





AUTORIDADES ACADÉMICAS

Universidad de El Salvador (UES)

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Rector

Dra. Evelyn Beatriz Farfán Mata
Vicerrectora Académica

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Vicerrector Administrativo

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda
Secretario General

MSc. Carlos Villalta
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

Ing. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Decano

MVz. Rosy Francis Alvarenga Artiga
Vicedecana

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Geovany Reyes Melara
Secretario

M.Sc. Emerson Gustavo Martínez
Coordinador de la Unidad de Investigación

EQUIPO EDITORIAL

Editor en jefe

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

Editor adjunto

Ever Alexis Martínez Aguilar
ever.martinez@ues.edu.sv
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)

COMITÉ TÉCNICO

Editor técnico

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

Soporte tecnológico e informático

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

William Rafael Valdez Mejía
william.valdez@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

Correctores de estilo

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

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

Comunicación y difusión

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

Fotógrafo

Juan Raúl Magarín
juan.magarin@ues.edu.sv
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)

COMITÉ CIENTÍFICO

Luis A. Mejía
lamejia@illinois.edu
University of Illinois, Urbana-Champaign

Ma. Mónica Lara Uc
mlara@uabcs.mx
Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Víctor D. Carmona Galindo
carmonvi@udmercy.edu
University of Detroit Mercy, Detroit Michigan, United States

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

Aisur Ignacio Agudo Padrón
ignacioagudo@gmail.com
*Gerente Investigador del Proyecto Brasileño Autónomo
"Avulsos Malacológicos - AM, Brasil*

José Rutilio Quezada
bachi930@gmail.com
Consultor independiente, Estados Unidos

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

COMITÉ EDITORIAL

Fidel Ángel Parada Berrios
fidel.parada@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

Blanca Eugenia Torres de Ortiz
blanca.bermudes@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

Rudy Anthony Ramos Sosa
antonioreshcal@yahoo.com
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

Miguel Ángel Hernández Martínez
miguel.hernandez@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

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

Leopoldo Serrano Cervantes
leopoldo.serrano@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

Blanca Lorena Bonilla de Torres
blanca.bonilla@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES

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. A partir de 2022, su periodicidad es semestral, publicándose los meses de junio y diciembre. 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, geología 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. Contacto: 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>)



Fotografías de portada, contraportada e índice:

Por José Miguel Sermeño Chicas
Tomadas en microscopio estereoscópico Leica EZ4 HD

Pág.

6

Estimación poblacional del psílido asiático de los cítricos y distribución geográfica de *Tamarixia radiata* como agente de control biológico en áreas de traspatio en El Salvador

Population estimate of the Asian citrus psyllid and geographical distribution of *Tamarixia radiata* as a biological control agent in backyard areas in El Salvador



Pág.

17

Evaluación de dos niveles de harina de moringa (*Moringa sp.*) en concentrado balanceado, para la alimentación de pollos de engorde de la línea Cobb

Evaluation of two levels of moringa flour (*Moringa sp.*) in balanced concentrate, for feeding broiler chickens of the Cobb line



Pág.

29

Evaluación del efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje de sorgo rojo (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Evaluation of the effect of two chelated foliar fertilizers on the biomass yield and quality of red sorghum (*Sorghum bicolor*) silage CENTA-CF in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador



Artículo científico

Estimación poblacional del psílido asiático de los cítricos y distribución geográfica de *Tamarixia radiata* como agente de control biológico en áreas de traspatio en El Salvador

Alvarenga-Navarrete, L.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas

Campos-Cabrera, L.J.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

González-Guadrón, J.T.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Cuadra-Campos, E.J.

Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Espinoza, R.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Huezo-Abarca, L.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Romero-de Huezo, A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Flores-Chorro, J.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Morales-Silvestre, M.I.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Sandoval, R.A.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Torres, R.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Eceda-Fúnez, X.I.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

Martínez, R.A.

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

RESUMEN

ABSTRACT

Esta investigación se efectuó a nivel nacional, específicamente en áreas de traspatio, seleccionando hospederos atractivos y asociados con la alimentación de *Diaphorina citri*. Para ello se definió un listado de hospederos basado en su frecuencia de brotación y distribución a nivel nacional, las visitas de campo fueron efectuadas entre abril y octubre de 2019. El objetivo de la investigación fue estimar la población del Psílido asiático de los cítricos y la distribución geográfica del parasitoide *Tamarixia radiata* como agente de control biológico en áreas de traspatio en El Salvador. Las visitas de campo se efectuaron en las tres principales regiones del país, para ello fue necesario el establecimiento de rutas de exploración y muestreos en las tres principales carreteras del país. En las inspecciones en árboles de traspatio fue necesario considerar la frecuencia de brotación. El reconocimiento y conteo de especímenes del Psílido Asiático de los Cítricos (PAC) por árbol, se realizó mediante el uso de lupas entomológicas 20X; para ello se inspeccionaban brotes de 15 cm de longitud, los datos de campo fueron registrados mediante el uso de formularios y los especímenes de parasitoides fueron identificados por parte del laboratorio del MAG. Finalmente, esta investigación pretende generar información valiosa para las instituciones pertinentes, referente al manejo integrado de la *Diaphorina citri* y el momento en que se pueden tomar acciones o medidas de control preventivas a fin de disminuir los riesgos potenciales del Huanglongbing (HLB) de los cítricos.

This research was carried out at a national level specifically in backyard areas, selecting attractive hosts associated with the feeding of *Diaphorina citri*. For this, a list of hosts was defined based on their sprouting frequency and distribution nationwide, mainly in backyard areas. Field visits were carried out between April and October 2019. The objective of the research was to estimate the population of the Asian citrus psyllid and the geographical distribution of the parasitoid *Tamarixia radiata* as a biological control agent in backyard areas in El Salvador. The field visits were carried out in the three main regions of the country; this required the establishment of exploration and sampling routes on the three main roads of the country. In inspections of backyard trees it was necessary to consider the frequency of sprouting. The recognition and counting of PAC specimens per tree was carried out using 20X entomological magnifying glasses. For this purpose, 15 cm long shoots were inspected, field data were recorded using forms and parasitoid specimens were identified. by the MAG laboratory. Finally, this research aims to generate valuable information to the relevant institutions, regarding the integrated management of *Diaphorina citri* and the moment in which preventive actions or control measures can be taken in order to reduce the potential risks of Huanglongbing (HLB) of citrus fruits.

Keywords: *Diaphorina citri*, parasitoid, hosts

ACceso ABIERTO

Título en inglés:

Population estimate of the Asian citrus psyllid and geographical distribution of *Tamarixia radiata* as a biological control agent in backyard areas in El Salvador

Correspondencia:
joelcamposc@hotmail.com

Presentado:
12 de febrero de 2024

Aceptado:
22 de abril de 2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras claves: *Diaphorina citri*, parasitoid, hospederos

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado a través de un convenio de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Organismo Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) y la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES).

La investigación sobre el Psilido Asiático de los Cítricos (PAC), se efectuó a nivel nacional específicamente en áreas de traspatio, seleccionando hospederos atractivos y asociados con la alimentación de *Diaphorina citri*. Para ello se definió un listado de hospederos basado en su frecuencia de brotación y distribución a nivel nacional (Tabla 1).

Tabla 1.

Hospederos asociados a la alimentación de *Diaphorina citri* en áreas de traspatio, El Salvador 2019.

Hospedero	Clasificación
Mirto (<i>Murraya paniculata</i> L.)	Primario
Limón criollo (<i>Citrus aurantifolia</i>)	Primario
Limón pérsico (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	Primario
Naranja (<i>Citrus sinensis</i> Osbeck)	Secundario
Lima	Secundario
Toronja (<i>Citrus paradisi</i>)	Secundario
Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)	Secundario

Para la realización de esta investigación se efectuaron visitas de campo en zonas urbanas, parques municipales, avenidas transitadas, centros turísticos cercanos a cuerpos de agua (se excluyeron los viveros debido a que estas áreas fueron tomados en estudios anteriores por Reyes, 2007). Se efectuaron inspecciones de hospederos primarios y secundarios cada cinco kilómetros en aquellos trayectos que eran demasiado largos. Posteriormente, a las actividades de muestreo y registro en campo, se realizó una fase de gabinete, la cual consistió en el análisis de los datos obtenidos en cada uno de los hospederos inspeccionados por visita.

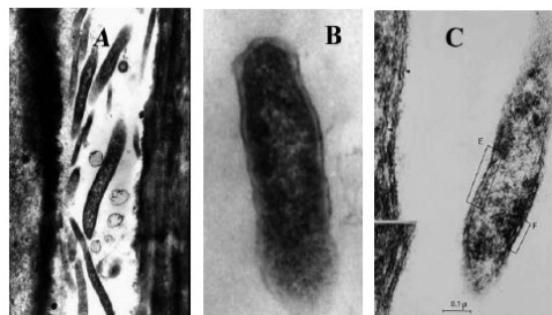
Finalmente, esta investigación pretende generar información valiosa para las instituciones pertinentes, referente al manejo integrado del Psilido Asiático de los Cítricos (PAC) o *Diaphorina citri* y el momento en que se pueden tomar acciones o medidas de control preventivas a fin de disminuir los riesgos potenciales del Huanglongbing (HLB) de los cítricos.

IMPORTANCIA DEL HUANGLONGBING (HLB) DE LOS CÍTRICOS

El HLB de los cítricos o Dragón Amarillo de los Cítricos es causada por una bacteria llamada *Candidatus Liberibacter* spp. (Figura 1), la cual posee tres tipos de raza *Candidatus* *Liberibacter asiaticus* (ampliamente distribuida en todo el mundo), *Candidatus Liberibacter americanus* (presente solamente en São Pablo, Brasil 2005), cuyo vector para ambas razas es *Diaphorina citri*, y *Candidatus Liberibacter africanus* (dispersa solo en el continente africano) y trasmisida por *Trypoxylon erythrocephalum* (presente solo en el continente africano) (Santiváñez et al. 2013).

Figura 1.

Fotografía de microscopio electrónico de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp.



Fuente: Tomado de Bové 2006

Otra forma importante de dispersión de la bacteria tiene que ver con el uso de material vegetativo de propagación asexual no certificado (yemas o varetas) contaminadas con la enfermedad (OIRSA 2015).

La enfermedad, para el año 2019, no está reportada oficialmente en El Salvador, pero existen informes oficiales en los demás países que conforman la Región del OIRSA (República Dominicana 2008, México 2009, Honduras 2009, Belice 2009, Guatemala 2010, Nicaragua 2010, Costa Rica 2011 y Panamá 2016) (MIDA 2016).

