemas agropecuarios tropicales. 1 ed. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Bogotá. Colombia. 81, 83 p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú). 1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Lima, Perú. 3-11 p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Ecuador). 2015. Manual para la producción de semilla de papa

- usando Aeroponía (en línea). Consultado. 31 may. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com.pdf>
- Gámez, Y. 2017. Efecto del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Royal (en línea). Tesis Ing. Agr. Cuba, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Consultado 10 mar. 2019. disponible en <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7985/yenisey%20g%c3%a1mez%20borr%c3%a1s.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2018. Anuarios de Estadísticas Agropecuarias 2017-2018. Santa Tecla, El Salvador. Consultado 27 ene. 2021. Disponible en <https://www.mag.gob.sv/direccion-general-de-economia-agropecuaria/estadisticas-agropecuarias/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2015. Boletín climatológico, Anual 2015. El Salvador. 16 p.
- Pérez, MA. 2018. Principios básicos de olericultura. 1 ed. San Salvador, El Salvador. 33, 98-102 p.
- Pumisacho, M. 2002. El cultivo de papa en el Ecuador. INIAP. p. 36, 76 - 80.
- Struik, C; Wiersema, G. 1999. Sedd Potato Technology. Ed. Wageningen Pers, Wageningen. México. 45 p.
- Vásquez, W. 2017. Evaluación de tres variedades de papa (*solanum tuberosum* l.), tres densidades de siembra y dos sustratos para producción de semilla prebásica (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 23 mar. 2020. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/11870/1/13101667..pdf>
- Vander Zaag, DE. 1987. La papa de siembra: fuente de suministro y forma de utilizarla (en línea). Consultado 1 de abr. 2019. Disponible en <https://books.google.com.sv/books/pdf>
- Wiersema, G. 1981. Efecto de la densidad del tallo en producción de papa boletín de información técnico 1, Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. Consultado 26 mar. 2019. Disponible en <https://cipotato.org/es/pdf>



Artículo científico

Evaluación del efecto de dos concentraciones de Acetato de Trembolona y Benzoato de Estradiol administrados mediante implante subcutáneo sobre el desempeño de bovinos de 1 a 3 años en pastoreo

Evaluation of the effect of two concentrations of Trembolone Acetate and Estradiol Benzoate administered by subcutaneous implantation on the yield of grazing 1-3 year old bovines

Hernández-Larromana, J.¹, Durán, I.¹, Palacios-López, F.¹, Leyton-Barrientos, L.²

Correspondencia:
ve.jairoduran@gmail.com
jdlarromana53@gmail.com
Xsk8ster@gmail.com
ludwing.leyton@ues.edu.sv

Presentado:
1 de febrero de 2021
Aceptado:
29 de marzo de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente Asesor.

RESUMEN

Este estudio consistió en evaluar el uso de implantes subcutáneos de diferentes concentraciones de Acetato de Trembolona en combinación con Benzoato de Estradiol en la ganancia de peso en bovinos de 1 a 3 años en pastoreo. Se desarrolló en Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La fase de campo tuvo una duración de ciento quince días, tiempo suficiente para asegurar una completa absorción del producto. Se utilizaron 21 bovinos sanos divididos en 3 grupos de 7 cada uno, a dos de los grupos, se les aplicó 2 tipos de implantes subcutáneos con diferentes concentraciones de Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T_1), Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T_2) y al tercer grupo, no se le aplicó ningún implante (T_3) y sirvió como grupo testigo. Se evaluó la ganancia de peso vivo, tasa de ganancia semanal (TGS) y constantes fisiológicas. Uno de los principales resultados fue la TGS, sin significancia estadística y cuyos promedios fueron los siguientes: T_1 y T_2 obtuvieron 2.9 kg y el T_3 obtuvo 2.3 kg. Se concluyó que los animales implantados con diferentes concentraciones, tanto el T_1 y T_2 obtuvieron mayor peso en comparación a los animales a los que no se les aplicó ningún implante (T_3), pero no lo suficiente para ser estadísticamente significativo. Se concluyó también que no hubo rechazo del implante por parte de los animales, ya que las constantes fisiológicas estuvieron dentro de los rangos normales.

Palabras clave: Bovinos, Implantes hormonales, Acetato de trembolona, Benzoato de estradiol, pastoreo.

ABSTRACT

This study consisted of evaluation of the use of subcutaneous implants of different concentrations of Trenbolone Acetate, in combination with Estradiol Benzoate, on weight gain of 1-3 years old grazing cattle. The study was carried out at the Experimental Station of the School of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The field phase lasted one hundred

and fifteen days, enough time to ensure complete absorption of the product. Twenty-one healthy cattle were divided into three groups of seven each. Two of the groups received two types of subcutaneous implants with different concentrations of Trenbolone Acetate 140 mg + Estradiol Benzoate 20 mg (T1), Trenbolone Acetate 200 mg + Estradiol Benzoate 28 mg (T2) and the third group did not receive any implant (T3) and served as control group. Live weight gain, weekly rate of gain (WGR) and physiological constants were evaluated. One of the main results was the WGR, whose average values were as follows: Groups T1 and T2 gained 2.9 kg. The control group T3 gained only 2.3 kg. It was concluded that the animals implanted with different concentrations, both T1 and T2, gained more weight as compared to the animals that did not receive any implant (T3). However, this difference was not statistically significant. It was also concluded that there was no rejection of the implant by the animals, since the physiological constants were within normal ranges.

Key words: Bovines, Hormonal Implants, Trenbolone Acetate, Estradiol Benzoate, grazing.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, no se cuenta con ganado especializado en la producción de carne. Por tanto, se utilizan animales de descarte o bien, encastes con predominancia de razas cebuinas. La distribución de la carne bovina se realiza principalmente en mercados municipales y supermercados. Los índices de productividad bovina en El Salvador (subsistencia y semitecnificada) son bajos y los factores principales están asociados a la nutrición deficiente y la sanidad del hato nacional (BCR 2016).

Es necesario desarrollar formas o métodos, para poder obtener carne de una forma menos costosa y más rápida, sin que esto implique riesgos a la salud humana o del animal. Uno de esos métodos es la utilización de anabólicos, es decir hormonas o sustancias análogas a las hormonas, que estimulan el crecimiento mediante el anabolismo proteico que es traducido en una mayor cantidad de músculo y menor cantidad de grasa (Blanco 2014). Según Correal (2009), es posible obtener un ritmo de crecimiento máximo al suministrar combinaciones de agentes anabólicos de carácter estrogénico y androgénico. En novillas y vacas de desecho, los mejores resultados obtenidos se han producido mediante el suministro de andrógenos solos o combinados con estrógenos.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de un promotor hormonal de crecimiento en la ganancia de peso en bovinos de 1 a 3 años en condiciones de pastoreo típicas de una ganadería doble propósito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, duración y unidades experimentales

El estudio se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, con coordenadas Latitud Norte 13° 06' y Longitud Oeste 89° 06', a una elevación de 48 metros sobre el nivel del mar (msnm), con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual de 28°C, humedad relativa de 76% y una velocidad del viento de 8 km/h. El estudio tuvo una duración de 115 días, a partir de la primera semana de julio a la cuarta semana de octubre del 2019. Las unidades experimentales fueron bovinos de 1 a 3 años, en el ensayo se utilizaron 21 bovinos (7 por cada tratamiento), divididos en dos tratamientos con diferentes concentraciones de Acetato de Trembolona y Benzoato de Estradiol y un tratamiento testigo.

Metodología de campo

Selección de unidades experimentales

Los animales tomados en cuenta en este estudio fueron aquellos cuyas edades estaban comprendidas entre 1 a 3 años, se procuró la mayor homogeneidad entre sus pesos, los cuales promediaron 192 kg, además se aceptaron animales con 26 kg por encima del promedio y con 28 kg por debajo del promedio, con historia clínica saludable, condición corporal superior a 2.5 y preferentemente machos, aunque se incluyeron igual número de hembras por tratamiento,

es decir, 2 hembras por cada tratamiento y con poca aptitud racial para producción de leche. Fueron seleccionados preliminarmente 24 animales y se generó una base de datos con todas las características de estos, para luego ser repartidos en tres grupos de evaluación, lo más homogéneos posibles en relación al peso corporal y edad. Se utilizó la misma proporción de animales, es decir, se utilizó por cada tratamiento cinco machos y 2 hembras.

Descripción y productos utilizados en la investigación

Las hormonas que se utilizaron en la investigación, fueron: a) Acetato de Trembolona y b) Benzoato de Estradiol. Estas hormonas estaban combinadas en forma de pellets, de la siguiente manera: 1) producto con concentraciones de Acetato de Trembolona (140 mg) + Benzoato de Estradiol (20 mg), contenidos en 1 dosis (7 pellets) y, 2) producto con concentraciones de Acetato de Trembolona (200 mg) + Benzoato de Estradiol (28 mg), contenidos en 1 dosis (10 pellets). Además, estas hormonas están indicadas como promotor de crecimiento y de ganancia diaria de peso, que optimiza la conversión alimenticia en becerros, novillos y vaquillas y reduce el período de finalización de animales adultos (Lapisa, 2015).

Manejo Zootécnico

Debido a que este estudio estuvo orientado a evaluar la ganancia de peso de animales en crecimiento en condiciones de pastoreo, el manejo que recibieron las 21 unidades experimentales fue el mismo que se brinda de forma cotidiana y permanecieron mezclados con el resto de los animales presentes en la Estación Experimental y de Prácticas, siendo este semi estabulado.

Toma de datos

A cada animal se le generó una ficha individual que contenía la identificación por número de inventario, fecha de nacimiento y encaste, esto con el propósito de registrar semanalmente los siguientes datos: ganancia de peso, peso vivo, temperatura corporal, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y

movimientos ruminales.

Metodología estadística

Se implementó en siete animales T_1 : MAXIBEED[®] (7 comprimidos que equivalen a 140 mg de Acetato de Trembolona y 20 mg de Benzoato de Estradiol), en otros siete T_2 : MAXICHOICE 200[®] (10 comprimidos que equivalen a 200 mg de Acetato de Trembolona y 28 mg de Benzoato de Estradiol), y en los últimos siete, T_3 : no se implementó nada (testigo). En total, se ejecutó el estudio en 21 bovinos. Los animales tenían pesos iniciales similares, cuyo Coeficiente de Variación (C.V.) fue de: 8.8% es decir, estadísticamente los pesos iniciales eran muy similares entre sí. Y en vista que los pesos iniciales eran similares; independientemente del tratamiento recibido, todos los bovinos permanecieron juntos durante el estudio y, no hubo ninguna fuente de variación adicional a la aplicación.

Las variables en estudio fueron: a) peso vivo semanal (kg); b) tasa de ganancia semanal (kg); c) constantes fisiológicas (latidos, movimientos ruminales, respiraciones y temperatura/ minuto); d) estimación de consumo (MS estimada/animal/día). Para determinar cuál análisis de varianza (ANVA) debía ejecutarse, se validó uno de los supuestos del ANVA: la normalidad. Para esto se ejecutó la prueba de normalidad según Shapiro-Wilks modificado. Debido a que el supuesto de normalidad no se cumplió, se ejecutó un ANVA no paramétrico según la prueba de Kruskal-Wallis. Todas las pruebas inferenciales se ejecutaron en el programa estadístico InfoStat versión 2020, con un nivel de significancia del 5% (0.05). Los estadísticos descriptivos se ejecutaron en Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores productivos evaluados en la investigación fueron: el peso vivo semanal y la Tasa de Ganancia Semanal (TGS). Como mediciones de control, se monitorearon los movimientos ruminales, temperatura corporal, frecuencias respiratorias y cardíacas.

Peso vivo semanal

En los experimentos con bovinos es difícil garantizar que todos los elementos involucrados tengan pesos iniciales exactos. En esta investigación se seleccionaron pesos iniciales similares, cuya desviación estándar fue ± 17.5 kg, que equivale a un coeficiente de variación de: 8.8%, es decir, estadísticamente los pesos iniciales eran muy similares entre sí.