Algunos de los síntomas frecuentes, que pueden observarse en campos de cítricos, tienen que ver con el moteado difuso o irregular de hojas, amarillamiento de ramas y engrosamiento de venas laterales (Figura 2) (Flores et al. 2015)

PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS (PAC) (*Diaphorina citri*)

El PAC conocido con el nombre común de Chicharrita de los cítricos, es un insecto de hábito chupador/succionador que se alimenta de la savia de las plantas de las especies comerciales de cítricos y algunas ornamentales como el

miro (*Murraya paniculata*). El mimo no es considerada especie vegetal de interés comercial como las otras especies de la familia de las Rutáceas (Naranja, Mandarina, Limón, entre otros), pero su uso es de forma ornamental a nivel de traspatio. Las inspecciones sobre esta especie cobran real importancia, ya que el mimo es considerado el hospedero más común de la *Diaphorina citri*, sin embargo, las brotaciones continuas que presentan, pueden jugar un rol importante en mantener las poblaciones altas en momentos en que los cítricos no presentan brotaciones (Tsai et al., citado por Asplanato et al. 2009). Además, que la tasa de oviposición de *D. citri* sobre *M. paniculata* es mayor que en otros hospederos cítricos.

El aspecto del insecto adulto (volador) es de color gris, negro y marrón, su tamaño promedio es de 2.0 a 3.0 mm; cuando se alimenta de los brotes tiernos de la planta forma un ángulo de 45° sobre la superficie (Figura 3) (Augier et al. 2006).

Figura 2.
Síntomas de HLB en limón pérsico (*C. latifolia*).



Nota: (A) Moteado difuso; (B) Manchas angulares; (C) Manchas angulares y puntos cloróticos; (D) Engrosamiento y acorcharamiento de nervadura; (E) Amarillamiento generalizado de la lámina foliar; (F) Frutos de rama sintomática con amarillamiento asociado a HLB; (G) Fruto de rama sana. **Fuente:** Tomado de Flores et al. 2015.

Figura 3.
Aspecto del psílido asiático de los cítricos en su estado adulto.



Fuente: FDASC-DPI 2008.

Cuando existen altas poblaciones del PAC, ocasiona daños directos en el follaje de los árboles, produciendo enrollamiento o deformación de hojas y brotes tiernos (llamado comúnmente Pico de Lora) y muerte de yemas o cogollos que afectan el desarrollo normal de las plantas. Trabajos realizados en México por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), efectuado por Martínez Carrillo (2008), define los siguientes niveles de infestación para el manejo integrado del PAC en plantaciones de cítricos (Tabla 2).

Tabla 2.
Niveles críticos de control para el Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*)

Infestación	Brote
Nulo	Sin insectos
Bajo	5 Insectos/Brote
Medio	6 a 20 Insectos/Brote
Alto	21 en adelante

Fuente: Martínez Carrillo (2008.)

Las ninfas son de un color amarillo claro y con un par de ojos rojos, a medida que van madurando pueden presentar manchas negras de forma horizontales en su dorso; el tamaño promedio es de 0.10 mm a 1.6 mm, estas son poco móviles y no poseen alas (Martínez Carrillo 2008)

Figura 4.
Estadios ninfales de *Diaphorina citri*.



Fuente: Hall 2008.

Las características morfológicas del vector son de gran importancia a la hora de reconocer y estimar la población total del PAC en los brotes tiernos de los árboles, así como también dentro de los bordes de la plantación (efecto de borde). El muestreo del PAC es muy importante debido a que es capaz de transmitir la enfermedad en fincas vecinas afectadas con el HLB de los cítricos, razón por la cual, es de gran importancia el reconocimiento de los estadios inmaduros (ninfas) del PAC. Las ninfas en su 4.º y 5.º estadio son capaces de transmitir la enfermedad, llegando a su estado adulto (volador), donde es capaz de diseminar la enfermedad en diferentes árboles dentro de una misma plantación; así como también la dispersión del HLB de una

finca contaminada a fincas sanas o libres de la enfermedad que no reciben ningún tipo de control sobre este vector (Chiou-Nan 1998).

Se debe destacar que el PAC no es portador de la enfermedad del HLB cuando se encuentra en su estado de huevo, ninfa (1.^o, 2.^o y 3.^o). El desarrollo de la enfermedad dentro del cuerpo del PAC, comienza cuando este succiona la savia de una planta infectada durante 30 minutos, luego esta pasa a la hemolinfa del insecto, existiendo un tiempo de incubación (el desarrollo de la enfermedad en el insecto tarda entre 8 a 12 días, después de este tiempo el vector es capaz de transmitir la enfermedad durante todo su ciclo de vida a un árbol de cítrico sano (Xu et al., citado por Kondo

2017).

Lo cual es un indicador muy importante dentro de una plantación a la hora de realizar controles preventivos sobre el vector y la diseminación de la enfermedad. La capacidad de vuelo del PAC adulto es de un metro de distancia cuando se desplaza entre las ramas de una planta a otra o entre árboles de cítricos cercanos (Hall 2008).

Otros estudios realizados por Hall y Hentz, mencionado por Kondo (2017) en Florida, EE.UU., demuestran que el PAC vuela a una distancia entre 30 y 100 metros en el transcurso de un mes (Tabla 3).

Tabla 3.

Velocidad de dispersión de HLB estimada en Estados Unidos, México y Brasil

País/ Estado	Primera detección	Segunda detección	Gradiente distancia (Km)	Velocidad/ dispersión /Año (Km)
USA - Florida	Oct-2005	Ago-2008	170	57
México - P. Yucatán	Ago-2009	Ene-2011	100	67
Brasil - Sao Paulo	Mar-2004	Ene-2010	300	53

Fuente: Tomado de SENASICA 2013

PARASITOIDE *Tamarixia radiata*

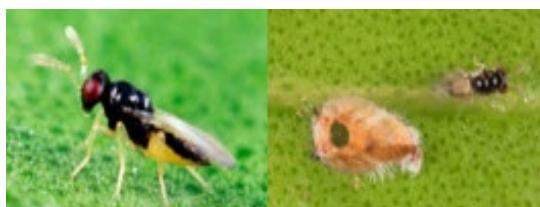
Tamarixia radiata es una avispa que actúa como parasitoide y tiene un tamaño entre 0.92 a 1.0 mm de longitud (Figura 4). El parasitoide coloca sus huevecillos en las ninfas del PAC en sus estados finales 4.^o y 5.^o antes de llegar a su fase adulta (volador). Al emerger, realiza un orificio en la parte dorsal de la ninfa parasitada. Es un eficaz controlador natural del PAC (Figura 5 y 6) (Kondo et al. 2017).

Una sola hembra de *Tamarixia radiata* es capaz de parasitar a más de 500 ninfas del PAC. Las hembras son atraídas por la mielecilla excretada por ninfas del PAC cuando estos se alimentan de brotes tiernos o suculentos (Benítez 2013, citado por Hernández 2016).

De acuerdo con programas del Centro Nacional de Referencia de Control Biológicos- SENASA en México, los meses idóneos para su liberación son aquellos donde se encuentre alta presencia de ninfas del PAC, que justamente coincide con los meses lluviosos de mayo a agosto; cuando se cuenta con agua o disponibilidad de riesgo todo el año en la plantación y las brotaciones son permanentes, las liberaciones deberán efectuarse en forma continua. El número promedio de *Tamarixia radiata* o avispas a liberar para el control del PAC (*Diaphorina citri*) con base al grado de infestación presente en la zona y según la densidad de plantas presentes. Por tanto, si observamos más de 20 ninfas de *Diaphorina citri* en promedio por brote/árbol, se deben liberar 100 individuos por 50 metros lineales; al

Figura 5.

Especímen adulto de Tamarixia radiata y parasitoide emergiendo de una ninfa de Diaphorina citri.



Fuente: Citricas.Com 2019

Figura 6.

Aspectos biológicos de Tamarixia radiata.



Nota: A. Huevo (en círculo); B. Larva; C. Prepupa; D. Pupa; E. Pupa madura; F. Apariencia de momia en vista dorsal (Pupa madura); G. Orificio de emergencia del parasitoide; H. Adulto hembra; I. Adulto macho. **Fuente:** Restrepo et al. 2016.

observar menores a 20 ninfas en promedio por brote se debe liberar 100 individuos por cada 100 metros lineales (SENASICA 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue efectuada a nivel nacional, principalmente en áreas de traspatio; las visitas de campo entre el 25 de abril al 30 de octubre de 2019, las cuales fueron planificadas con un técnico especialista del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y apoyadas con materiales y equipos del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA).

Las visitas de campo se efectuaron en las tres principales zonas del país: (zona occidental, central y oriental), para ello fue necesario el establecimiento de rutas de exploración y muestreos en las tres principales carreteras del país (Longitudinal del norte, Panamericana y Litoral). Para el desarrollo de las inspecciones en árboles de traspatio fue necesario considerar la frecuencia de brotación de algunos hospederos antes mencionados. El reconocimiento y conteo de especímenes del PAC por árbol, se realizó mediante el uso de lupas entomológicas 20x (veinte veces su tamaño real), para ello se inspeccionaban brotes de 15 cm de longitud no importando la especie de cítrico comercial u ornamental (mírto), los datos de campo fueron registrados mediante el uso de formularios.

Además, se registraron los siguientes datos: ubicación geográfica (georreferenciación) de cada uno de los árboles inspeccionados, para ello se hizo uso de la siguiente aplicación (App) Handy GPS Lite, el sistema de proyección utilizado fue Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum World Geodetic System (WGS 84), además se registraron variables climáticas como: temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) para ello se utilizó la aplicación (App) Tiempo en Vivo. Por último, se registró una variable cualitativa llamada fenología del árbol inspeccionado (como por ejemplo, brotación, floración,

fructificación).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de efectuar 21 visitas de campo, y de acuerdo con los registros obtenidos a nivel nacional en áreas de traspatio en El Salvador, se realizaron viajes de campo en los 14 departamentos del país. El total de municipios inspeccionados fue de 154, lo que representa el 59.2 % de los 272 municipios de acuerdo a la división política de El Salvador, donde en el departamento de La Libertad y Chalatenango se visitaron 19 municipios, mientras que el departamento de San Salvador fue el menor visitando con 5 municipios de los 19 que le corresponde según su división política (Figura 7).

El total de sitios inspeccionados a nivel nacional fue de 768; el departamento de La Libertad fue el que reportó la mayor cantidad de hospederos inspeccionados, con un total de 129, y el departamento que obtuvo la menor cantidad de lugares inspeccionados fue San Salvador con 10 sitios (Figura 8). El total de PAC contabilizados a nivel nacional fue de 8,719 especímenes, reportándose en el departamento de La Libertad la mayor cantidad de especímenes (2,303) y el departamento con la menor cantidad de insectos del PAC fue Cabañas (27 especímenes) (Figura 9).

La mayor densidad poblacional del PAC la reportó el departamento de San Salvador con 31 insectos, mientras que las menores densidades se encontraron en Cabañas con 2 especímenes y Morazán con 1 por sitio muestreado (Figura 10). A nivel de traspatio en El Salvador, se obtuvo presencia de parasitismo de *Tamarixia radiata* en 96 hospederos; de los cuales el departamento que obtuvo la mayor cantidad de lugares con parasitismos fue La Libertad con 18 sitios y los departamentos que presentaron la menor cantidad de lugares con presencia de parasitismo fueron Cabañas y San Salvador con un sitio inspeccionado para cada uno (Figura 11).