En todas las mediciones semanales, los pesos promedios del tratamiento 1 siempre fueron superiores. En el caso de los elementos que no recibieron ningún estímulo (tratamiento 3), los pesos en la semana 1 fueron superiores a los del tratamiento 2, pese a ello, en la semana 6, el tratamiento 2, ya había sobrepasado a los bovinos del Tratamiento 3 (Figura 1). Según Odeón y Romera (2017), existen hormonas glucocorticoides que se producen cuando hay estrés en el animal, pero la principal es el cortisol. Esta afecta directamente en la producción, reproducción y salud del animal. Menciona también

que las principales causas que pueden generar estrés en el animal están relacionadas con factores ambientales, de salud, de alimentación y manejo. Durante la investigación, los animales tuvieron manejo de parte de los estudiantes por prácticas de laboratorio. También, los animales fueron sometidos a manejo diario para movilizarse de un potrero a otro. Las unidades experimentales que tuvieron mayor manejo al iniciar la investigación fueron aquellos a los que se les aplicó el implante subcutáneo y, muchos de ellos, no estaban acostumbrados al manejo. Por tanto, los niveles de cortisol producidos por los animales pudieron haber sido altos e inferir en la ganancia de peso temprano. Cooke (2009) menciona que existe una respuesta negativa del ganado a la presencia humana y a las actividades de manejo, lo que altera su temperamento, esto a su vez puede provocar cambios en su fisiología corporal y en la producción de hormonas durante los momentos de tensión. Estos cambios normalmente van en detrimento de su crecimiento, reproducción, calidad de la canal y salud general.

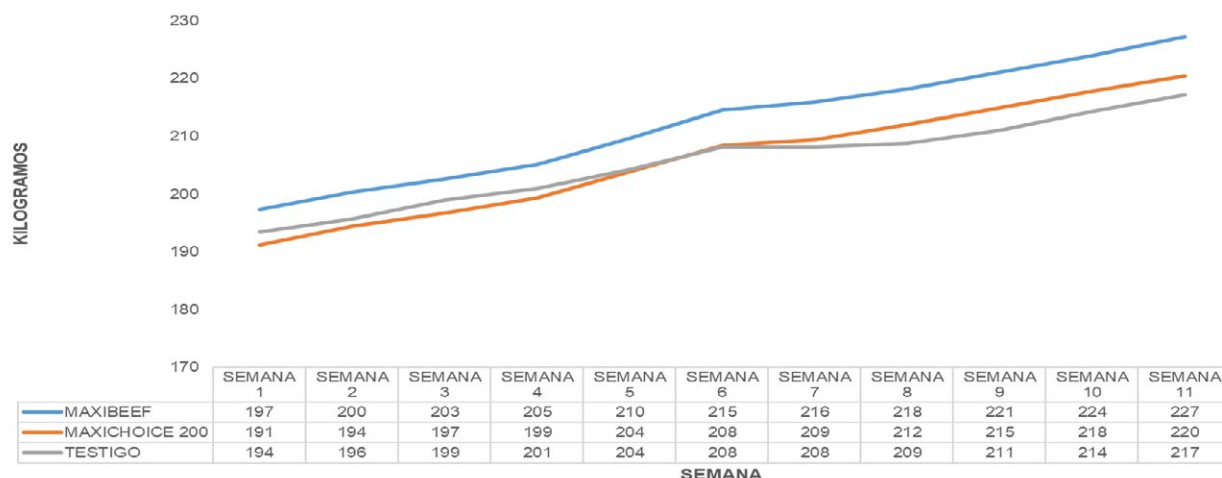


Figura 1. Medias de pesos semanales según tipo de tratamiento

Tasa de Ganancia Semanal (TGS)

Las TGS son la diferencia entre, el peso de una semana posterior y una anterior. El resultado de esa operación es la cantidad de kilogramos que los bovinos ganaron en el periodo de una semana (Figura 2). Excepto en

la semana 3, 10 y 11, las TGS de los elementos del tratamiento 3 siempre fueron inferiores respecto al tratamiento 1 y tratamiento 2. De modo que existen mayores incrementos de peso cuando se ocupan estos estímulos.

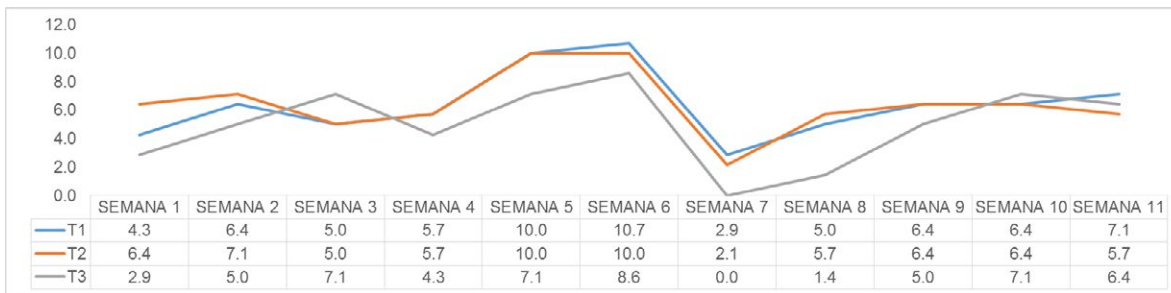


Figura 2. Medias de tasas de ganancia semanal según tipo de tratamiento

Para determinar si estas diferencias en las TGS fueron significativas o no, se procedió a validarlas mediante la estadística inferencial en el programa estadístico InfoStat. Se verificó el supuesto de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Como p-valor fue inferior al nivel de significancia de la investigación (<0.05), entonces se acepta la hipótesis alterna: los datos no cumplen con el supuesto de normalidad. Esto quería decir que debía aplicarse un Análisis de Varianza (ANVA) no paramétrico. Por tanto, se ejecutó la prueba de Kruskal Wallis y se obtuvo así, un resultado de $p=0.2020$. Como, p-valor fue superior al nivel de significancia de la investigación (<0.05), entonces se acepta la hipótesis nula: los tratamientos no tienen diferencias significativas en las TGS. De este modo se establece que estadísticamente el efecto provocado por la aplicación de los implantes del Tratamiento 1 o del Tratamiento 2 en comparación con su ausencia de uso, no es significativo.

Como lo menciona Sánchez (2008), (Saravia y Cruz 2003), Estrada (2010) y FAO (2010), que los factores que afectan el crecimiento y engorde de los bovinos son: genética, alimentación, manejo y ambiente. En este caso particular, se utilizaron animales que iban a ser subastados en corto tiempo, por tanto, no era prioridad su manejo y no recibieron ningún tipo de suplementación. Además, todos fueron sometidos a estrés de manejo producto de las prácticas académicas. La alimentación de estos animales fue basada en pastos de los corrales correspondientes a la rotación en la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Caldas (2017), realizó un estudio similar a esta investigación, el cual consistió en utilizar un implante que contiene 200 mg de Acetato de Trembolona y 28 mg de Benzoato de Estradiol, dividió a los animales en 4 grupos, no hubo peso ni encastes similares, y se separaron por procedencia (sierra y selva) y edad dentaria (dientes de leche y dos dientes). A los cuatro grupos, se les inyectó el implante. En esta investigación, se evaluó la ganancia de peso vivo, no se obtuvo diferencia estadística significativa a pesar de que mostró una ligera diferencia. Este autor señala que uno de los factores que pudieron haber afectado el rendimiento de los animales, fue el manejo brindado a estos, a pesar de estabular a los animales y darles alimento especial para engorde. A diferencia de Caldas, no se dio un alimento especial, tampoco se estabuló y además hubo diferentes concentraciones de implantes, no obstante, la diferencia no fue significativa entre los tratamientos con implantes con respecto al testigo puesto que, uno de los factores que influyen en la ganancia de peso vivo, es el manejo, mencionado por Saravia y Cruz (2003).

Un estudio realizado por Hojas (2004), midió la ganancia de peso diario de animales implantados de compuestos hormonales con 200 mg de propionato de testosterona y 20 mg de benzoato de estradiol y 140 mg de Acetato de Trembolona y 36 mg de Zeranol, pasto a libre consumo, y sales minerales a libre disposición durante todo el experimento, al final la investigación registró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de los animales implantados, con respecto al grupo testigo. Asimismo, Hojas (2004) tomó en cuenta la genética de los animales y separó híbridos (Angusx Hereford) y biotipo frisón, y obtuvo diferencias estadísticamente significativas, el biotipo

híbrido generó la mayor ganancia de peso diaria por animal, por lo tanto, la genética es un factor importante que influye en el crecimiento y engorde de los animales, tal como lo dice Sánchez (2008).

Las TGS fueron estadísticamente similares entre tratamientos, con esto se determinó la cantidad de kilogramos que un estímulo tiene de diferencia sobre los demás. Durante las 11 semanas, el tratamiento 1 y 2, produjeron en promedio 0.63 kg semanales más que el tratamiento 3. De modo que, en las 11 semanas, tratamiento 1 y 2 produjeron en promedio 7 kg más por bovino, comparado con el tratamiento 3.

El promedio de la Tasa de Ganancia Semanal fue registrado cada 7 días para los tres tratamientos en estudio. La TGS del tratamiento en el que se ocupó, tanto el tratamiento 1 como el tratamiento 2, fue

2.9 kg (Figura 3). Arias (2013), sostiene que, en un programa de implantes, los animales deben tener una TSG mínima de 0.7 kg/día, es decir, 4.9 kg cada 7 días. Esto significa que los tratamientos con implantes están 2 kg por debajo del rango mínimo establecido; al no obtener la TGS mínima, la respuesta del programa de implantes será reducida o muy insignificante. También, explica que los animales implantados con Acetato de Trembolona y Benzoato de Estradiol tienen mayores requerimientos de proteína. Para una máxima respuesta productiva sugiere un implante terminal de potencia alta con un nivel de proteína cruda de al menos un 13%. Según el examen bromatológico, el pasto con el que alimentaron a las unidades experimentales en estudio, contenía un 7.25% de proteína cruda.

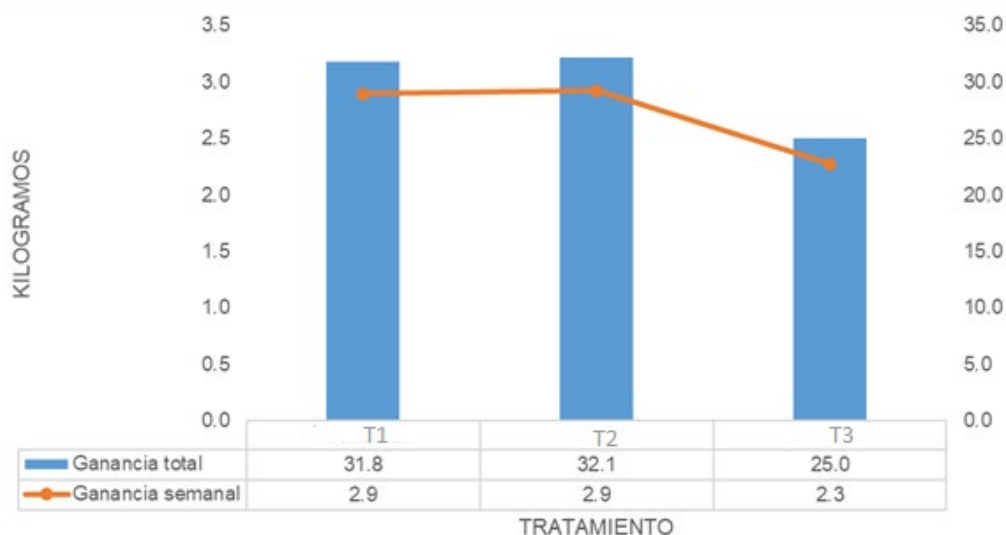


Figura 3: Medias de las ganancias totales de peso y tasas de ganancia semanal

Estudios previos realizados por Hernández *et al.* (2007), sostienen que mientras el pasto es más joven (21 días), produce una mayor cantidad de proteína cruda (20.85%), comparado con los pastos de mayor edad (28 días con 14.81% y 35 días con 12.81%). Por tanto, el pasto con el que se alimentaron las unidades experimentales, eran pastos viejos, con un nivel de proteína cruda baja y estos influyeron en la TGS y en la ganancia de peso.

Constantes fisiológicas

Para establecer un cambio dentro de las constantes fisiológicas, se tomó de referencia los rangos establecidos por Cano Celada (s.f.) comparando el Cuadro 1, con los promedios obtenidos (Cuadro 2) dentro de las mediciones semanales de cada constante. La temperatura corporal (°C), la frecuencia cardíaca (latidos/minuto) y los movimientos ruminales (movimientos/minuto) promedio de cada

uno de los tratamientos, no reflejaron alteraciones al compararlos con los rangos máximos y mínimos establecidos por Cano Celada (s.f.). La frecuencia respiratoria en los tres tratamientos tuvo un ligero incremento al rango normal, pero tal como menciona

Ruvalcaba *et al.* (2019) en su investigación, que los animales que son mantenidos bajo radiación solar directa y en horario diurno y manejados bajo estas condiciones, provocan alteraciones en sus constantes fisiológicas.

Cuadro 1. Rangos de constantes fisiológicas de bovinos

Constante fisiológica / Rango	Mínima	Media	Máxima
Temperatura Corporal (°C)	37.7	38.5	39
Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto)	40	60	80
Frecuencia Respiratoria (respiraciones/minuto)	10	23	30
Movimientos Ruminales (Movimientos ruminales/minuto)	2 a 3 Movimientos ruminales/2 minutos		

FUENTE: Cano Celada (s.f.)

Cuadro 2. Valores promedio obtenidos durante la Investigación

Constantes fisiológicas / Tratamiento	T1	T2	T3	Rangos
Temperatura Corporal (°C)	38.74	38.72	38.71	37.7 - 39
Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto)	64.7	64.7	68.4	40 - 80
Frecuencia Respiratoria (respiraciones/minuto)	34.5	34.3	37.8	10 - 30
Movimientos Ruminales (Movimientos ruminales/minuto)	1.35	1.4	1.39	2 a 3

CONCLUSIONES

Los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T₁) con 31.8 kg y Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T₂) con 32.1 kg, obtuvieron mayor ganancia de peso promedio durante toda la investigación, en comparación a los animales del tratamiento testigo (T₃) con 25 kg pero, no lo suficiente para ser resultados estadísticamente significativos.

Los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T₁) y Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T₂), ambos tratamientos con 2.9 kg, obtuvieron mayor tasa de ganancia de peso semanal promedio

en comparación a los animales del tratamiento testigo (T₃) con 2.3 kg pero, no lo suficiente para ser estadísticamente significativos los resultados.

Los promedios de temperatura corporal para los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T₁) fue de 38.74 °C, con Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T₂) con 38.72 °C y para los animales del tratamiento testigo (T₃) fue 38.71 °C, no reflejaron diferencia estadística significativa entre ellos y en correspondencia con los valores de referencia.

Los promedios de frecuencia cardíaca para los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T₁) y con

Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T_2), ambos con 64.7 latidos/min y para los animales del tratamiento testigo (T_3) fue 68.4 latidos/min, sin diferencia estadística significativa entre ellos y en correspondencia con los valores de referencia.

Los promedios de frecuencia respiratoria para los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T_1) fue de 34.5 respiraciones/min, con Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T_2) fue de 34.3 respiraciones/min y para los animales del tratamiento testigo (T_3) fue de 37.8 respiraciones/min, y no reflejaron diferencia estadística significativa entre ellos y en correspondencia con los valores de referencia.

Los promedios de los movimientos ruminales para los animales implantados con Acetato de Trembolona 140 mg + Benzoato de Estradiol 20 mg (T_1) fue de 1.35 movimientos ruminales/min, con Acetato de Trembolona 200 mg + Benzoato de Estradiol 28 mg (T_2) fue de 1.40 movimientos ruminales/min y para los animales del tratamiento testigo (T_3) fue de 1.39 movimientos ruminales/min, sin diferencia estadística significativa entre ellos y en correspondencia con los valores de referencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, R. 2013. Uso correcto de implantes anabólicos en el ganado de carne (en línea). Valdivia, CL. Consultado 25 Mayo 2020. Disponible en: https://www.academia.edu/5439882/Uso_correcto_de_implantes_anab%C3%B3licos_en_el_ganado_de_carne_2013?email_work_card=view-paper
- Banco Central de Reserva (BCR). 2016. La transformación productiva en el sector agropecuario: Una herramienta para el crecimiento económico en el área rural de El Salvador (en línea). San Salvador, SV. Consultado 20 Julio 2018. Disponible en: <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/1105524910.pdf>
- Blanco R. 2014. Anabolismo y Crecimiento (en línea). México DF, MX. Consultado 12 Junio 2018. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/Anabolismo-y-Crecimiento-Parte-I>
- Caldas R, S. 2017. Peso vivo y rendimiento de carcasa en toretes con acetato de trembolona y benzoato de estradiol en el establo La Libertad. Tesis Lic. En Medicina Veterinaria. UNHEVAL, Huánuco, PE. 64p.
- Cano Celada, J.P., s.f. Manual de prácticas de clínica de los bovinos 1. PRACTICA 1 EXAMEN CLINICO. (en línea). Consultado 20 Mayo 2020. Disponible en: https://fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/Manuales/22_CLINICA_BOVINOS.pdf
- Cooke, R. 2009. Temperament and performance of Beef Cattle. Beef Cattle Science, Beef Cattle Library. Oregon, US. 5 p.
- Correal, H. 2009. Uso de anabólicos en bovinos (en línea). Cundinamarca, CO. Consultado 20 Abril 2018. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/27-anabolicos.pdf
- Estrada, S. 2010. Manejo productivo de un sistema intensivo de engorde bovino "Feedlot" en la hacienda Meyer Ranch (Dakota del Norte, Estados Unidos) (en línea). Antioquia, CO. Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/364/1/Manejo_productivo_feedlot_Estados_Unidos.pdf
- FAO, 2010. Manejo sanitario eficiente del ganado bovino y sus principales enfermedades (en línea). Managua, NI. Consultado 18 de Julio 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as497s/as497s.pdf>
- Hernández, M.; Torres, M.; Torres, A. 2007. Evaluación del efecto de la fertilización y la edad del corte en la composición nutricional de tres pastos en la zona costera de El Salvador (en línea). Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1603/1/13100076P.pdf>
- Hojas G, A. 2004. Evaluación de dos compuestos hormonales en la engorda de vaquillas (en línea). Valdivia, CH. Consultado el 10 Noviembre de 2018. Disponible en: <http://>

cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fah719e/pdf/fah719e.pdf?fbclid=IwAR213-8PutXEHqcfSt344mlqqVOnGwgk7y41f-dATb1DB_F8fMpL3xNiCkQ

Lapisa SA de SV. 2015. Maximice su Inversión (en línea). La Piedad, Guadalajara, MX. Consultado 15 Septiembre 2018. Disponible en: http://www.lapisa.com/assets/recursos/Lit_ImplantesLapisa.pdf

Odeón, M.; Romera, S. 2017. Estrés en ganado: causas y consecuencias (en línea). Corrientes, AR. Rev. 28: 1, 69-77. Consultado 15 julio 2020. Disponible en: <http://www.vet.unne.edu.ar/uploads/revistas/archivos/2ba2d560dcb74c9c101c18f3ce-4fa41aa7d20e4e.pdf>

Ruvalcaba A, M.; Villaseñor G, F.; Flores L, H.; Espinosa M, M.; Vargas C, A.; Montes O, L.; Fernández G, J.; Romo F, L. 2019. Factores que modifican las constantes fisiológicas, el consumo de alimento y el consumo de agua en ovinos en crecimiento (en línea). Guadalajara, Jalisco, MX. Consultado 20 Mayo 2020. Disponible en: <https://www.engormix.com/ovinos/articulos/mvz2018c-factores-modifican-constantest43407.html>

Sánchez, F. 2008. Crecimiento y Desarrollo (en línea). Buenos Aires, AR. Consultado 25 Mayo 2019. Disponible en: http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/crecimiento_y_desarrollo_-_zootecnia.pdf

Saravia, C.; Cruz, G. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal (en línea). Montevideo, UY. Consultado 15 Octubre 2018. Disponible en: http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/662_academicas__academicaarchivo.pdf



Artículo científico

Evaluación del efecto de heno de Vigna (*Vigna sinensis* L.) y dos niveles de proteína no degradable en el rumen en la alimentación de novillas Holstein en desarrollo sobre el consumo, crecimiento y eficiencia de nutrientes

Evaluation of the effect of Vigna hay (*Vigna sinensis* L.) and two levels of non-degradable protein in the rumen in the feeding of developing Holstein heifers on consumption, growth and nutrient efficiency

Moreno-Minero, C.A.¹, Martínez-Mejía, A.M.¹, Alvarado, M.E.¹, Rodríguez-Melara, J.A.¹, Mendoza, M.V., López, F.², Corea-Guillén, E.E.¹

Correspondencia:

losmilagrosexisten2011@hotmail.com
carlos07_amm@hotmail.com
andremmejia@hotmail.com
jorge.rodriguezvet@gmail.com
elmercorea@hotmail.com
manuel.mendoza@ues.edu.sv

Presentado:

12 de febrero de 2021

Aceptado:

1 de abril de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia.

2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola.

RESUMEN

La investigación se desarrolló de febrero a julio 2018 y consistió en evaluar el crecimiento, consumo y digestibilidad de nutrientes en 32 novillas Holstein en desarrollo con 6.5 meses de nacidas y 168 kg de peso vivo. El estudio se realizó en el departamento de Sonsonate, El Salvador. Se utilizaron cuatro tratamientos con dos fuentes forrajeras: vigna (*Vigna sinensis*) o pangola (*Digitaria decumbens*) a 25% de materia seca y dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR): 26% y 36% de proteína cruda (PC). Las dietas contenían 35% de zacate King Grass (*Pennisetum purpureum*). El ensayo duró 10 semanas. Se analizó y determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y ceniza, nitrógeno y creatinina. Los datos se examinaron con un modelo general lineal y un arreglo factorial de 2 x 2 con SAS 9.4 (<0.05). Los principales resultados fueron que la inclusión de heno de vigna incrementó el consumo de MS (6.94 a 7.37kg), Materia Orgánica (MO) (6.18 a 6.54kg), PC (896 a 951g) y FND (1.72 a 1.84kg), mientras que a nivel de digestibilidad total aparente se obtuvo incrementos en MS (63.6 a 67.6 %), MO (66.5 a 70.2 %), FND (55.9 a 59.7 %) y FAD (49.5 a 55.1 %), a nivel de excreción se tuvo un aumento en la orina y una disminución a nivel de excreción fecal; mientras que a nivel del desempeño, eficiencia y costo se observó un efecto positivo del uso de vigna sobre la ganancia de peso diaria y sobre el costo de alimentación por kilogramo de peso ganado. Las conclusiones principales fueron que la inclusión de heno de vigna en la dieta mejoró la ganancia diaria de peso y disminuyó los costos de alimento por kilogramo de ganancia diaria de peso. La sustitución de pasto pangola por vigna en la dieta permite incrementar el consumo y la digestibilidad de nutrientes, así como mejorar la eficiencia y el desempeño en

novillas Holstein en desarrollo.

Palabras clave: Vigna, novillas Holstein, PNR, Pangola, consumo, eficiencia, crecimiento.