Figura 7.
Municipios visitados en El Salvador de abril a octubre del 2019

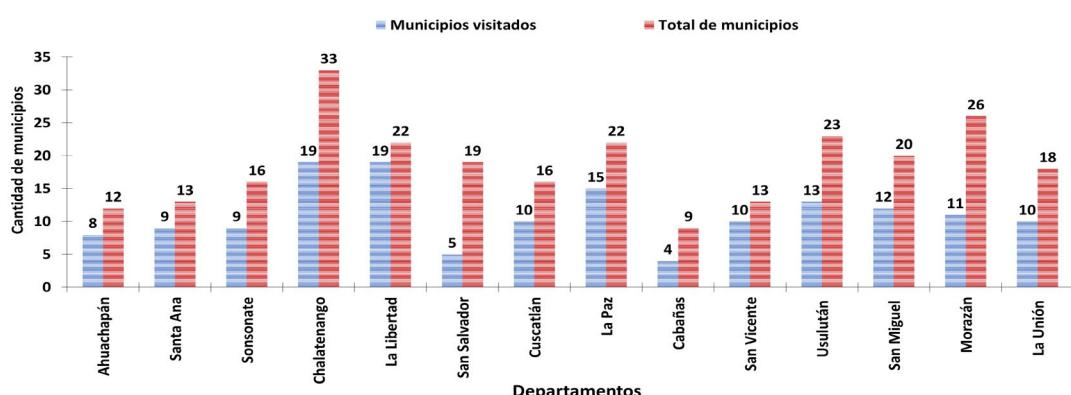


Figura 8.

Sitios inspeccionados por departamento para El Salvador en el periodo de abril a octubre del 2019



Figura 9.

Total del PAC por departamento de abril a octubre del 2019

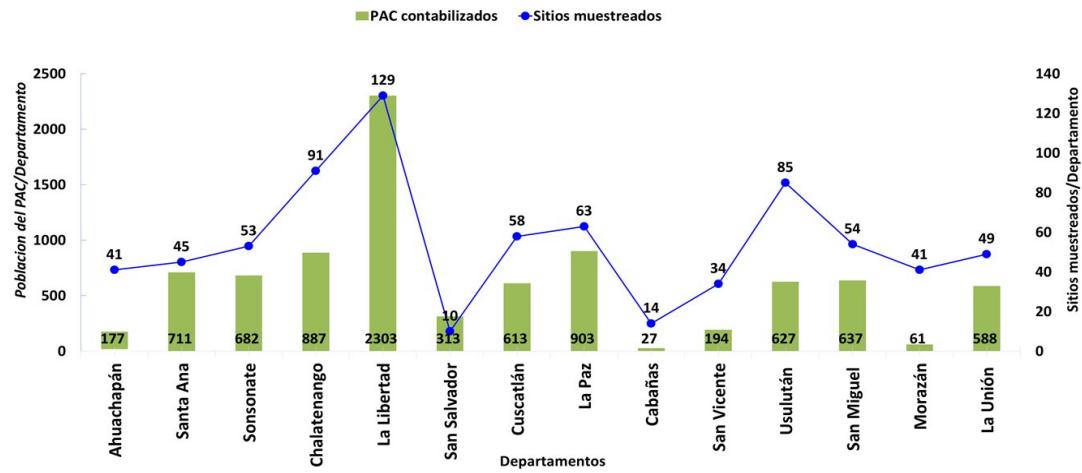


Figura 10.

Densidad población de *Diaphorina citri*, por departamento de abril a octubre del 2019.

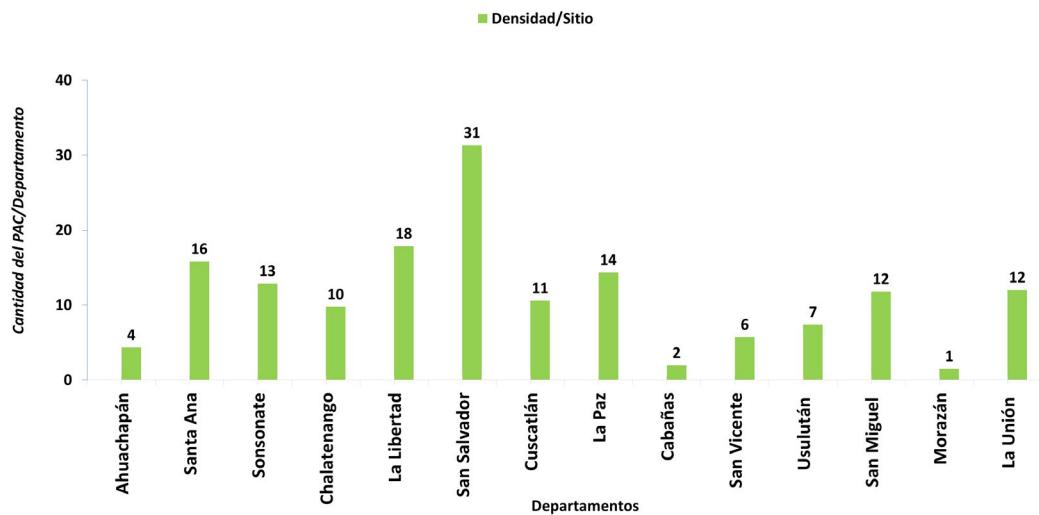
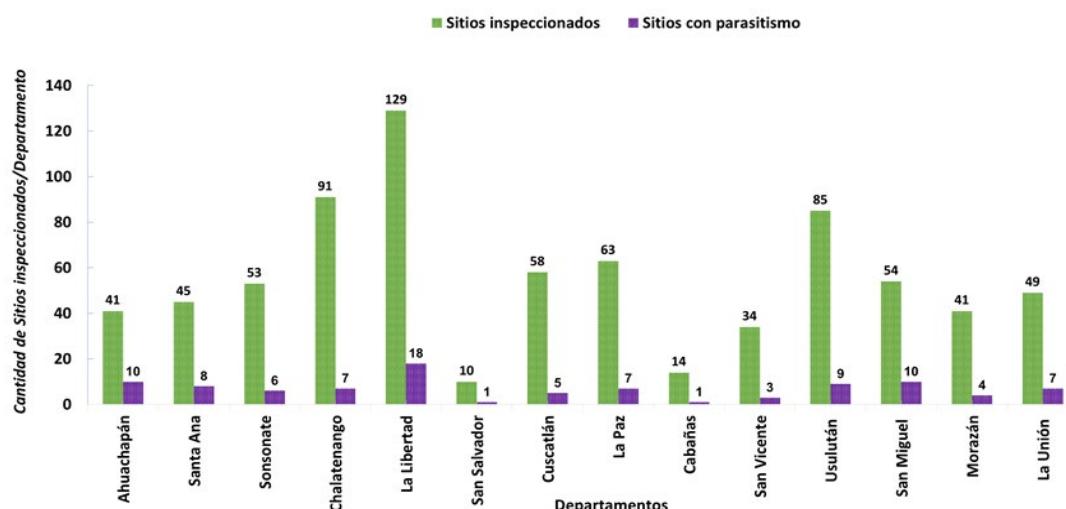


Figura 11.Presencia de parasitismo de *Tamarixia radiata* en sitios inspeccionados por departamento en el periodo de abril a octubre del 2019.

A nivel nacional, del total de sitios muestreados solamente el 13 % presentó parasitismo causado por *Tamarixia radiata*. A nivel nacional, el 42 % de los 262 municipios con parasitismo. El total de ninfas del PAC con síntomas observables de perforación en su parte dorsal o con apariencia de ninfas de color rosado a morado (meconio) fue de 317 especímenes, de los cuales el departamento que obtuvo la mayor cantidad de ninfas del PAC con presencia de parasitismos fue San Miguel con 69 ninfas representando el 22 % a nivel nacional y el departamento que obtuvo la menor cantidad de ninfas del PAC fue Cabañas con al menos dos ninfas parasitadas (1 % a nivel nacional).

El total de especímenes de *Tamarixia radiata* identificados por el Laboratorio de Diagnóstico Vegetal de Santa Ana a nivel nacional fue de 97; divididos en 49 hembras, 27 machos y 21 insectos que no se lograron identificar. Los departamentos que obtuvieron la mayor cantidad de especímenes de *Tamarixia radiata* fueron Usulután con 12 hembras y 10 machos y La Libertad con 13 hembras, 7 machos y 3 sin identificar y los departamentos que reportaron menor cantidad del parasitoide fueron Sonsonate con una hembra, Cuscatlán con una hembra y Cabañas que no presentó espécimen de *Tamarixia radiata* (Figura 12). El porcentaje de parasitismo mínimo reportado a nivel nacional fue de 1.17 % en el departamento de Sonsonate y el máximo fue del 10.83 % ubicado en San Miguel (Figura 13).

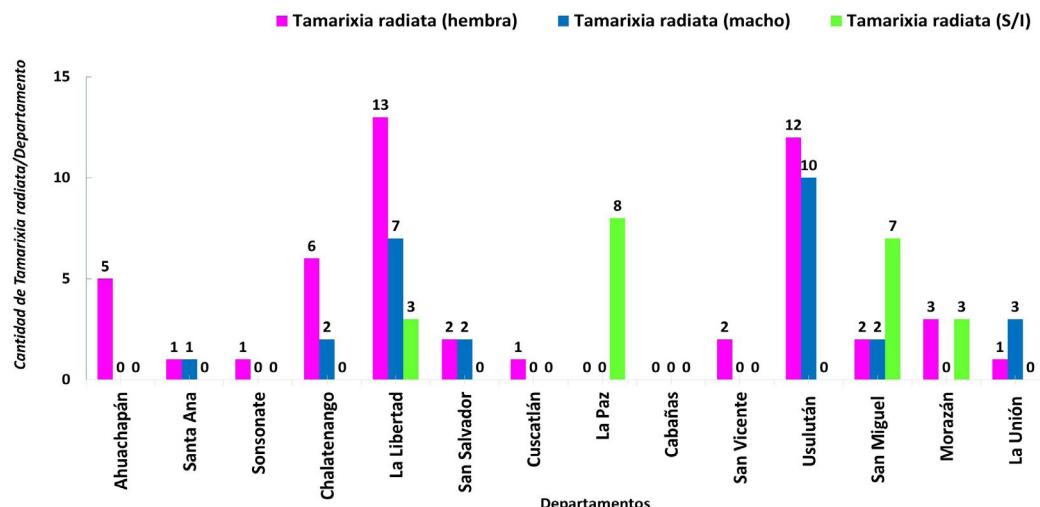
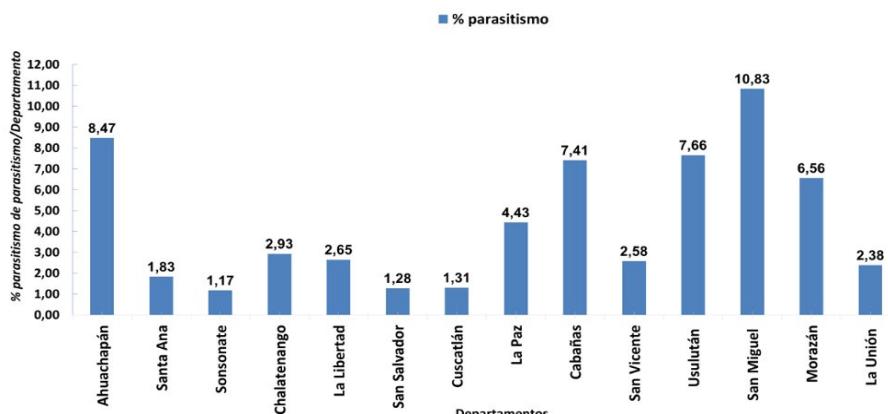
Figura 12.Totales de especímenes de *Tamarixia radiata* por departamento de abril a octubre del 2019.