ABSTRACT

The research was conducted from February to July 2018 and consisted of evaluation of growth, feed intake and nutrient digestibility in 32 developing Holstein heifers at 6.5 months after birth and 168 kg live weight. The study took place in the department of Sonsonate, El Salvador. Four treatments were used utilizing two different forage sources: Vigna (*Vigna sinensis*) or Pangola (*Digitaria decumbens*) at 25% dry matter (DM) and two levels of rumen undegradable protein (RUP): 26% and 36% crude protein (CP), respectively. The diets contained 35% King Grass (*Pennisetum purpureum*). The trial lasted 10 weeks. Dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ash, nitrogen and creatinine were determined. Data were analyzed by a general linear model and a 2 x 2 factorial arrangement with SAS 9.4 (<0.05). The main results were that the inclusion of Vigna hay increased DM (6.94 to 7.37kg), organic matter (OM) (6.18 to 6.54kg), CP (896 to 951g) and NDF (1.72 to 1.84kg). At the level of total apparent digestibility, there were increases in DM (63.6 to 67.6 %), OM (66.5 to 70.2 %), NDF (55.9 to 59.7 %) and FAD (49.5 to 55.1 %). At the level of excretion, there was an increase in urine and a decrease of fecal excretion. Regarding performance, efficiency and cost, there was a positive effect of the use of Vigna on daily weight gain and on feed cost per kilogram of weight gained. The main conclusions were that the inclusion of Vigna hay in the diet improved daily weight gain and decreased feed cost per kilogram of daily weight gain. In addition, substitution of Pangola Grass for Vigna in the diet increased nutrient intake and digestibility, as well as improved efficiency and performance in developing Holstein heifers.

Key words: Vigna, Holstein heifers, RUP, Pangola, consumption, efficiency, growth.

INTRODUCCIÓN

En El Salvador, uno de los rubros económicos más importantes actualmente es la ganadería lechera, ya que en el año 2017 las exportaciones anuales de lácteos y derivados alcanzó la cifra de USD \$18,499,122, mientras que las importaciones alcanzaron cifras de USD \$223,673,312 (MAG 2018). Esto indica que hay una gran demanda no cubierta por la producción local, por tanto, es necesario incrementar la productividad por medio de estrategias que permitan optimizar la alimentación para propiciar mayor crecimiento y producción láctea, siendo necesario explorar fuentes alternas de proteínas disponibles localmente y a bajo costo, por ejemplo: las leguminosas (Arteta y Zamora 2005), cómo vigna (*Vigna sinensis* L.) que presentan buenas características y han sido mezcladas con sorgo o maíz en ensilados para incrementar el contenido proteico (Castillo *et al.* 2009).

En la Universidad Estatal de Pennsylvania, se completó un estudio que investigó las proporciones de proteína - energía en las dietas de novillas prepúberes. Evaluaron los efectos de proteína - nivel de energía en la dieta arriba de las recomendaciones del NRC (2001)

en novillas entre seis y 12 meses de edad. El estudio reporta que el incremento de la proteína - energía en dieta de cinco a 6.12 de proteína cruda: 1 Mcal ME/Kg aumentó las tasas de crecimiento y mejoró la eficiencia alimenticia (Lammers 1998).

Además de la adición de leguminosas, la calidad de la proteína juega un papel importante en el desempeño del ganado lechero. Un estudio realizado en Brasil por Silva *et al.* (2018a) reportó que 51% de proteína no degradable en el rumen (en relación a la proteína total de la dieta) parece ser adecuada en la dieta de las vaquillas en crecimiento, ya que optimiza la retención de nitrógeno y el rendimiento en el crecimiento en comparación con 30, 44 y 58%.

En un estudio previo se mostró que la inclusión de vigna en la alimentación de vacas lecheras, no altera la composición ni la producción de nutrientes en la leche; disminuye el costo de la ración, incrementa la utilidad y la digestibilidad, mientras que disminuye la excreción de nitrógeno en orina y en heces (Corea *et al.* 2017). En vacas Holstein de baja producción con condiciones deficientes, aumentaron las cuatro variables en estudio antes mencionadas y

obtuvieron los mejores resultados los animales que incluían vigna en su alimentación (Castro Montoya *et al.* 2017). No obstante, en novillas en desarrollo no hay información disponible al respecto, a pesar de que la crianza permanece como una parte integral de la operación lechera, porque es el método más económico para asegurar la disponibilidad de novillas de reemplazo (Morales y Ramírez 2014). Debido a esto es importante evaluar también la respuesta biológica de las novillas con respecto a la alimentación con heno de vigna y su impacto sobre el crecimiento y la rentabilidad, que es lo más importante en el desarrollo de una estrategia de alimentación.

El presente estudio tuvo como objetivo, evaluar el impacto del uso de heno de vigna y dos niveles de proteína no degradable en el rumen sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes, el balance de nitrógeno y el crecimiento en novillas lecheras en desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación de la zona y descripción del estudio.

La investigación se realizó en la Hacienda San Ramón ubicada en el cantón Agua Caliente, municipio de Caluco, del departamento de Sonsonate, El Salvador, con una latitud: 13°43'08" N, longitud: 89°43'27" O, a una altitud sobre el nivel del mar de 235 m. La fase de laboratorio se ejecutó en el Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se desarrolló entre los meses de febrero a septiembre de 2018.

Se utilizaron 32 novillas Holstein de 6.5 meses de edad con peso promedio de 168 ± 1.8 kg de peso vivo al inicio del experimento. Los animales fueron escogidos por tener historias normales de salud y por ser homogéneas en edad, peso y por su genética.

Las novillas se dividieron en cuatro grupos de ocho animales y se alojaron en módulos de dos jaulas individuales, construidos con tubos de hierro y piso de madera a 0.25 m del suelo para la alimentación individual. Las jaulas se colocaron en una galera de

30 metros de largo x diez metros de ancho, con techo de lámina y piso de concreto.

Metodología de campo.

Distribución de tratamientos

Los cuatro tratamientos estuvieron formados por la combinación de dos fuentes forrajeras: heno de vigna o heno de pangola, con dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR): 26% o 36%.

Los forrajes utilizados fueron heno de pangola (*Digitaria decumbens*) y heno de vigna (*Vigna sinensis*) en una proporción al 25 % en la MS y zacate King Grass (*Pennisetum purpureum*) 35 % en la MS, todos cortados a un tamaño de dos centímetros.

Los concentrados se formularon con harina de maíz, harina de soya, afrecho de trigo y melaza como componentes principales. Se utilizó harina de pescado a 2.58% de materia seca (MS) o urea a 0.75% de MS, para lograr concentraciones dietéticas similares de nitrógeno (N) y para producir concentrados con proporciones contrastantes de proteína no degradable en el rumen (PNR).

La dieta fue balanceada según los requerimientos nutricionales del NRC (2001), para terneras de 160 kg con una ganancia diaria de 800 g/d, para ser isoenergéticas e isoprotéicas, con una relación de forraje a concentración de 60:40 (**Cuadro 1**).

Las terneras recibieron alimento y agua a libre consumo, el alimento ofrecido se ajustó semanalmente para dar lugar a rechazos del 10%.

Muestreo y toma de datos

Se registró el alimento ofrecido y rechazado por cada ternera, este se pesaba dos veces en la semana durante las primeras siete semanas y diariamente durante los últimos siete días de la investigación, para ello se usó una balanza electrónica (Defender 3000 Series D31P150BL, Ohaus, Shanghai, China). El consumo de alimento se determinó pesando lo ofrecido y restando lo rechazado diariamente durante la semana de muestreo.

Cuadro 1. Descripción de las dietas experimentales

	Tratamientos			
	<i>Heno Pangola</i>		<i>Heno Vigna</i>	
	26% PNR	36% PNR	26% PNR	36% PNR
Ingredientes, %				
Materia seca				
Soya	7.43	9.9	2.7	5.16
Afrecho de trigo	8.25	8.25	8.25	8.25
Melaza	6.7	6.7	6.7	6.7
Maíz	13.9	9.62	20.0	15.8
Mineral	0.67	0.67	0.67	0.67
Carbonato de calcio	0.44	0.44	0.44	0.44
Cloruro de sodio	0.44	0.44	0.44	0.44
Grasa sobrepasante	14.3	14.3	-	-
Urea	0.75	-	0.75	-
Harina de pescado	-	2.58	-	2.58
King grass	35	35	35	35
Heno Vigna	-	-	25	25
Heno Pangola	25	25	-	-
Composición nutricional *				
Materia Seca, g/kg	37.1	37.9	37.7	36.9
PC, % MS	12.6	12.6	12.7	12.9
Fibra Neutro Deterg, % MS	51.6	52.0	48.0	49.5
Fibra Acido Deterg, % MS	24.0	23.6	24.7	24.6
Energía Metabolizable Mj/kg	9.9	9.9	10.2	10.2
PNR % PC	28.1	35.9	28.0	36.0

*según análisis de laboratorio.

Materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína no degradable en el rumen (PNR).

En la última semana de la investigación, se recolectaron diariamente 200 gramos de muestras fecales directamente desde el recto de cada ternera y se congeló a -20°C para preservarlas hasta el momento de su análisis. Además, se realizó una colecta total de heces durante seis días consecutivos en la semana de muestreo.

Durante la última semana, las terneras fueron estimuladas por un masaje perineal para obtener muestras de orina de un litro, se utilizó una submuestra de 100 ml a las cuales se les adicionó ácido sulfúrico 20% (v/v) para bajar su pH a tres o menos, fueron filtradas y luego diluidas con agua

destilada en una relación de uno a cinco. Se tomaron muestras triplicadas de 15 ml en tubos plásticos con tapón de rosca, también se almacenó una submuestra no diluida de 15 ml, las cuales se congelaron a -20°C hasta su análisis.

Los animales fueron pesados cada dos semanas (dos días consecutivos) durante el experimento en una báscula para ganado (Gram Zebra, K3 8-3T, España).

La eficiencia de conversión se determinó a través de la relación del consumo de materia seca entre la ganancia media diaria del peso de cada animal.

El análisis del alimento incluyó una muestra de 600

gr de King Grass, heno de Pangola, heno de Vigna, los cuatro concentrados y de la ración total de la dieta cada dos semanas y todos los días durante la semana de muestreo.

Metodología de laboratorio

Análisis de laboratorio

Las muestras de heces y orina fueron descongeladas en el laboratorio y se combinaron en cantidades iguales por cada día de muestreo para ser utilizados en los análisis.

Las muestras de alimento y heces se secaron en una estufa de aire circulante (100-800, Memmert GmbH and Co. KG, Schwabach, Alemania) a 60°C por 48 horas y fueron molidas a un tamaño de partícula de uno mm en un molino de martillo Wiley (Arthur H. Thomas Company, Philadelphia, PA).

El nitrógeno (N) se analizó en alimento seco (rechazos) y en las heces recién descongeladas para estimar la proteína cruda por el método de Kjeldahl, multiplicando la concentración de N por 6.25. El procedimiento se realizó en un equipo de digestión DK y destilación UDK 129 (VELP Scientifica, Italia).

En alimentos, rechazos y heces se determinó fibra neutro detergente (FND, usando amilasa) y fibra ácido detergente (FAD) siguiendo el procedimiento descrito por Van Soest *et al.* (1994) a través de un analizador Ankom 200 (ANKOM technology, Macedon, NY). Se determinó también cenizas por medio de combustión en una mufla (L24/12/P320, Nabertherm, Bremen, Alemania) a 550 °C por 2 h (AOAC 1990).

En las muestras de orina se determinó nitrógeno por método Kjeldahl y también creatinina y ácido úrico por espectrofotometría.

Metodología estadística

Análisis estadístico.

Se utilizó el software SAS 9.4 (SAS institute Inc. Cary, NC, EE. UU.). Los datos se analizaron en un modelo

general lineal en un arreglo factorial dos x dos con cuatro tratamientos y ocho repeticiones y se usó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + PNR_j + F_i * PNR_j + e_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} = variable dependiente, μ = media global, F_i = efecto forraje, PNR_j = efecto de PNR, $F_i * PNR_j$ = interacción de forraje y PNR y e_{ijk} = error residual.

Las diferencias se consideraron significativas a una probabilidad de $P < 0.05$, mientras que una tendencia se declaró en $P \geq 0.05$ a < 0.10 .

Parámetros calculados:

Consumo de alimento (kg MS/d, % de peso vivo); ingesta y excreción fecal de MS, MO, FND, FAD y N (kg/d); digestibilidad aparente total de MS, Cz, FND, FAD y N (%); balance de nitrógeno: N en orina (g/d), N en heces (g/d), N retenido (g/d); ganancia diaria de peso vivo (g/d); eficiencia de conversión (consumo de MS, MO/ganancia de peso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Consumo

La sustitución de heno de pangola por heno de vigna en las dietas de las novillas incrementó el consumo de MS, donde se vio una diferencia de 6.94 a 7.37 kg al incluir heno de vigna, la MO incrementó de 6.18 a 6.54 kg, mientras la PC aumentó de 896 a 951 g y la FAD obtuvo una variación de 1.72 a 1.84 kg ($p < 0.01$), por otro lado, también aumentó el consumo de MS en proporción del peso vivo (3.15 a 3.31 g/kg PV) (Cuadro 2). Sin embargo, no afectó el consumo de FND (3.58 kg para Pangola y 3.55 kg para Vigna).

El consumo de FND fue similar en las novillas que ingirieron tanto heno de Pangola como heno de vigna para saciar sus requerimientos nutricionales, sin embargo, al contener menor FND y FAD el heno de vigna, permitió a las novillas consumir más MS, MO y PC.

La FND por su papel en el llenado y su baja digestibilidad, ha sido propuesta como regulador

del consumo de MS. Hoffman y Bauman (2013) propusieron que las novillas Holstein regulan su consumo a un valor cercano de 1% de FND en relación a su peso vivo, de manera que animales consumiendo dietas con mayor FND disminuyen su consumo. En el presente estudio, las novillas que consumieron dietas con Vigna que contenían menos FND que las dietas

con Pangola con más FND, tuvieron mayor consumo de MS pero igual consumo de FND.

No se observaron efectos significativos de la PNR ni de la interacción Forraje * PNR sobre el consumo de nutrientes.

Cuadro 2. Efecto de la sustitución de heno de Pangola por heno de vigna y de dos niveles de proteína no degradable en el rumen (PNR) sobre el consumo de nutrientes en novillas.

	Pangola		Vigna		EEM	P. Valor		
	PNR 26	PNR 36	PNR 26	PNR 36		Forraje	PNR	Forraje*PNR
MS Kg/d	6.88	7.00	7.39	7.36	0.26	<0.01	0.54	0.33
MS % PV	3.14	3.16	3.35	3.27	0.10	0.04	0.58	0.33
MO Kg/d	6.15	6.21	6.58	6.49	0.21	<0.01	0.71	0.26
PC g/d	891	902	948	954	31.88	<0.01	0.20	0.71
FND Kg/d	3.53	3.61	3.51	3.6	0.05	0.61	0.06	0.95
FAD Kg/d	1.72	1.72	1.86	1.83	0.07	<0.01	0.57	0.45

PNR 280 = 280 gr PNR/kg; PNR 360= 360 gr PNR/kg PC

MS= Materia seca, PV= Peso Vivo; MO: Materia Orgánica; PC: Proteína Cruda; FND: Fibra Neutra Detergente; FAD: Fibra Ácido Detergente; EEM= Error Estándar de la Media.

Digestibilidad

Se encontró un efecto significativo ($p=0.01$) del forraje sobre la digestibilidad total aparente de los nutrientes (Cuadro 3), la inclusión de heno de vigna en lugar de heno de Pangola dio como resultado incremento en la digestibilidad de la MS (63.6 a 67.6 %), MO (66.5 a 70.2 %), FND (55.9 a 59.7 %) y FAD (49.5 a 55.1 %). Pero la digestibilidad de la PC permaneció similar (70.4 para Pangola y 71.0 % para Vigna).

No se observa un cambio de la digestibilidad de nutrientes (MS, MO, PC y FAD) al incrementar la PNR de 280 a 360 gr/kg PC, pero sí una tendencia al incremento de la digestibilidad de la FND con el incremento de la PNR. Por otra parte, no se observan interacciones de los efectos estudiados sobre la digestibilidad de nutrientes.

La digestibilidad aparente total del tracto de MS, MO, FND y FAD presentan un aumento significativo cuando se sustituye heno de Pangola por heno de vigna en la dieta de las novillas. Se reportó que la

digestibilidad de vacas lecheras aumenta con el uso de vigna (Corea *et al.* 2017). Sin embargo, algunos reportes señalan que Vigna no ha producido mejoras en la digestibilidad pero que ha aumentado en consumo en vacas lecheras (Castro-Montoya *et al.* 2017).

Excreción

En el Cuadro 4 puede observarse una leve tendencia de disminución en la cantidad de heces excretadas en los tratamientos que contenían vigna en comparación con los que contenían heno de Pangola, esto debido a una mayor digestibilidad del heno de Vigna en la dieta.

Se observó un aumento significativo en la cantidad de litros diarios de orina y el consumo de nitrógeno que tienden a ser mayores cuando se sustituye heno de pangola con heno de vigna, probablemente debido a que la vigna aumentó el consumo de nitrógeno.

Un estudio de (Corea *et al.* 2017), demostró que la

Cuadro 3. Efecto de la sustitución de heno de pangola por heno de vigna y de dos niveles de PNR sobre la digestibilidad aparente de los nutrientes.

	Heno Pangola		Heno Vigna		EEM	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	PNR	Forraje*PNR
Dap MS %	62.57	64.62	68.25	66.95	2.52	<0.01	0.71	0.13
Dap MO %	65.5	67.59	70.62	69.7	2.29	<0.01	0.56	0.13
Dap PC %	69.98	70.82	71.21	70.7	0.51	0.64	0.88	0.58
Dap FND %	54.17	57.54	58.68	60.77	2.76	<0.01	0.06	0.64
Dap FAD %	47.82	51.11	54.71	55.41	3.51	<0.01	0.24	0.45

Dap MS= Digestibilidad Aparente de Materia Seca; Dap MO= Digestibilidad Materia Orgánica; Dap PC= Digestibilidad Aparente de Proteína Cruda; Dap FND= Digestibilidad Aparente de Fibra Neutro Detergente; Dap FAD= Digestibilidad Aparente de Fibra Ácido Detergente, EEM= Error Estándar de la Media.

excreción de heces, disminuyó significativamente en las dietas que contenían vigna, debido a la mayor digestibilidad de la dieta. También, disminuyeron significativamente los gramos de nitrógeno en las heces y la proporción del nitrógeno consumido, lo cual refleja una mejor utilización del N retenido en el tracto digestivo.

En el presente estudio, no hubo efectos de los factores en estudio sobre el balance de nitrógeno en las novillas ni en cantidades por día ni en porcentaje del nitrógeno consumido.

Además, el Cuadro 4 muestra un efecto significativo del forraje sobre el consumo de nitrógeno, es decir, que al incluir heno de vigna en la dieta incrementa el consumo de nitrógeno, lo cual se relaciona con el mayor consumo de materia seca.

Una investigación realizada por Silva *et al.* 2018b, reportó que al incrementar las cantidades PNR en la dieta disminuyó la excreción urinaria de N, como también fue descrito por (Batista *et al.* 2016), sin embargo, las diferencias de concentraciones de PNR entre tratamientos del presente estudio fueron menores (10%) y esto pudo impedir la observación de diferencias en el balance de N.

Las diferencias en excreciones de nitrógeno pueden deberse a un mayor equilibrio entre la degradación de proteínas ruminal y la síntesis de proteína microbiana, lo que resulta en la producción de

amoníaco ruminal inferior y en consecuencia, una menor excreción urinaria de N (Archibeque 2007; Hristov *et al.* 2013). Al confrontarlo con el estudio en curso puede afirmarse que la inclusión de vigna cambió el consumo, pero no el balance (partición en heces, orina y retenido) de nitrógeno.

Desempeño, eficiencia y costo.

Se observó un efecto positivo del uso de vigna sobre la ganancia de peso diaria (GPD, $p=0.03$) y sobre el costo de alimentación por kg de peso ganado ($P=0.01$, Cuadro 5) pero el tipo de forraje no produjo efectos sobre el costo diario de alimentación, ni la eficiencia de conversión de la MS y de la MO.

Se observó una tendencia a incrementar la GPD y un efecto significativo sobre la eficiencia de conversión de la MO con mayor concentración de PNR en la dieta. Sin embargo, esto aumenta el costo de la ración diaria y tiende a aumentar el costo por kg de peso vivo ganado. Las novillas que se alimentan con heno de vigna y 360 g de PNR/kg de PC, muestran una ganancia de peso diaria superior (111 g/d) con respecto a las novillas que se alimentan con heno de vigna y 260 g de PNR/kg de PC lo cual indica que las dietas con vigna son deficientes en PNR y su adición optimiza la inclusión de vigna en la dieta.

La meta de peso vivo de una novilla a los seis meses de edad es de 160-170 kg (29-30% del peso adulto) (Lanuzza 2006) indica que para dicho período se

Cuadro 4. Excreción de heces, orina y nitrógeno en novillas en desarrollo que consumen dos niveles de proteína sobrepasante y dos tipos de heno.

	Heno Pangola		Heno Vigna		SEM	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	PNR	F*PNR
Heces MS Kg/d	2.58	2.48	2.35	2.43	0.09	0.12	0.82	0.16
Orina L/d	16.73	15.19	21.05	21.29	0.07	<0.01	0.67	0.57
Consumo de N g/d	142.54	144.32	151.6	152.66	5.11	<0.01	0.20	0.71
N en heces g/d	42.78	42.1	43.7	44.73	1.14	0.33	0.92	0.64
N en orina g/d	74.83	73.94	79.89	77.91	2.76	0.27	0.72	0.90
N retenido g/d	24.92	28.29	28.07	30.02	2.12	0.54	0.50	0.86
N heces g/100g NC	30.02	29.18	28.79	29.30	1.86	0.33	0.92	0.64
N orina g/100g NC	52.47	51.17	52.64	51.02	4.04	0.26	0.72	0.90
N retenido g/100g NC	17.51	19.65	18.57	19.68	4.18	0.54	0.50	0.86

NC= Nitrógeno consumido; MS= Materia Seca; N= Nitrógeno; L/d= Litros/día.

espera una ganancia de peso en las terneras que ronde entre los 0,65 y 0,75 kg/día, en el cuadro 5 se puede observar una ganancia de peso superior a la esperada, obteniendo 0.96 kg diarios con Vigna-PNR 360, esto sucedió en el tratamiento donde la alimentación incluía heno de Vigna y harina de pescado, con una mayor eficiencia en la ganancia de peso que llevaría a la ternera a alcanzar el peso, tamaño y vigor adecuado para hembra de reemplazo

en menos tiempo que las de los otros tratamientos.

Se observó un incremento en el costo del alimento en las dietas con 36% de PNR debido al precio de la harina de pescado en la dieta por lo que se recomienda la búsqueda de otras alternativas de PNR a precios más accesibles que mejoren la rentabilidad en la alimentación.

Cuadro 5. Efecto de la sustitución de heno de pangola por heno de vigna y de dos niveles de PNR sobre las variables ganancia de peso y alturas en novillas.

Variables	Pangola		Vigna		SEM	P. Valor		
	PNR 280	PNR 360	PNR 280	PNR 360		Forraje	PNR	Forraje*PNR
Peso vivo al medio	217	218	216	222	1.92	0.79	0.40	0.51
Ganancia de peso g/d	785	831	845	956	72.31	0.03	0.06	0.41
Costo de Aliment \$/d	2.07	2.45	2.07	2.43	0.22	0.68	<0.01	0.60
Eficiencia MS gr ganancia/Kg Consumo	114	118	114	130	7.57	0.31	0.11	0.37
Eficiencia MO gr ganancia/Kg Consumo	127	134	128	147	9.20	0.21	0.04	0.28
Costo \$/kg de PV ganado	2.65	3.00	2.49	2.57	0.07	0.01	0.07	0.26

g/d= gramos al día; \$/d= dólares al día; MS= Materia Seca; MO= Materia Orgánica; \$/kg= dólares por kilogramo.

CONCLUSIONES

La adición de vigna en la dieta, aumenta el consumo de N, MS, MO y FAD, debido a su bajo nivel de FND, lo que provoca en el animal una mayor ingesta de nutrientes.

La digestibilidad de la vigna fue superior al pangola en Materia Seca, Materia Orgánica, Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácido Detergente, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la digestibilidad de la Proteína Cruda.

La inclusión de heno de vigna a la dieta de novillas prepuberales, generó una mayor ganancia de peso que las novillas que en su dieta se incluía heno de Pangola.