Figura 13.

Porcentajes de parasitismo por departamento de abril a octubre del 2019.



Además, se encontraron 5 Encyrtidae, donde 2 se encontraron en el departamento de La Paz, 2 en San Miguel y 1 Morazán. Coccinelidae se encontraron 5 adultos: 2 en Santa Ana, 2 en La Libertad, 1 en Chalatenango y 2 adultos en La Unión. Crysomelidae se encontraron 2 adultos en San Vicente. Finalmente se identificó un hongo entomopatógeno parasitando adulto de *Diaphorina citri* conocido como *Akantomyces* sp. en Cuscatlán.

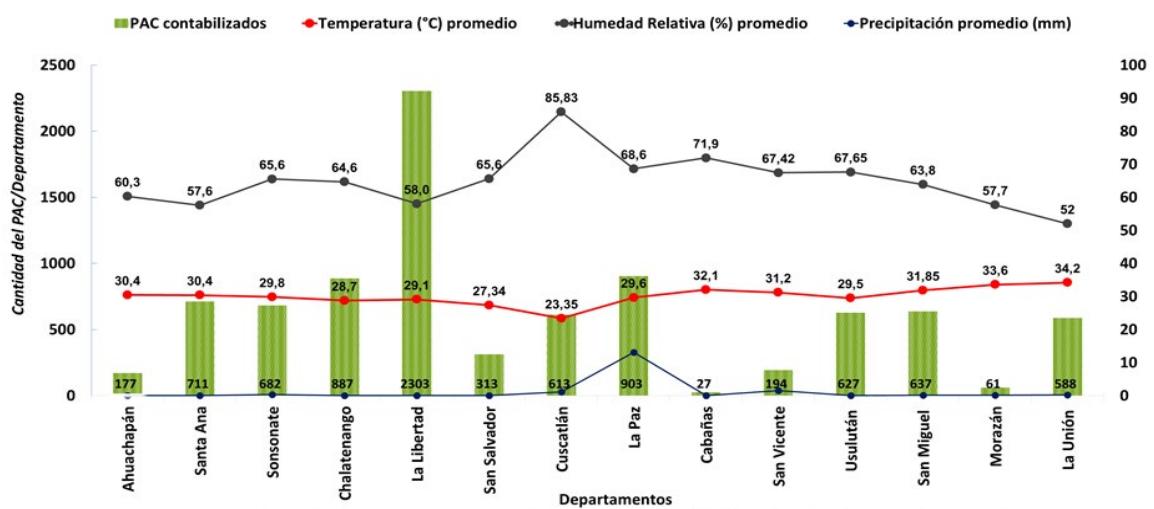
Se registró un promedio de 30.1 °C durante las 21 visitas de campo, con un máximo en el departamento de La Unión

(34.2 °C) y Morazán (33.6 °C). El departamento que registró la temperatura más baja fue Cuscatlán con 23.3 °C.

La humedad relativa promedio registrada durante las 21 visitas de campo fue 60.7 %, con un máximo en el departamento de Cuscatlán (85.83 %). El departamento que registró la humedad relativa más baja fue La Unión con 52 %. La precipitación promedio registrada durante las 21 visitas de campo fue 0.2 mm de lluvia (Figura 14).

Figura 14.

Variables climáticas registradas de abril a octubre del 2019



El total de hospederos ornamentales (mírto) inspeccionados fue de 591 plantas; el departamento con mayor cantidad de mírtos muestreados fue La Libertad con 91 plantas, de las cuales 71 se encontraban en brotación, 19 en floración y 1 en fructificación. El departamento con la menor cantidad de mírtos inspeccionados fue San Salvador con 8 plantas de las cuales 6 se encontraban en brotación, 1 en floración y 1 en fructificación.

El total de cítricos inspeccionados de la variedad criolla (índio) fue de 108 árboles. El departamento con la mayor cantidad de limón índio fue La Libertad con 28 árboles, de los cuales 23 se encontraban en brotación, 3 en floración y 2 en fructificación. El departamento con la menor presencia de limón índio fue San Salvador en el municipio de Ilopango con un árbol.

El total de cítricos inspeccionados para la variedad pérsono fue de 15 árboles. El departamento con la mayor presencia de limón pérsono fue Chalatenango con 6 árboles. El resto de departamentos reportó una cantidad de árboles menores a 1. Para la variedad naranja agria fue de 18, naranja valencia 13, naranja Washington 8, naranja sin identificar 4, mandarina reina fue de 1, mandarina sin identificar 5, toronja fue de dos y lima fue de un árbol, el cual no se identificó su variedad; el departamento con mayor presencia de estos cítricos es Cuscatlán con 2 naranjas agria, 3 naranja valencia, 2 naranja Washington y 3 mandarina sin identificar, de los cuales 8 árboles se encontraban en brotación y 2 en fructificación (Figura 15).

Figura 15.
Hospederos por departamento inspeccionados de abril a octubre del 2019

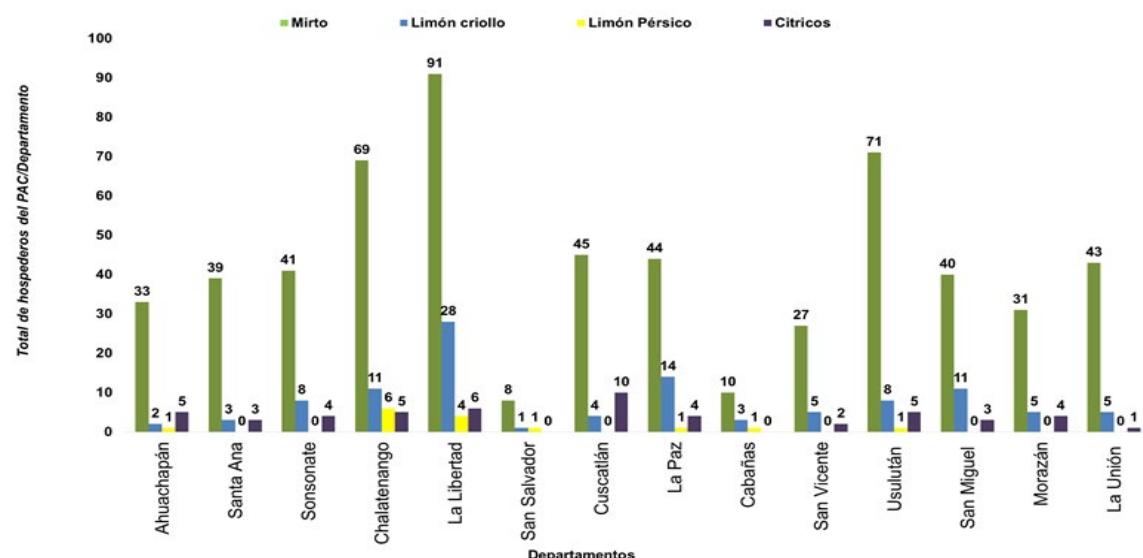
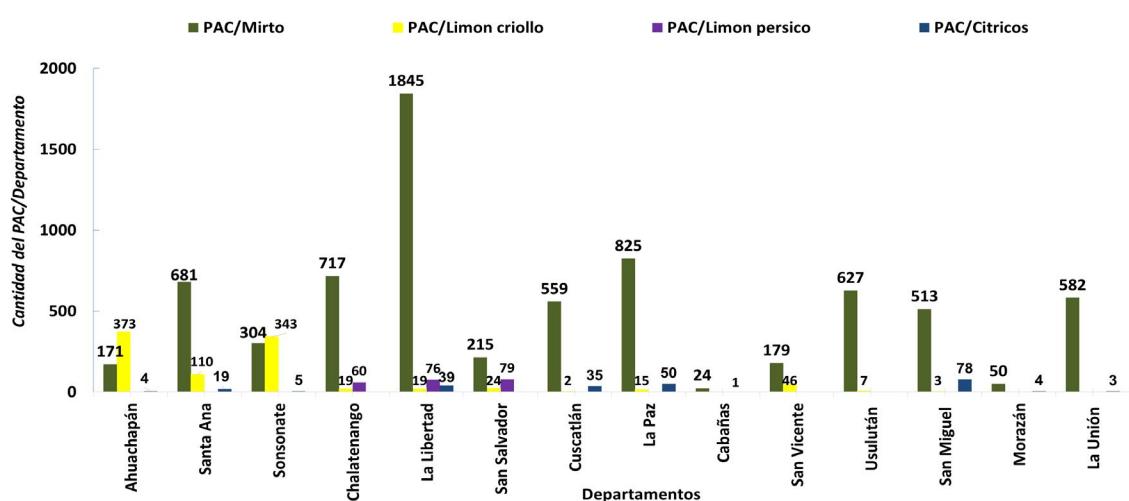


Figura 16.
Población del PAC de acuerdo al hospedero por departamento de abril a octubre del 2019



Referente al tema de *Tamarixia radiata* se registró que el sitio con mayor número de parasitoides fue el municipio de Puerto El Triunfo, departamento de Usulután con un total del PAC de 58 especímenes, un porcentaje de ninfas parasitadas de 0 % a 19.61 % y un total de *Tamarixia radiata* de 9 especímenes en hospederos de mirto en fase de brotación y floración, además se registraron en ese sitio las siguientes variables climáticas: 30.6 °C, 67.2 % HR, 0.00 mm de precipitación y 4 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar).

El segundo sitio con mayor número de parasitoides se reportó en el municipio de La Libertad, departamento de La Libertad con un total de PAC de 686 especímenes, un porcentaje de ninfas parasitadas de 0.89 % a 44.89 % y un total de *Tamarixia radiata* de 7 especímenes en hospederos de mirto, con una fase fenológica de brotación y floración; además se registraron en ese sitio las siguientes variables climáticas: 31.2 °C, 56.4 % HR y 0.00 mm de precipitación y 10 m s. n. m.