El incremento de PNR de 26% a 36% por medio del uso de harina de pescado, puede mejorar la ganancia diaria de peso y la eficiencia en la conversión de la materia orgánica, sin embargo, eleva el costo de alimentación, por lo que se debe buscar alguna fuente alternativa de PNR a mejor costo.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Archibeque, S. 2007. The Influence of Oscillating Dietary Protein Concentrations on Finishing Cattle. II. Nutrient Retention and Ammonia Emissions, *Journal of Animal Science*. 85(6):1496-503

Arteta PD; Zamora WD. 2005. Efecto de Dos Tipos de Maíz con Cuatro Leguminosas sobre La Calidad y Producción del Ensilaje en El Zamorano, Honduras. Tesis. 24 p.

Batista, ED; Detmann, E; Titgemeyer, EC; Valadares Filho, SC; Valadares, RFD; Prates, LL; Rennó, LN; Paulino, MF. 2016. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage. *J Anim Sci*; 94:201-216.

Castillo, M; Rojas, A; Wingching-Jones, R. 2009. Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz Cultivado en Asocio con Vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*. 33:1, 136-146.

Castro Montoya, JM; EA Alas; JM Flores; R, Sosa; RA Garcia; EE, Corea, Guillen. 2017. Dairy cows fed on tropical legume forages: Effects on milk yield, nutrient efficiency and profitability. *Tropical animal health and production*. DOI <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1505-3>

Corea, EE; Aguilar, JM; Alas, NP; Alas, EA; Flores, JM and Broderick, GA. 2017. Effects of dietary Vigna hay and protein level on milk yield, milk composition, N efficiency and profitability of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 226:48-55.

Corea EE; Aguilar JM; Alas NP; Alas EA; Flores JM; Broderick GA 2017. Effects of dietary cowpea (*Vigna sinensis*) hay and protein level on milk yield, milk composition, N efficiency and profitability of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol*. 226, 48-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.002>

Guerra, C. 1987 Cría de terneras y levante de novillas. Gobernación de Antioquia secretaria de agricultura (en línea) consultado el 10 de abril de 2018. Disponible en: repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6406/T13.10%20M925i.pdf

Hoffman, PC; and LM, Bauman. 2013. Strategies to improve milk yield of lactating dairy cows fed red clover silage. *Prof. Anim. Sci*. 19:178-187.

Hristov, A; Oh, J; Firkins, JL; Dijkstra, J; Kebreab, E; Waghorn, G; Makkar, HP; Adesogan, AT. 2013. SPECIAL TOPICS-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J Anim Sci* 2019;10(1):120-148 143 ;91:5045-5069

Lammers, BP. 1998. Effects of accelerated growth rates, estrogen implants, and additional dietary protein in prepubertal heifers on growth, development, and subsequent milk production. PhD. Thesis. Pennsylvania State University. University Park, PA. *J Dairy Sci* 1999 Aug;82(8):1753-64.

- Lanuzza, F. 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería. In Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. INIA. Chile. 170 p. Boletín INIA N° 148.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2018. Estadísticas de la Dirección General de Economía Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Economía Agropecuaria. San Salvador El Salvador (en línea) consultado el 27 de marzo de 2018. Disponible en: http://www.mag.gob.sv/download/anuario-de-estadisticas-agropecuarias-2017_2018/
- Morales, R; Ramírez, J. Edición 2014. Optimización de la crianza de hembras de reemplazo de lechería. Osorno Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°297, 96 pp.
- NRC (Nutrient requirement for Dairy). 2001. (8th ed). National Academy press Washington. DC. (en línea) consultado el 10 de abril de 2018. Disponible en: <https://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf>
- Silva, AL; Detmann, E; Rennó, LN; Pedroso, AM; Fontes, MMS; Morais, VC; Sguizzato, ALL; Abreu, MB; Rotta, PP; Marcondes, MI. 2018a. Effects of rumen undegradable protein on intake, digestibility and rumen kinetics and fermentation characteristics of dairy heifers. Anim. Feed Sci. Tech. 244: 1-10.
- Silva, AL; Detmann, E; Dijkstra, J; Pedroso, AM; Silva, LHP; Machado, AF; Sousa FC; dos Santos, GB; Marcondes, MI. 2018b. Effects of rumen-undegradable protein on intake, performance and mammary gland development in prepuberal and puberal dairy heifers. J. Dairy Sci. 101: 5991-6001.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY.



Artículo científico

Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego

Evaluation of four doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts and its effect on the yield of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán), using the fertigation technique

González-del Cid, K.T.¹, Vásquez-de Ponce, P.J.¹, Sánchez-Gómez, K.B.¹, Tejada-Asencio, J.M.¹, Aguirre-Castro, C.A.¹

Correspondencia:
katereenedelcid@gmail.com
patty-vasquez@hotmail.es
karla_3z@hotmail.com
jose.tejada@ues.edu.sv
carlos.aguirre@ues.edu.sv

Presentado:
12 de enero de 2021
Aceptado:
14 de marzo de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, durante octubre 2019 a marzo de 2020; consistió en evaluar el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán) con 4 dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales: T1(1%), T2 (1.5%), T3 (2%), T4 (2.5%) y un testigo (0%), mediante la técnica de fertirriego por goteo a campo abierto, para ello se utilizaron varas de bambú perforadas interna y externamente, y se adaptaron a bidones para una distribución en 8 plantas de cada tratamiento. En el experimento se ejecutó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos (dosis= 100ml, 150ml, 200ml, 250ml, diluidos en 20 litros de agua y un testigo T0 (0ml) en 5 repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron independientes: dosis de biofertilizante líquido (biol) y un testigo. Los resultados se analizaron con el software estadístico INFOTAT y se aplicó un análisis de varianza con una comparación de grupos mediante la prueba de Tukey, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad y prueba de Kruskal Wallis, para variables no paramétricas con un grado de significancia de 5%. Estadísticamente el T2 que correspondió a la dosis de biol concentrado de 150ml diluidos en 20 litros de agua, mostró mayor efecto en los indicadores: diámetro de tallo, número de fruto, diámetro y peso de fruto al $p \leq 0.05$.

Palabras claves: Tomate Cuscatlán, fertirriego, biofertilizante líquido, dosis.

ABSTRACT

The research was conducted in the municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, during October 2019 to March 2020. It consisted of evaluation of the yield of the tomato crop (*Lycopersicon esculentum*, CENTA Cuscatlán) treated with 4 doses of liquid biofertilizer enriched with mineral salts: T1(1%), T2 (1.5%), T3 (2%), T4 (2.5%) and a control (0%). The technique used was open field drip fertigation, utilizing bamboo poles perforated internally and externally, and adapted to drums for distribution to 8 plants of each treatment. The experiment was carried out using a completely randomized block design with 4 treatments (doses = 100ml, 150ml, 200ml, 250ml, diluted in 20 liters of water and a control T0 (0ml) in 5 replicates per treatment. The independent variables evaluated were: dose of liquid biofertilizer (biol) and the control. The results were analyzed utilizing the INFOSTAT statistical software. Analysis of variance was applied to compare groups using Tukey's test for parametric variables with a normal and equal behavior and Kruskal Wallis test for non-parametric variables with a significance level of 5%. Statistically, T2, which corresponded to the biol concentrate dose of 150 ml diluted in 20 liters of water, showed greater effect on the following indicators: stem diameter, number of fruits, fruit diameter and fruit weight ($p \leq 0.05$).

Key words: Tomato Cuscatlán, fertigation, liquid biofertilizer, dose.

INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es importante para conseguir el bienestar nutricional de las personas y así llevar una vida sana y productiva, cuya plena realización depende también de los logros paralelos en el disfrute de los derechos a la salud, educación, trabajo y otros (UES 2008).

Para ello una alternativa es utilizar biofertilizantes y microorganismos eficientes que se encuentran dentro de la biotecnología de la agricultura sostenible (García 2019), los cuales se producen a base de microorganismos que viven en el suelo, aunque en bajas poblaciones; al incrementar su población mediante la inoculación, son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que estas necesitan para su desarrollo, sin afectar el equilibrio biológico del suelo, y así conservar los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente sostenible (Planes-Leyva *et al.* 2004).

Según FAO (2015), el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente de tal manera que mejore la calidad de las hortalizas. Según Agronet (2009), todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fósforo juega un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración, ya que incide en la formación y tamaño de las flores.

Arshad y Rashid (1999), confirmaron en su estudio que el aumento de la producción está relacionado con el favorecimiento de los componentes y nutrientes disponible para la planta, por tanto, el rendimiento de frutos de tomate es condicionado por el número de flores por planta y por el peso individual, probaron que la adición de P (fósforo), incrementa el número de flores, lo que proporciona el mayor número de frutos por planta.

En esta investigación se presenta una tecnología de producción a los pequeños agricultores a través del fertirriego y la aplicación de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y un testigo, a través de la aplicación por fertirriego, para conocer los mejores resultados en cuanto a producción y beneficio económico para los productores de tomate de la variedad CENTA Cuscatlán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en el período comprendido de octubre 2019 a marzo de 2020, en el lote de la granja de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de la Paz,

El Salvador, con coordenadas Latitud Norte 13° 06' y Longitud Oeste 89° 06', a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura media anual de 28°C, humedad relativa de 76% y una velocidad del viento de 8 km/h, la clase de suelo IVe, para cultivos anuales y bianuales, suelo regosol, están constituidos por depósitos de polvo pomicítico blanco de variable espesor sobre una formación de tobas fundidas de bastante dureza (Martínez *et al.* 2005).

Condiciones edafoclimáticas de la zona

La experimentación se realizó en un suelo que corresponde al gran grupo regosol (Entisol), perteneciente a la serie Apopa ondulado en planicies, cuyos horizontes superiores son francos a franco arenosos finos, de color café grisáceo muy oscuros, estructura débilmente granular y con espesor variando de 15 a 25 cm. Los estratos inferiores son francos, francos arenosos finos de colores café grisáceos claros. La estructura es terronosa a ligeramente granular. A profundidades mayores de 1.5 m, se encuentran gruesos estratos de tobas fundidas, Ph 5.6, capacidad de campo 15%, punto de marchitez permanente 8%, densidad aparente 1.24 gr/cm³. En resumen, son suelos francosos, friables, permeables, ni plásticos ni pegajosos y con moderada capacidad de retener agua. La capacidad de producción es buena.

Material experimental

La parcela de investigación se delimitó en un área de 20 m de largo y 12 m de ancho, para un total de 240 m², con un estaquillado de 5 bloques de 6 m x 5 m, y cada uno con 5 camas de 0.80m de ancho y 4 m de largo, distanciados a 0.80 cm entre cada una, con un total de 25 camas.

El experimento se estableció con una siembra en surcos con una orientación de Oeste a Este. En cada cama se colocó un sistema de riego artesanal compuesto por un bidón con capacidad de 20 L y varas de bambú de cuatro metros de largo perforada de los entrenudos internos y externos, los agujeros estaban

a una distancia de 40 cm entre cada uno. El fertirriego se realizó una vez por semana, utilizando diferentes dosis de un biofertilizante líquido (biol) enriquecido con sales minerales, conocido comercialmente como supermagro.

Para elaborar supermagro en un barril de 200 litros de capacidad, se colocaron 25 a 30 libras de estiércol fresco de vaca, 70 litros de agua, 2 litros de leche, y 1 litro de melaza. Se revolvió hasta conseguir una mezcla homogénea, se tapó y se colocó una salida de gases con trampa de agua y se dejó en reposo por 3 días a la sombra (MAOES 2018).

Al cuarto día, se agregó una sal mineral y de ahí cada 3 días se hizo de la siguiente manera: en una cubeta plástica se agregó 8 litros de agua, 1 litro de leche, 1 litro de melaza y se disolvieron los minerales cada 3 días.

Al 7mo día. En un balde pequeño de plástico con un poco de agua tibia se disolvió 1 kilo de Sulfato de Zinc, 200 gramos de roca fosfatada y 100 gramos de ceniza. Se agregaron 2 litros de leche o 4 litros de suero y 1 litro de melaza o 2 litros de jugo de caña. Se colocó en un recipiente de plástico de 200 litros de capacidad y se mezcló muy bien, se tapó y se dejó en reposo por 3 días y así sucesivamente con las demás sales minerales.

Dicho fertilizante se obtuvo a través de la donación de MAOES, se utilizaron semillas de tomate (*Lycopersicon Esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán (CC); nombre común Cebaco.

Los tratamientos evaluados fueron cinco dosis de las cuales 4 son con biofertilizante líquido supermagro y un testigo: T0 testigo (0ml); T1, dosis de 100ml; T2, dosis de 150ml; T3, dosis de 200ml; T4, dosis de 250ml. Los tratamientos fueron distribuidos de forma aleatoria por cada repetición (cama). En total, por área de investigación se obtuvieron 5 bloques (parcelas).

Herramientas para la instalación del sistema de riego

Se colectaron 25 varas bambú perteneciente a

subfamilia *bambusoideae*, con una longitud de 4 metros, con un diámetro promedio externo de 25 mm, y con un diámetro interior promedio de 12.7 mm que sirvieron como laterales del sistema; posteriormente se realizó el curado tradicional, luego se colocaron las varas en un sitio separadas del suelo, en posición vertical a la sombra para reducir el porcentaje de humedad. La perforación interna de las varas para remover los entrenudos; se utilizó una varilla de 6 metros con un diámetro de $\frac{1}{4}$ pulg., adaptándola a un taladro. Con una cinta métrica se midió y con un plumón se marcó cada 0.40 cm de la parte externa de la vara para perforar; estas se utilizaron como gotero, y como broca se utilizó un clavo de 1 pulgada adaptado a un taladro, a cada vara se le realizaron 10 perforaciones.

Se instaló una cisterna plástica con una capacidad de 1000 litros para dispensar agua hacia los bidones, posteriormente se instaló el sistema de riego con 25 bidones (recipientes) plásticos con chorro con capacidad de 20 litros, se utilizaron 30 cm de manguera para unir el chorro con la vara de bambú de los cuales 5 cm se acoplaron al chorro del bidón que se sujetó con abrazaderas y 5 cm en el otro extremo para lo cual se dilató la manguera y se ensambló en la vara de bambú de 4 m.

Posteriormente, se hicieron las pruebas para comprobar el funcionamiento de cada uno de los sistemas de riego, se realizó un aforo de cada vara, y se calculó la descarga del agua que se utilizó y del biofertilizante, y así se obtuvo un promedio de 5cc de descarga en 7.5 seg. por cada agujero y cada vara con un tiempo de vaciado total del bidón de 45min.

Elaboración de semillero

Se utilizó como sustrato 40% de bocashi, 45% de Lombriabono y 15% de tierra, todo colado. Se cubrió con una capa de granza de arroz, posteriormente se hizo el riego de las 4 bandejas con 480 plantines y se colocó en un tapasco cubierto con tela agril negra.

Preparación de suelo

Se removió el suelo para formar las 25 camas, además

se hizo una enmienda al suelo incorporándole bocashi; se incorporó 3.62 kg de bocashi/por metro lineal a cada cama, en total 90.72 kg en el área a utilizar, también se colocó mulch en cada una de las camas para protegerlas de la erosión.

Trasplante de plantines (semillas de tomate CENTA Cuscatlán)

A los 22 días se realizó el trasplante de los plantines de tomate a cada cama; con un distanciamiento entre planta de 0.50 m, un surco por cama, para sumar un total de 8 plantas en 4 metros por cama (repetición); la densidad total por el área de investigación fue de 200 plantas.

Manejo agronómico:

- Riego 2 días antes del trasplante en toda la parcela de investigación.
- Semanalmente control manual de plantas arvenses.
- Control manual de plantas arvenses y manejo de insectos perjudiciales cada semana con repelentes orgánicos.
- Colocación de tutores de 2 metros de alto a los 30 días después del trasplante, tres por cada cama, con un total de 75 tutores por parcela de investigación.
- Podas: fitosanitarias una vez al mes y de formación una vez en el ciclo de planta.
- Revisión constante del sistema de riego para verificar su buen funcionamiento.
- Aplicación de ceniza (74gr) dos veces durante el ciclo. La primera en el periodo de crecimiento a los 18 días después del trasplante y la segunda previo a la floración. La aplicación se realizó de forma pulverizada sobre el follaje para disminuir la incidencia del ataque de insectos y como preventivo para la aparición de hongos alrededor del tallo.

- Aplicación foliar de microorganismos de montaña una vez al mes desde el trasplante 250 ml diluidos en un litro de agua aplicando aproximadamente 24cc por planta como medida para un control biológico.
- Aplicación 100 g de bocashi por postura alrededor del tallo de cada planta.

Se realizó un monitoreo de insectos perjudiciales al cultivo y de aquellos vectores causantes de enfermedades, para tomar medidas de acción preventiva como: prácticas culturales, durante el ciclo del cultivo.

Fertilización del cultivo

En la investigación se emplearon determinados parámetros fisicoquímicos de la solución nutritiva: conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Cuadro 1). Con la finalidad de controlar y monitorear, el sistema de fertirriego.

Cuadro 1. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva de cada tratamiento en el cultivo de tomate (*L. esculentum*) CENTA Cuscatlán.

Tratamientos	Conductividad eléctrica
T1	0.96 ms/cm
T2	0.95 ms/cm
T3	1.15 ms/cm
T4	1.32 ms/cm

Los requerimientos nutricionales del cultivo, según una de las alternativas recomendadas por CENTA son: N 260.26 kg/ha, P: 169 kg P_2O_5 /ha, K: 110.95 kg K_2O /ha, Ca: 37.05 kg/ha.

Composición química nutricional del biofertilizante

Se realizó un análisis previo al biofertilizante en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición nutricional del SUPERMAGRO

Identificación de nutrientes	N	P	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Cantidad (%)	1.61%	4.16%	4.39%	3.18%	3.77%	1.87%	2.13%	Menor a 0.2ppm	0.80%
Identificación de muestra	Ph	Conductividad eléctrica	Sólidos totales disueltos	Salinidad					
Cantidad	4.7	24 (S/m)	15.15 g/L	15.80%					

Programa de riego y nutrición

Debido a que no se encontraron estudios de fertirriego con supermagro, se tomó de referencia un estudio con fertilización foliar para determinar el porcentaje de las dosis a utilizar para la investigación, en el cual tomaron desde el 1% al 2.5% de concentración del producto supermagro por bombada con capacidad de 20 litros de agua.

La nutrición de las plantas se efectuó a través de la técnica de fertirriego; con diferentes dosis concentradas del producto (0ml, testigo; 100ml, 150ml, 200ml, 250ml) cada dosis diluida en 20 litros

de agua; una dosis por cama (repetición) en cada bloque respectivamente se realizaron un total de 12 fertirriegos en 3 meses y medio aplicándolos una vez por semana.

Lámina de agua aplicada en cada riego

La lámina de agua aplicada durante el inicio del cultivo es de 4.8 mm, 4.9 mm hasta llegar a 5, en la etapa de desarrollo la lámina es de 5.5 mm, 7 mm, hasta 8.5 mm, en la etapa media del cultivo llegó a tenerse una lámina máxima de 10.4 mm, además se tuvo un mínimo de 5.5 mm, en esta etapa hubo fluctuaciones debido a que el cultivo llegaba a su

finalización de producción.

Metodología estadística

Diseño estadístico

La investigación fue de tipo experimental, por la generación de la información. El diseño estadístico que se utilizó fue de bloques completos al azar, con un nivel de significancia del 5%. Constituido por 5 tratamientos en 5 bloques distribuidos completamente al azar. Con una prueba estadística de análisis de varianza apoyado con el software estadístico INFOSTAT.

Comparación de grupos mediante la prueba de Tukey y Kruskal Wallis.

Prueba de TUKEY, para las variables paramétricas con un comportamiento de normalidad e igualdad.

Prueba de Kruskal Wallis, para variables no paramétricas.

Variables evaluadas

- **Variable Independiente:** biofertilizante líquido supermagro y un testigo.
- **Variable Dependiente:** el rendimiento del cultivo de tomate, y la parte morfológica.

Indicadores de crecimiento

- **Altura de planta:** cada ocho días se registraron los datos por planta muestreada, y con una cinta métrica se tomaba la altura de la planta en centímetros (cm) desde el nivel del suelo hasta el ápice.
- **Diámetro de tallo:** con el uso del vernier se midieron los diámetros en milímetro (mm) a una altura de diez centímetros desde el nivel del suelo.
- **Número de flores:** se tomó el dato a partir de la cuarta semana después del trasplante, el muestreo se realizó contando el número de flores por cada una de las 4 plantas de cada repetición

por bloque, se hizo una vez por semana, en total 7 muestreos.

Indicadores de producción de la planta

Cosecha

Se realizó cuando el cultivo alcanzó su madurez completa, esta consistió en cortar los frutos, se efectuó a los 28 días después de la aparición de las flores. Posteriormente, se categorizó con base al peso y se midieron los diámetros de los tomates producidos por cada planta en sus diferentes tratamientos.

Indicadores de cosecha

Los indicadores de cosecha se determinaron por la madurez fisiológica y comercial del fruto. En la primera fue cuando el fruto obtuvo color naranja pálido, se volvió más brillante y grande. La segunda o comercial se alcanzó 5 días después del corte o cosecha, cuando el fruto en anaquel tomó un color rojizo brillante listo para consumo o comercialización.

Número de frutos. Los datos se tomaron a partir de la cuarta semana después de la aparición de las flores, de acuerdo con el número de tomates que produjo cada una de las 4 plantas de cada repetición por bloque. Obteniendo la sumatoria total de frutos producidos por cada tratamiento en una cosecha total de 4 semanas.

Diámetro del fruto. Los datos de cada tomate de las 100 plantas muestreadas de las repeticiones se midieron con el instrumento Vernier (pie de rey), se obtuvieron datos en milímetros.

Peso del fruto. Se pesaron todos los tomates cosechados por cada una de las plantas muestreadas y se obtuvo sumatorio total de peso en kilogramos por cada tratamiento, con balanza semi-analítica (gramos).

Metodología económica

Para el análisis económico de los resultados, se aplicó el método propuesto por el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual se fundamenta

en el análisis de presupuesto parcial, esta es una manera de calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos por hectárea. El presupuesto parcial incluye los rendimientos medios para cada tratamiento, los rendimientos ajustados y el beneficio bruto de campo. (CIMMYT 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los tratamientos aplicados sobre los componentes del rendimiento, altura de planta y número de flores se alcanzaron mejor resultado con el T4; sin embargo, el diámetro de tallo, número de frutos por planta y la masa promedio de los frutos, resultaron con el mejor valor con el tratamiento T2 con 7,031 L/ha⁻¹ de biofertilizante aplicado, con diferencias estadísticas significativas de los tratamientos T1, T3 y T4 (Cuadro 3). En todos los indicadores evaluados en la aplicación del bioabono, las dosis utilizadas superaron al tratamiento testigo.

Cuadro 3. Resultados de los tratamientos aplicados la planta de tomate *L. esculentum* CENTA Cuscatlán.

Tratamientos	Fase vegetativa			Fase de producción		
	Altura	Diámetro de tallo	Número de flores	Número de frutos	Peso de fruto	Diámetro de fruto
T0 (0 ml)	72.1	66.3	148.6	32.6	1.46	30.82
T1(100 ml)	71.0	63.6	165.0	34.2	1.62	29.18
T2 (150 ml)	81	69.3	239.4	56.2	2.58	39.94
T3 (200 ml)	84.7	69.1	243.4	55.8	2.56	36.4
T4 (250 ml)	86.3	68.1	302.8	49.6	2.49	36.14

Altura de planta y diámetro de tallo

Los promedios de alturas medidas a partir del trasplante de las plantas de tomate, en un período de 11 semanas (Figura 1), permitieron observar que en las primeras cuatro semanas existía un comportamiento homogéneo en el crecimiento entre los cuatro tratamientos, respecto al testigo (T0). A partir de la quinta semana se notó un despegue de los tratamientos T2, T3 y T4, siendo mayor el crecimiento en comparación con los T0 y T1, lo cual indicó que la planta requiere más nutrientes y estos últimos tratamientos no fueron suficientes para suplir la necesidad de la planta, la cual entró a la etapa fenológica de floración y necesitó prepararse para la fructificación.