Nuestros resultados concuerdan con los de Kondo (2017), donde menciona que bajo condiciones experimentales *Tamarixia radiata* se desarrolla en 25 y 27° C, 70 % HR, pero más bien los resultados coinciden con Sánchez et al. (2015), quienes afirman que este parasitoide tiene la habilidad de adaptarse a diferentes condiciones; debido a ello se ha utilizado ampliamente en programas de control biológico contra *D. citri*, es decir, que *Tamarixia radiata* se desarrolla con mayor facilidad en condiciones climáticas de la zona costera que oscila entre 30- 35 °C en El Salvador

Las mayores poblaciones de *Diaphorina citri* se reportaron en los hospederos: mirto con un total de especímenes del vector de 7,292 en 592 setos inspeccionados; limón criollo (indio) con 973 especímenes en 107 árboles muestrados; limón pérsico con 207 especímenes en 13 árboles; naranja (valencia, agria y Washington) con 233 especímenes en 43 árboles; mandarina (Jamaica, reina y especies sin identificar) con 4 especímenes en cinco árboles; toronja con 0 especímenes en dos árboles y lima con 0 especímenes en un árbol. Según Tsai et al., (citado por Asplanato et al. 2009), mencionan que se ha encontrado que el mirto no es un hospedero preferente del psílido, sin embargo, las brotaciones continuas que presentan pueden jugar un rol importante en mantener las poblaciones altas en momentos en que los cítricos no presentan brotaciones.

Para el departamento de Ahuachapán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Francisco Menéndez (65 insectos) y Concepción de Ataco (37 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC.

Se destaca que los mismos municipios presentaron los mayores porcentajes de parasitismo de *Tamarixia radiata*

en campo con valores del 33.33 % en cada uno. San Francisco Menéndez y Tacuba presentan el mayor número de especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados con un total de 2 en cada uno.

Para el departamento de Santa Ana, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Metapán (501 insectos) y Santiago de la Frontera (88 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (de 30 a 31 °C). Se destaca que el municipio de Metapán presentó el mayor de porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 18.32 %.

Para el departamento de Sonsonate, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Acajutla (405 insectos) y Santa Isabel Ishuatán (91 insectos), debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre 29.6 y 32 °C); también se presentan cantidades altas de humedad relativa (de 60.2 y 67.8 %). Para el municipio de Sonsonate se recolectó un único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata*.

Para el departamento de Chalatenango, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Nueva Concepción con 228 PAC y Concepción Quezaltepeque con 135 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC. Se destaca que el municipio de San Miguel de Mercedes presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %, seguido del municipio de Nueva Concepción con el 42.86 %. De 7 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de Chalatenango, Azacualpa presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 2.

Para el departamento de La Libertad, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron La Libertad con 686 PAC y San Matías con 410 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 30.1 y 31.2 °C). Se destaca que el municipio de Ciudad Arce presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %, seguido del municipio de San Pablo Tacachico con el 60 %. De los 20 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Libertad, el municipio de La Libertad presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 7.

Para el departamento de La Libertad, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron La

Libertad con 686 PAC y San Matías con 410 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 30.1 y 31.2 °C). Se destaca que el municipio de Ciudad Arce presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 % seguido del municipio de San Pablo Tacachico con el 60 %. De los 20 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Libertad, el municipio de La Libertad presenta el mayor número de especímenes recolectados con un total de 7.

Para el departamento de San Salvador, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Salvador con 170 PAC y Nejapa con 67 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados como la disponibilidad de mirto en los municipios y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC (rango de temperatura entre los dos municipios: 28.7 y 29 °C). Se destaca que el municipio de Soyapango presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 25 %. De los 3 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de San Salvador, el municipio de Soyapango presenta el mayor número de especímenes hembras recolectados con un total de 2.

Para el departamento de Cuscatlán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Suchitoto con 312 PAC y Santa Cruz Analquito con 95 insectos, debido al ambiente propicio en cuanto a brotes tiernos en los hospederos inspeccionados y la temperatura idónea para el desarrollo del PAC. Se destaca que el municipio de Suchitoto presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 66.67 %. El único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata* fue recolectado en el municipio San Bartolomé Perulapía.

Para el departamento de La Paz los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC contabilizaron fueron San Juan Talpa con 410 PAC y Cuyultitán con 120 insectos, debido a que se registran temperaturas arriba de los 30°C y una humedad relativa donde no infiere en la reproducción del psílido. Se destaca que el municipio de San Juan Tepezontes presentó el mayor porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata* en campo con valor del 100 %.

De los 8 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento de La Paz, los municipios de El Rosario y San Pedro Nonualco presentan los mayores números de especímenes recolectados con un total de 2 en cada uno. El enemigo natural de vector del HLB se encuentra en mayor presencia que en comparación al departamento de Cuscatlán ya que las diferencias de

temperatura son significativas, siendo más caluroso en La Paz y proporcionando el establecimiento seguro del parasitoide.

Para el departamento de Cabañas, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Ilobasco con 13 PAC y Sensuntepeque con 10 insectos. El departamento presenta condiciones climáticas donde *Diaphorina citri* no tendría obstáculos para desarrollarse, pero la ausencia o poca presencia de hospederos principalmente mirto, es que ubican a este departamento entre los más bajos en poblaciones del vector del HLB.

Las poblaciones bajas inciden en la ausencia del parasitoide *Tamarixia radiata* donde solo se encontraron 2 ninfas con presencia de parasitismo, este controlador biológico busca nuevos hospederos donde las poblaciones del PAC sean altas para establecerse. Las condiciones climáticas para el desarrollo de *Tamarixia radiata* posiblemente no sean las óptimas ya que prefiere condiciones de zonas costeras como es el caso en la playa San Diego, departamento de La Libertad donde se ha reportado mayor presencia del insecto.

Para el departamento de San Vicente, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Verapaz con 109 PAC y Apastepeque con 29 insectos.

En este departamento se registran temperaturas más altas, humedad relativa más baja, menor precipitación en los municipios que se encuentran a 500 m s. n. m. o cerca del mar, donde las temperaturas son más cálidas, lo que incide en que *D. citri* encuentre las condiciones climáticas requeridas para el aumento en la densidad poblacional ya que las condiciones ambientales aceleran el ciclo biológico del insecto. Con condiciones climáticas como las que presenta San Vicente y las altas poblaciones del vector, se reportó la presencia del parasitoide *Tamarixia radiata*, dejando evidencia de las preferencias climáticas del controlador biológico. De los 2 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, el municipio de Apastepeque y Tecoluca presentan los mayores números de especímenes recolectados con un total de 1 en cada uno.

Para el departamento de Usulután, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Ozatlán con 209 PAC y Mercedes Umaña con 115 insectos. La alta presencia de hospederos mirtos en brotación y las condiciones climáticas favorables provocan las altas poblaciones del PAC donde posicionan al departamento entre los más infestados por *Diaphorina citri*, pero las presencias de estas altas densidades son atractivas para parasitoides como *Tamarixia radiata* en donde se reportó la más alta cantidad de especímenes, lo que hace al departamento como una fuente de un pie de cría a futuro para su reproducción.

De los 22 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, el municipio de Puerto El Triunfo presentó el mayor número de especímenes recolectados a nivel nacional con un total de 9 (5 hembras y 4 machos), seguido de Nueva Granada con 4 (2 hembras y 2 machos). El parasitoide fue reportado entre 400 a 4 m s. n. m. donde el clima es muy cálido y la humedad relativa es baja por lo que acelera el ciclo biológico y su reproducción es más corta para la producción de especímenes en menor tiempo.

Para el departamento de San Miguel, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC contabilizados fueron Chirilagua con 207 PAC y Chinameca con 88 insectos.

El departamento de San Miguel cuenta con similares condiciones climáticas con Usulután por lo tanto presentó altas densidades del PAC en hospederos principalmente de mirto. De los 9 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* en el departamento, el municipio de Chinameca presentó el mayor número de especímenes recolectados con un total de 4, seguido de San Gerardo y Moncagua con 2 en cada uno. Se demuestra que el parasitoide prefiere temperaturas cálidas y secas para su reproducción a una elevación en el departamento de San Miguel que ronda entre 550- 50 m s. n. m.

Para el departamento de Morazán, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron San Simón con 25 PAC y Sociedad con 16 insectos. La baja población del PAC registrada en el departamento de Morazán es debido a que los muestreos se realizaron en los municipios más altos que van desde 500 a 1200 m s. n. m. donde el vector del HLB D. citri no se desarrolla rápidamente, pero por debajo de los 300 m s. n. m. las poblaciones del PAC aumentan por las condiciones cálidas. De los 6 especímenes adultos de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento, los municipios de Oscicala y Sociedad presentaron los mayores números de especímenes recolectados con un total de 2 en cada uno.

Para el departamento de La Unión, los municipios que presentaron las mayores cantidades de PAC fueron Anamorós con 202 PAC y Yucuáquín con 135 insectos. La Unión reporta las temperaturas más altas de El Salvador, con estas condiciones el insecto vector se reproduce rápidamente en temperaturas arriba de los 34 °C y a una altura entre 300 a 10 m s. n. m. El único espécimen adulto hembra de *Tamarixia radiata* recolectados en el departamento se reportó en el municipio de Anamorós.

BIBLIOGRAFÍA

Asplanato, G; Pazos, J; Buenahora, J; Amuedo, S; Rubio, L; Franco, J. 2009. EL Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*, vector del HLB, problemática

y control en el mundo (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. Consultado 10 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Z0bOVw>

Augier, L; Gastaminza, G; Lizondo, M; Arganaraz, M; Willink, E. 2006. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el Noroeste Argentino (NOA) (en línea). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 65 (3-4): 67-68. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2GVGvWC>

Bové, JM. 2006. HUANGLONGBING: A destructive, newly-emerging, century old disease of citrus. (en linea). Brasil. Consultado 28 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2q27FEA>

Chiou-Nan, C.1998. Ecology of the Insect Vectors of Citrus Systemic Diseases and Their Control in Taiwan (en línea). Food and Fertilizer Technology Center Publication Database. Consultado 20 feb 2019. Disponible en <https://cutt.ly/0r2fC1c>

Criticas.com. 2019. Controlador biológico: *Tamarixia radiata*. (en linea). Consultado 05 ene 2020. Disponible en: <https://criticas.com/controlador-biologico-tamarixia-radiata>

FDASC-DPI (Florida Department of Agriculture and Consumer Services - Division of Plant Industry, Estados Unidos de América). 2008. Adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (2-3 millimeters long) on a young citrus leaf (en línea, fotografía). Florida, Estados Unidos de América. Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2TaXtMl>

Flores Sánchez, JL; Mora Aguilera, G; Loeza kuk, E; Lopez Arroyo, JL; Dominguez Mongue, S; Acevedo Sanchez, G; Robles Garcia, P. 2015. Perdidas en producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatan, Mexico.