Salisbury y Ross (2000), explican que el leve incremento de la altura en las primeras etapas de crecimiento, se debe al predominio de procesos de división celular activa, luego el aumento de tamaño fue drástico y se realizó a una velocidad constante, lo

cual se debe a que la elongación celular aumenta, por último, la planta entra en la fase de maduración y el incremento en el crecimiento vuelve a ser lento.

Según FAO (2015), el crecimiento de la planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente, puede explicarse que, a mayor concentración de biofertilizante mayor contenido de nitrógeno, magnesio y potasio, elementos que participan en el crecimiento vegetativo, aumento de la producción de hojas y en el mejoramiento de la calidad de las hortalizas, por ello estos nutrientes deben ser aplicados para cubrir las necesidades de las plantas y así obtener rendimientos satisfactorios.

Para el indicador de altura de la planta con el tratamiento T4 (250 ml), estadísticamente se obtuvo un mayor efecto con la aplicación del biol ya que la concentración mayor de fósforo incrementó la biomasa, por tanto, una mejor cantidad de fotosíntesis y transformación de nutrientes para mejorar el rendimiento en flores y frutos. Además, se

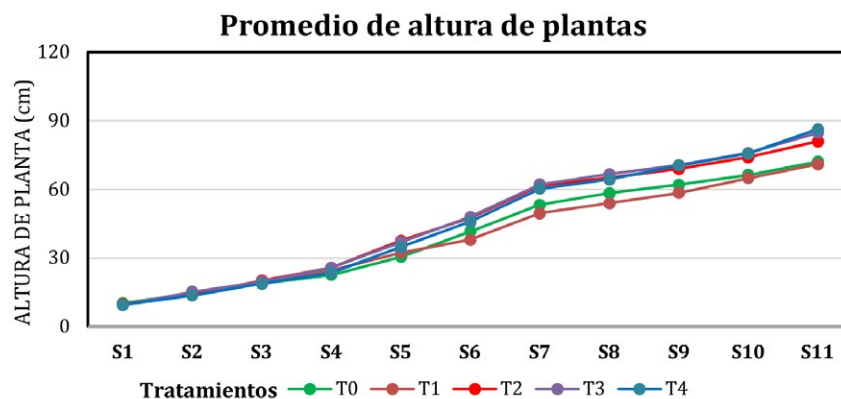


Figura 1. Comportamiento de crecimiento semanal de la planta con cuatro tratamientos y un testigo en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Centa Cuscatlán.

tomaron los diámetros promedios totales de los tallos de las plantas por cada tratamiento, observándose un engrosamiento mayor del tallo con T2 y T3, respecto a T1, esta diferencia se debió a una limitación para suplir los nutrientes para la planta, lo cual disminuyó el engrosamiento del tallo que son necesarias para soportar el peso de los frutos. Jaramillo *et al.* (2007), indican que una de las características importantes para el desarrollo del tallo es la operación cultural de aporque que le proporciona mayor anclaje a la planta. Debido a que el tallo es una de las principales partes de la planta, a medida que incrementa su desarrollo, también desarrollan hojas, tallos secundarios e inflorescencias, por tanto, con mayor desarrollo, existe mayor capacidad de transportar los nutrientes hacia los frutos.

Comparación entre número de flores y número de frutos producidos por tratamiento

Cuando se compara el total de flores y frutos obtenidos por cada tratamiento (Figura 2), observamos que el número de flores fue mayor en cada tratamiento que el número de frutos. Esta diferencia en número de flores con el T4, se debió a que hubo una mayor concentración del biol, por lo tanto, mayor aporte de nutrientes a las plantas, especialmente el fósforo que es esencial para el desarrollo de la floración.

Sin embargo, la diferencia en el rendimiento para el número de frutos, fue mayor en el tratamiento T2 (150 ml) esto se debió a varios factores, y es que en el T4 a pesar de que hubo mayor número de flores, se

presentó aborto o purga de flores, que se atribuyen a las altas temperaturas o también a que las flores no fueron polinizadas, el ataque de insectos, picaduras y cortes de fruto en desarrollo.

Según Agronet (2009), afirma que todos los macronutrientes son esenciales para la etapa de floración y fructificación, pero principalmente el fósforo que juega un papel muy importante en la etapa de enraizamiento y floración, ya que incide en la formación y tamaño de flores; además existen otros factores como la humedad relativa y las temperaturas altas que dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores.

Ardila (2011), explica que los bajos rendimientos podrían atribuirse a las temperaturas arriba de 30°C, en las etapas de desarrollo vegetativo, floración y fructificación, estas ocasionan una baja de rendimiento, reducción de polinización, caída de flores y una fecundación defectuosa en tomate.

Peso y diámetro de fruto

El peso (kg) y el diámetro promedio de fruto de tomate (mm), no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), a excepción con el testigo (Figura 3 y 4). Estos datos se obtuvieron a partir de la semana 15 después del trasplante, en un periodo de 4 semanas, sin embargo, aun cuando no existen diferencias los resultados demuestran un dominio favorable del T2 para los indicadores de peso y diámetro de fruto.

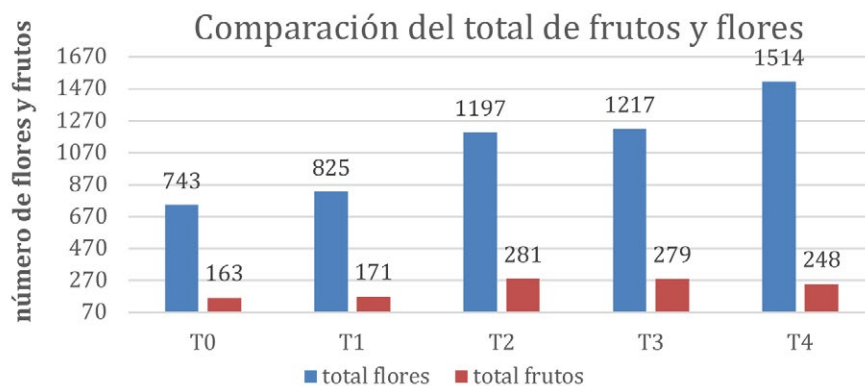


Figura 2. Comparación entre número de flores y frutos obtenidos de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo en tomate (*Lycopersicon esculentum*), variedad Centa Cuscatlán.

Los pesos obtenidos por cada uno de los tratamientos reflejan la importancia de los nutrientes esenciales para el crecimiento del fruto, se puede observar que el T2 tuvo mejor crecimiento en cuanto altura de planta y diámetro de tallo, indicando un resultado positivo para la obtención de mejores pesos de los frutos.

La diferencia de los diámetros entre los tratamientos se vio influida por la densidad de tallos que tenía la planta, ya que no fueron eliminados algunos chupones, lo que hizo variar el tamaño y diámetro de fruto, así como el desarrollo de la planta.

Es muy importante dirigir la fortaleza de los chupones hacia los tallos principales de las plantas para obtener una buena producción de frutos, sobre todo al principio de su fase vegetativa, para orientar la planta en una dirección generativa fuerte (Jaramillo *et al.* 2007).

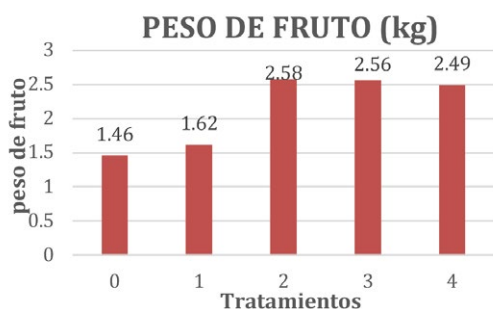


Figura 3. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo sobre el peso de fruto en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán.

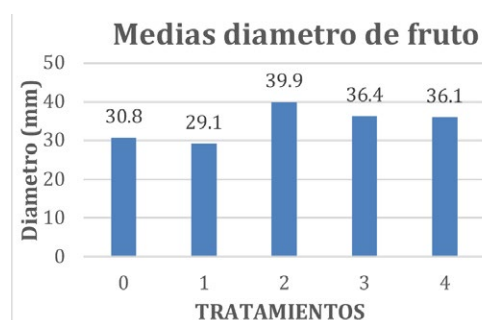


Figura 4. Efecto de la aplicación de cuatro dosis de biofertilizante y un testigo sobre el diámetro de fruto en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad CENTA Cuscatlán.

Benéfico/costo

Para evaluar la relación (beneficio-costo) B/C de cada uno de los tratamientos se determinaron los beneficios, y se dividieron entre el total de los costos. El precio de venta utilizado en el análisis fue el mismo que el productor establece al momento de la venta: USD\$15 con un peso de 11.37 kg., así la relación beneficio-costo de USD\$1.08 con el tratamiento 2 (150ml), es decir, que por cada dólar invertido el productor recupera USD\$0.08 ctv. Si bien es cierto se invierte en la tecnología, los resultados tanto productivos como costos y beneficios marcan la diferencia en ganancias obtenidas en tiempos de cosecha.

CONCLUSIONES

El uso de biofertilizante enriquecido con sales

minerales a través de la técnica de fertirriego presentó beneficios para las plantas ya que estas absorbieron de manera directa los nutrientes esenciales para la etapa vegetativa y para las variables de rendimiento del cultivo.

Los indicadores que más reflejaron el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de biofertilizante fueron para la altura de la planta el tratamiento T4 (250 ml).

La aplicación del tratamiento T2 (150 ml de biol) presentó los mejores resultados en los indicadores diámetro de tallo y diámetro de fruto, número y peso de fruto por planta en comparación con los demás tratamientos en cuanto a rendimiento y producción de frutos y relación beneficio-costos (B/C) resultó ser más rentable.

En la comparación entre número de flores y número de frutos, el T2 (150 ml) tuvo un mayor cuajado de frutos (mayor rendimiento por planta) a pesar de que el número de flores fue menor que en el T4 (250 ml).

BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. 2009. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Tomate. Minagricultura. (En Línea). Colombia. Consultado 13 May. 2020. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/>
- Ardila, G. 2011. Estudio del crecimiento de la planta y del fruto de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico, bajo cubierta plástica. (En Línea). Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. Consultado 16 de may. 2020. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/11126/1/gustavohernanardilaro_a.2011.pdf.
- Arshad M; Rashid A. 1999. Comparación de rendimiento entre dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo la influencia de NPK. Pakistan. Journal of Biological Sciences. p.635-636.
- CYMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1998. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. (En Línea). D.F, México. Consultado: 20 oct. 2019. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xm/lu/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). 2015. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables (En Línea). Perú. Consultado 23 Mar. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>
- García, L. 2019. Proceso de reproducción de bacterias fototróficas mediante bio fermentación. Tesis de Ing. Agr. Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos. Ecuador. 24p.
- Jaramillo J; Rodríguez VP; Guzmán M; Zapata M., Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas. En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. (En Línea). Corpoica Mana Gobernación de Antioquia. Colombia. P 331. Consultado: 21 de feb. 2020. Disponible en: <http://a1374s00FAOJARA MILLO.pdf>.
- MAOES (Movimiento de Agricultura Orgánica de El Salvador). 2018. Manual de Producción de Insumos utilizados en la agricultura orgánica. Fertilizantes enriquecidos con sales minerales, Supermagro. La Libertad, El Salvador. 50p.
- Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. 2005. Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES 98 p.
- Planes Leyva, M; Utria-Borges, E; Calderón-Agüero, J; Terry-Lamothe, A; Figueroa-Santana, I; Lores, A. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 10(1): 5-10.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thompson Ediciones, Madrid. p.557-564.
- UES (Universidad de El Salvador). 2008. Tras la búsqueda de un régimen legal que garantice la

seguridad alimentaria en El Salvador (En Línea). Consultado 2 may. 2020. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3514/1/TRASLABUSQUEDAUREGIMENLEGALQUE%20GARANTICELASEGURIDADALIMENTARIAENEL-SALVADOR.pdf>



Contacto: revista.agrociencia@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
ISSN: 2522-6509