Hall, D. 2008. Biology, history and world status of *Diaphorina citri* (en línea). USDA-ARS, Horticultural research laboratory. Consultado 15 ago 2019. Disponible en <https://bit.ly/3d0wqav>

Hernández, 2016. Inverntario de enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* (kuwayama, 1907) (hemiptera: Psyllidae) en dos fincas de producción citrícola en el departamento de San Salvador El Salvador. (En linea). Consultado 20 sep 2020. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/19_Hernandez_16.pdf

Kondo, T. 2017. Protocolo de cría y liberación de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). Mosquera, Colombia, CORPOICA. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Td0QNm>

Martínez Carrillo, JL. 2008. Ficha técnica de *Diaphorina citri* Kuwayama: Psílido Asiático de los Cítricos (en línea). San Luis Potosí, México, SAGARPA. Consultado 5 abr. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2wM9wOE>

- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá). 2016. Resolución No. OAL-039-ADM-2016 Panamá, 3 de febrero (en línea). Consultado 29 feb. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Er60DeT>
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, El Salvador). 2015. Protocolo del Manejo Integrado del Huanglongbing. San Salvador, El Salvador, Taiwán ICDF.
- Restrepo García, A. M., Arias Ortega, P. L., y Soto Giraldo, A. 2016. Primer reporte de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en el departamento de Caldas, Colombia. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 20(1), 204–210. Disponible en <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.15>
- Reyes, R; Cruz, JE. 2007. Diagnóstico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), en fincas y viveros de El Salvador. La Libertad, El Salvador, MAG. 25 p.
- Sánchez González, J. A; Vizcarra Valdez, N. I.; Moreno Carrillo, G; Alpizar Puente, R. A; Contreras Bermúdez, Y; Sandoval Rodríguez, D. E.; Palomares Pérez, M; González Cabrera, J.; Medina García, N. I.; Cordoba Urtiz, E. G. 2015. Manual de reproducción masiva de *Tamarixia radiata*. (en línea). Consultado 20 feb. 2020. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/210349/manual_de_reproducción_Masiva_de_Tamarixia_Radiata-23-06-2016.pdf
- Santivañez, P; Mora, G; Díaz, G; López, Vernal, P. 2013. Marco Estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe (en línea). Santiago de Chile, Chile, FAO. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3319s.pdf>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México). 2013. Huanglongbing *Candidatus Liberibacter* spp. (en línea). México. Ficha técnica n° 78. Consultado 26 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/367xVY7>

Evaluación de dos niveles de harina de moringa (*Moringa sp.*) en concentrado balanceado, para la alimentación de pollos de engorde de la línea Cobb

Artículo científico

Ocon-Ortiz, C.B.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.

Espinosa-Ortiz, N.C.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.

Iraheta-Villatoro, R.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.

Arias-Linarez, A.Y.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.

Quezada-Fuentes, C.E.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia.

RESUMEN

La investigación consistió en dos fases: la recolección de materia prima de hojas de moringa en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, seguida de la fase de campo en un módulo avícola en Panchimalco, departamento de San Salvador, se realizó de noviembre de 2020 a enero de 2021. El objetivo fue evaluar la ganancia de peso en pollos de engorde con diferentes niveles de harina de moringa (T0: testigo, T1: 5 %, T2: 10 %). Utilizando 135 pollos de la línea Cobb, se analizaron variables claves como ganancia de peso, conversión alimenticia, peso de canal, y costos de producción. Los resultados revelaron diferencias significativas entre los tratamientos. El T0 demostró una ganancia de peso diaria promedio de 363.13 g y una eficiente conversión alimenticia de 1.84, destacándose como el tratamiento más eficiente. En contraste, el T2 mostró una menor eficiencia con 306.76 g y una conversión alimenticia de 2.17. En peso de canal, T0 y T1 superaron a T2, demostrando mejores resultados que la adición del 10 % de harina de moringa. El análisis estadístico confirmó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, respaldado por una variabilidad (C.V. de 1.08 %) y un nivel de significancia ($P<0.05$). Desde una perspectiva económica, la evaluación reveló que el T0 fue el tratamiento más rentable con USD 37.70 (USD 0.84 por ave), seguido por T1 con USD 34.57 (USD 0.77 por ave), mientras que el T2 resultó en una pérdida neta de USD 8.13 (-USD 0.18 por ave). Estos hallazgos destacan la importancia de considerar tanto la eficiencia productiva como los aspectos económicos al tomar decisiones en la producción avícola, guiando la toma de decisiones informadas en la implementación de estrategias alimenticias en la producción de pollos de engorde.

ABSTRACT

The research consisted of two phases: the collection of raw material from Moringa leaves at the Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, followed by the field phase in a poultry module in Panchimalco. This was carried out from November 2020 to January 2021. The objective was to evaluate the weight gain of broiler chickens with different levels of moringa flour (T0: control, T1: 5%, T2: 10%). Using 135 Cobb breed chickens, key variables such as weight gain, feed conversion, carcass weight, and production costs were analyzed. The results revealed significant differences between treatments. T0 showed an average daily weight gain of 363.13g and an efficient feed conversion of 1.84, standing out as the most effective treatment. In contrast, T2 had a lower efficiency with 306.76g and a feed conversion of 2.17. In carcass weight, T0 and T1 outperformed T2, and showed better results than the addition of 10% Moringa flour. Statistical analysis confirmed the existence of significant differences between treatments, supported by a variability (C.V. of 1.08%) and a significance level ($P<0.05$). From an economic perspective, the evaluation revealed that T0 was the most profitable treatment with USD 37.70 (USD 0.84 per bird), followed by T1 with USD 34.57 (USD 0.77 per bird), while T2 resulted in a net loss of USD 8.13 (-USD 0.18 per bird). These results highlight the importance of considering both production efficiency and economic aspects when making decisions in poultry production and guide informed decisions in the implementation of feeding strategies in broiler chicken production.

Keywords: Moringa, feeding alternative, productive parameters.

Título en inglés:

Evaluation of two levels of moringa flour (*Moringa sp.*) in balanced concentrate, for feeding broiler chickens of the Cobb line

Correspondencia:
raul.ihaheta@ues.edu.sv

Presentado:
10 de febrero de 2024

Aceptado:
05 de abril de 2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

INTRODUCCIÓN

La avicultura en El Salvador ha desempeñado un papel importante en el desarrollo económico y a su vez en la nutrición de la población a lo largo de los años; la carne de pollo es un producto de alta demanda y fácil acceso, siendo parte importante dentro de la canasta básica de los salvadoreños. En el año 2021, la producción de carne de pollo en el país alcanzó las 341.8 millones de libras, con un consumo per cápita de 48.3 libras (AVES, 2021).

A pesar de que el sector avícola ha experimentado avances significativos en términos de genética, nutrición, manejo, alojamiento y bienestar animal, la alimentación balanceada es un factor clave en la producción que representa entre el 60 % y 70 % de los costos totales. Sin embargo, el precio de los granos básicos utilizados en la alimentación animal, como la harina de maíz, la harina de soya y los aditivos, están sujetos a variaciones en el mercado, estas materias primas son importadas y sus precios varían semanalmente, por lo tanto, pequeños como medianos productores enfrentan desafíos al buscar nuevas alternativas de alimentación animal mediante el uso de forrajes promisorios (Cuca, 2009).

La implementación de la moringa como alternativa alimenticia en la crianza de pollos de engorde está siendo cada vez más adoptado por los países de América debido a su valor nutricional, ya que aporta minerales, vitaminas y carotenoides que le dan pigmento a la piel del pollo y a la yema de huevo (Sebola *et al.*, 2015). La moringa se ubica como un suplemento que se puede utilizar, si es debidamente balanceado, en la dieta bovina, porcina, aves, peces, etc., además, en la elaboración de harina proteica y materia prima para fábricas de concentrados balanceados, para animales de alta conversión y bajo costo. Esto se realiza mediante el proceso de deshidratación, molienda, acondicionamiento, extruido o peletizado (Garavito, 2008).

La harina de moringa puede ser incluida en forma segura hasta un 8 % de las dietas para pollos sin producir efectos adversos sobre el rendimiento de la carcasa y cortes de valor comercial; además, se ha observado un aumento en el consumo de alimento en aves cuyas dietas incluyen moringa (Gómez *et al.*, 2016). El objetivo de la investigación fue medir el efecto de la adición de harina de moringa a la dieta balanceada de pollos de engorde línea Cobb, sobre los siguientes parámetros productivos: peso vivo, ganancia de peso diaria promedio, conversión alimenticia, peso en canal y características organolépticas.

MATERIALES Y METODOS

Duración, ubicación y unidades experimentales.

La investigación se desarrolló desde el mes de noviembre 2020 al mes de enero 2021 y se dividió en dos fases: la primera, que se llevó a cabo en la parcela de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de La Paz, con una altitud promedio de 50 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de la costa de 8 km. La temperatura mínima promedio oscila entre 23.8 °C y la máxima entre 39.5 °C, con una humedad relativa que varía entre el 68 % y el 80 % (Paredes, 2011). El módulo avícola se estableció en el caserío Las Joyitas, jurisdicción de Panchimalco, departamento de San Salvador, a una latitud 13°37'28" Norte 89°10'15" Oeste. Con una elevación 824 m s. n. m., con una temperatura para el periodo de noviembre a enero de 29.9 °C y humedad relativa promedio de 70 % para ese trimestre. Se utilizaron 135 pollos de engorde de la línea Cobb® de un día de nacidos, los cuales fueron distribuidos en 3 tratamientos con 5 repeticiones cada uno; 45 pollos por tratamiento, 9 pollos por repetición.

Metodología de campo

Procesamiento de la materia prima (harina de moringa) para su incorporación en el concentrado balanceado

El material utilizado para elaborar la harina de moringa se obtuvo de una parcela establecida en la EEP. Los árboles utilizados tenían una edad de tres años. Para recolectar la moringa de manera periódica se realizaba una poda manual de las ramas cada 45 días. Las ramas eran almacenadas en sacos de nylon para su transporte al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se obtuvo una relación de materia seca de 1 quintal por cada 4 quintales de materia verde.

El proceso de preparación para la deshidratación consistió en el deshojado, limpieza y colocación de las hojas extendidas en bandejas de aluminio que luego fueron transferidas dentro de la estufa de aire circulante a una temperatura de 70 °C durante 24 horas. Después de deshidratar las hojas de moringa, se procedió a molerlas con un molino de martillo, lo que resultó en la obtención de harina. Esta fue pesada cuidadosamente en una balanza analítica y luego almacenada en bolsas tipo ziploc, las cuales fueron previamente etiquetadas. Estas bolsas se colocaron en cajas herméticas para su adecuado almacenamiento.

Formulación de las dietas

Las dietas se balancearon utilizando el programa “Feed formulation software”. Para ello se consideraron los requerimientos nutricionales recomendados por las aves de la línea Cobb. Las dietas se elaboraron y balancearon de manera isoproteica para todos los tratamientos, con el objetivo de mantener un equilibrio adecuado de proteínas con relación a otros nutrientes, preparando los tratamientos con harina de moringa (Cuadro 1). Tomando como base

la edad cronológica de los pollos, además, se utilizó un concentrado de inicio durante las primeras tres semanas.

Los niveles de proteína en el concentrado fueron de 22 % para el T0, 21.99 % para el T1 y 21.99 % para el T2. Posteriormente, se realizó una transición durante tres días para cambiar de las formulaciones de concentrado de inicio a concentrado de final de engorde, el cual tenía un nivel de proteína de 19 % para todos los tratamientos.

Cuadro 1.

Composición de la dieta testigo y los tratamientos usando harina de moringa.

Materias primas	T0		T1		T2	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Harina de moringa	0.00 %	0.00 %	5.00 %	5.00 %	10.00 %	10.00 %
Harina de maíz	49.23 %	54.38 %	46.71 %	51.91 %	43.83 %	49.53 %
Harina de soya	39.70 %	33.50 %	36.60 %	30.50 %	33.80 %	27.40 %
Melaza de caña	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %
Aceite vegetal	5.30 %	6.80 %	6.00 %	7.50 %	6.80 %	8.00 %
Carbonato de calcio	1.50 %	1.40 %	1.50 %	1.20 %	1.50 %	1.20 %
Fosfato dicálcico	1.20 %	1.20 %	1.25 %	1.25 %	1.25 %	1.25 %
Sal común	0.30 %	0.30 %	0.30 %	0.30 %	0.30 %	0.30 %
Premix Vit min LVB	0.20 %	0.20 %	0.20 %	0.20 %	0.20 %	0.20 %
Secuestrante	0.02 %	0.02 %	0.02 %	0.02 %	0.02 %	0.02 %
Pigmentante	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Lisina	0.30 %	0.05 %	0.20 %	0.00 %	0.10 %	0.00 %
Metionina	0.25 %	0.15 %	0.22 %	0.12 %	0.20 %	0.1 %
Total	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %

Suministro y horarios de alimentación de aves

La provisión de alimento se llevó a cabo siguiendo las directrices de manejo de las aves (Cobb-Vantress Inc. 2019). Se tomó nota del peso diario de la ración suministrada, comenzando con 40 gramos de concentrado por ave en la primera semana, aumentando a 80 gramos en la segunda, 125 gramos en la tercera, 165 gramos en la cuarta, 194 gramos en la quinta, y finalmente, 220 gramos en la sexta semana. Esta cantidad se dividió en dos porciones y se administró dos veces al día, a las 8:00 a. m. y a las 3:00 p. m.

Instalaciones y equipo

Se seleccionó y modificó una galera existente, la cual fue adaptada a las necesidades del estudio. La estructura resultante obtuvo dimensiones totales de 6 metros de largo, 4 de ancho y 3 de alto. En el interior de la estructura se construyeron 3 corrales de 8 metros cuadrados cada uno.

Preparación de la galera antes de la llegada de las aves

15 días antes de la llegada de las aves, se realizó una limpieza exhaustiva en la galera. Posteriormente, se procedió a lavar minuciosamente los restos de material, polvo y suciedad utilizando detergentes y abundante agua. Para el cuarto de cría cada tratamiento de la galera fue utilizada como sala de cría, donde se acondicionaron espacios para alojar a los pollitos.

Fuente de calor e iluminación

Durante las primeras dos semanas de vida se les brindó a las aves una fuente de calor con foco incandescente (criadora) usando relación de 1 watts por pollo, a una altura de 1 metro, de manera continua durante las primeras 24 horas. Posterior, esta se modificó elevando el foco (criadora) cada semana. La iluminación se brindó 24 horas continuas para facilitarle al pollo, en su fase de adaptación, entrar en contacto con la comida, posteriormente se utilizó por 20

horas hasta el sacrificio.

Pesaje de aves

Se tomaron datos de peso al inicio y al final de la investigación con una frecuencia de cada siete días. En el día de recibimiento se tomaron los datos de peso como referencia, hasta el sacrificio a los 42 días.

Recibimiento de los pollos

Con anticipación a la llegada de las aves se activó la fuente de calor en la galera para tener una temperatura óptima de aproximadamente 33 °C. Al momento del recibimiento se tomó el peso inicial y se colocaron en su cuarto de cría cada grupo según el tratamiento correspondiente, se suministraron electrolitos de vitaminas y minerales en el agua de bebida.

Plan de vacunación

Al cumplir 7 días se aplicó New Castle cepa Lasota + Bronquitis cepa Massachusetts, vía ocular, una gota en cada ave. Finalmente, al día 21 se aplicó New Castle cepa Lasota+ Bronquitis cepa Massachusetts+ Gumboro cepa Lukert, vía ocular, una gota en cada ave.

Sacrificio de las aves

Al cumplirse seis semanas del ciclo de producción, se sacrificaron 15 aves por tratamiento. Previamente, las aves fueron sometidas a un ayuno de 12 horas. Posteriormente, se registró el peso en canal por cada tratamiento y se empaquetaron en bolsas plásticas de cinco libras para ser almacenados.

Metodología Estadística

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos y cinco repeticiones con un nivel de significancia estadística del 5 %, debido a la naturaleza de las unidades experimentales.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se realizaron las siguientes pruebas: análisis de varianza (ANOVA), comparación múltiple de medias utilizando la prueba diferencia mínima significativa honesta (DMSH) o método de Tukey, para todas las variables y los muestreros realizados. Los datos obtenidos en campo fueron organizados en hojas de cálculo de Excel® y procesados por medio del software Infostat®.

Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos (Tabla 2), descritos de la siguiente manera: T0= testigo dieta balanceada sin inclusión de harina de Moringa; T1= dieta balanceada con inclusión del 5 % de harina de Moringa; T2= dieta balanceada con inclusión del 10 % de harina de Moringa; tres tratamientos de 45 aves cada uno, con 5 repeticiones cada uno.

Tabla 2.

Diseño de los tratamientos

Tratamientos		Repeticiones				
T0	T0R ₁	T0R ₂	T0R ₃	T0R ₄	T0R ₅	
T1	T1R ₁	T1R ₂	T1R ₃	T1R ₄	T1R ₅	
T2	T2R ₁	T2R ₂	T2R ₃	T2R ₄	T2R ₅	

Descripción de variables

Peso vivo (PV): se llevó a cabo tomando el peso vivo al final del corte semanal, pesando a las 45 aves por tratamiento, llevando un registro digital del peso expresado en gramos de cada semana y al final del ciclo de producción.

Ganancia de peso diaria promedio (GP): para el primer día de vida, se registró el peso inicial de cada pollo. Posteriormente, se determinó la ganancia de peso diaria, que se obtuvo a partir del peso vivo final de la semana, del cual se restó el peso inicial, y el resultado se dividió entre la cantidad de días vividos por el ave. Esto se puede expresar de la siguiente manera: ganancia de peso diaria = (peso vivo al final de la semana - peso inicial) / edad del ave en días.

Conversión alimenticia (C.A.): se midió la relación entre el alimento consumido y el peso ganado, esto se llevó a cabo de forma semanal utilizando la siguiente fórmula: conversión alimenticia= alimento consumido/ peso vivo.

Peso en canal (P.C.): el peso de la canal se determinó al final de las 6 semanas en donde se pesó el ave sacrificada sin plumas y vísceras. El registro de peso en canal se expresó en gramos. Además, para determinar el peso en canal, se tomaron mediciones del peso vivo en pie y después del proceso de sacrificio.

METODOLOGÍA SOCIOECONÓMICA

Para determinar la metodología socioeconómica y ambiental se utilizaron los parámetros de CIMMYT (Centro de Investigación de Mejoramiento del Maíz y Trigo), en el cual se evaluó rendimiento promedio por tratamiento, rendimiento ajustado, beneficios brutos de campo, total de costos que varían y beneficio neto. Los datos procesados

para el análisis económico se obtuvieron de la siguiente manera:

Rendimiento en canal por tratamiento: es el resultado del peso promedio de la canal en libras multiplicada por el número de aves del tratamiento (45 aves).

Rendimiento en canal por tratamiento = peso promedio de la canal * total de aves por tratamiento.

Rendimiento Ajustado: se calculó multiplicando el rendimiento promedio por tratamiento por el ajuste de 0.15. (15 %) para poder obtener resultados significativos en el ensayo.

Rendimiento ajustado = (rendimiento en canal por tratamiento) x 0.15.

Beneficio bruto de campo (BBC): este se calculó por cada uno de los tratamientos multiplicando el precio de la libra de carne de pollo en el mercado (USD 1.99) por el valor del rendimiento ajustado.

Beneficio bruto de campo = precio de mercado de libra de pollo x rendimiento ajustado.

Costo de concentrado: este se obtuvo del costo del quintal de concentrado producido por la cantidad de alimento consumido por cada tratamiento en las seis semanas de vida productiva.

Material y equipo: este resultó del total del presupuesto parcial dividido entre los 3 tratamientos.

Costos que varían: es la sumatoria del costo del concentrado más material y equipo.

Beneficio neto: es la resta del beneficio bruto de campo menos los costos que varían, dando como resultado la ganancia total.

sin observar diferencias significativas ($P > 0.05$). Por otro lado, en nuestro estudio, el tratamiento T1 logró un peso medio de 2,454.84 g, resultado que fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$) al compararlo con nuestro grupo control (T0). A su vez, Garavito (2008), reportó un peso inferior de 2,108 g, mientras que Fuentes Esparza, *et al.* (2019) registraron un peso de 2,086 g al añadir un 10 % de harina de moringa, observando diferencias significativas ($P < 0.05$). De manera similar, en nuestro tratamiento T2 se alcanzaron 2192.67 g, resultado que también fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), lo cual hace evidente una tendencia: a medida aumenta la inclusión de harina de moringa en la dieta, el peso vivo de los pollos puede verse adversamente afectado. Así, se podría concluir que una dieta con moringa impacta en el peso vivo y, específicamente, una adición del 10 % podría acelerar el tránsito intestinal, resultando en un paso más rápido del alimento a través del sistema digestivo y, potencialmente, en un menor aumento de peso en los pollos.

El análisis de varianza para el peso vivo de las aves durante las seis semanas, con coeficientes de variación que van desde 0.55 % hasta 1.46 %, evidenció diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos (T0, T1 y T2). Estos resultados sugieren que cada tratamiento influyó de manera distintiva sobre el peso de las aves a lo largo del periodo evaluado.

Las pruebas de Tukey mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso vivo entre los tratamientos a lo largo de las seis semanas evaluadas. Durante la primera semana, T0 y T2 presentaron medias de peso prácticamente idénticas y superiores a T1. No obstante, a partir de la segunda semana, se observaron divergencias más notables entre los tratamientos. T0 mantuvo regularmente un peso superior en las aves, alcanzando 2,589.1 g en la sexta semana, aunque es importante mencionar que en la cuarta semana T1 mostró un peso ligeramente mayor que T0. En contraposición, T2 presentó el menor rendimiento en términos de peso vivo en cada semana, con un valor de 2,192.67 g en la última evaluación. Estos resultados resaltan la ventaja constante de T0 en la mayoría de las semanas, mientras que T2 se manifestó como el tratamiento menos eficaz en relación con el peso vivo de las aves.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis sobre rendimiento productivo de pollos de engorde

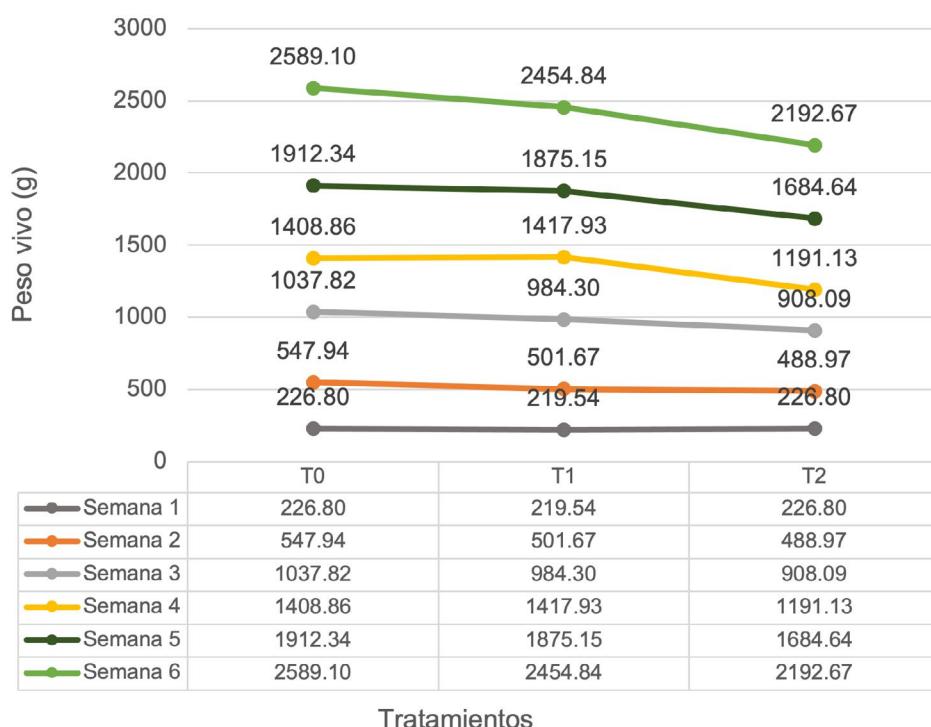
Peso vivo

Según los resultados de la investigación, los mayores pesos vivos, al finalizar el periodo de seis semanas, se obtuvieron en el tratamiento T0 con una media de 2589.10 gramos. Le sigue el tratamiento T1 con un promedio de 2,454.84 gramos, y finalmente, el tratamiento T2 con un peso medio de 2,192.67 gramos (Figura 1). Bucardo y Pérez (2015) determinaron que al añadir un 5 % de harina de moringa a la dieta de pollos de engorde línea Cobb 500 por 42 días, se alcanzó un peso promedio de 2,347.50 g,

Ganancia de peso diaria promedio

A lo largo de un periodo de seis semanas, el tratamiento T0 destacó con la ganancia de peso más pronunciada, alcanzando 363.13 gramos al finalizar. Por su parte, el tratamiento T1 registró 344.21 gramos, y T2 culminó con 306.76 gramos. A pesar de que T1 y T2 iniciaron con valores cercanos en la semana uno, con el tiempo, sus ganancias se diferenciaron de forma clara. En esencia, T0 demostró ser el tratamiento más eficiente en términos de

Figura 1.
Comportamiento del peso vivo por semana y tratamiento.



ganancia de peso durante la investigación (Figura 2).

Los grupos T0 y T1 exhibieron comportamientos similares, corroborado por Emén y Rugel (2020), quienes observaron tendencias comparables en pollos Cobb con inclusión de harina de moringa. En su estudio, la ganancia de peso fue de 524.5 g en el grupo control y de 619.16 g con una inclusión del 7 %, pero disminuyó a 478.5 g con el 15 % de inclusión, siendo esta reducción estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Fuentes Esparza, *et al.* (2019), indicaron que con dosis mayores del 10 % de harina de moringa en la dieta de los pollos de engorde, la ganancia de peso disminuye con diferencias significativas ($P < 0.05$) coincidiendo con nuestro estudio, en el cual, el tratamiento T2 presentó la menor ganancia de peso 306.76 g, siendo esta estadística muy significativa ($P < 0.05$) al compararla con el tratamiento control (T0). Por lo cual, el efecto que pueda generar la inclusión de harina de hoja de moringa dentro la dieta de pollos de engorde va a variar dependiendo del porcentaje que se incluya en la dieta, debido a que esta actúa directamente en el crecimiento y desarrollo inmunológico del ave en las primeras etapas de vida, por lo que se concentra en su actividad metabólica disminuyendo la ganancia de peso significativamente (Mendiola y Aguirre, 2015).

El análisis de varianza, con un coeficiente de variación de 1.54 % en la primera semana, demostró que la ganancia de peso en los tratamientos T0, T1 y T2 presentó diferencias

estadísticas significativas ($P < 0.05$). A medida que transcurrieran las semanas, el coeficiente de variación osciló entre 0.63 % y 1.62 %, indicando diferencias altamente significativas en la ganancia de peso entre los tratamientos. Estos resultados reflejan el impacto diferenciado de cada tratamiento en la ganancia de peso de las aves durante el estudio.

Las pruebas de Tukey señalaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las ganancias de peso entre los tratamientos a lo largo de las seis semanas. En la primera semana, T0 (25.66 g) y T2 (25.92 g) mostraron ganancias similares y superiores a T1 (24.88 g). Desde la segunda semana en adelante, T0 consistentemente registró las mayores ganancias, siendo particularmente notable en la sexta semana con un valor medio de 363.13 g. Por otro lado, T2 consistentemente mostró los valores más bajos, culminando con una media de 306.76 g en la sexta semana.

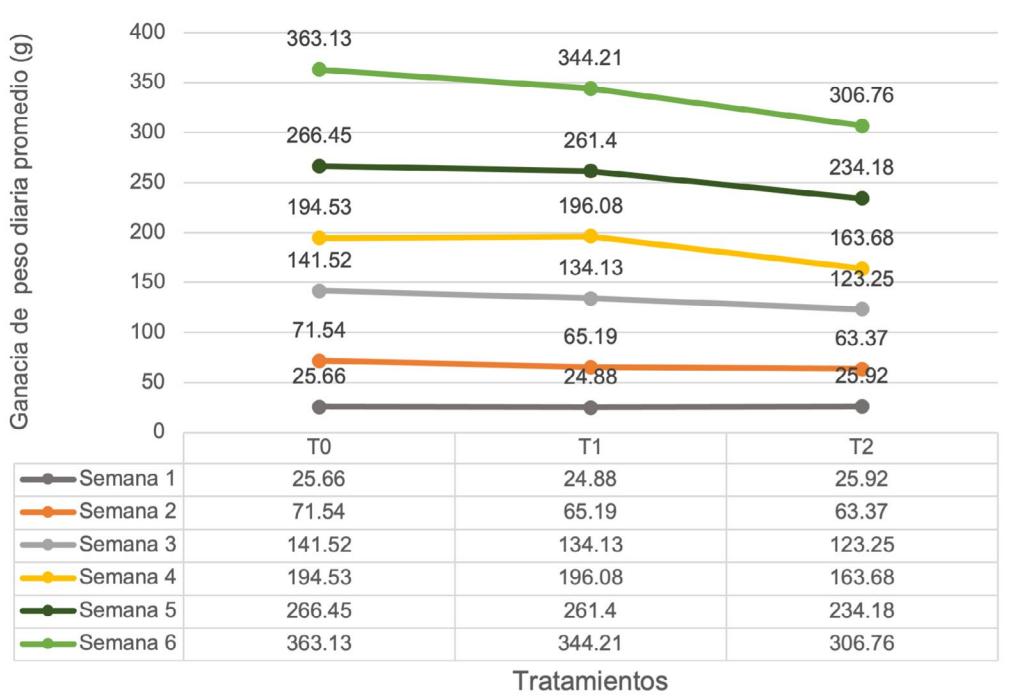
Este análisis subraya la superioridad constante del tratamiento T0 en términos de ganancia de peso, mientras que T2 se destaca como el tratamiento menos eficaz a lo largo del periodo estudiado.

Conversión alimenticia

En cuanto a esta variable se obtuvieron los siguientes resultados: T0 mostró la mejor eficiencia en conversión alimenticia, iniciando con 0.64 y terminando en 1.84, mientras que el T1 comenzó con 0.66 y culminó en 1.94,

Figura 2.

Comportamiento de la ganancia de peso promedio por semana y tratamiento.



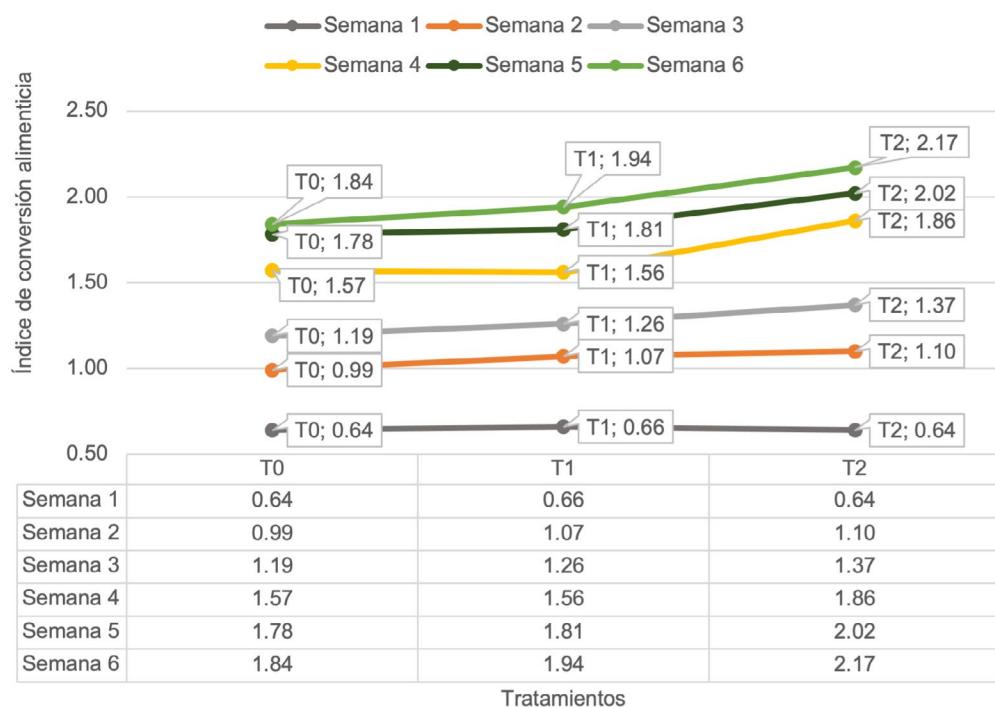
finalmente el T2 finalizó con la menor eficiencia, alcanzando 2.17 (Figura 3). En estudios realizados por Al-Bahouh *et al.* (2017), quienes analizaron el efecto de la moringa en niveles de 10 %, 20 % y 40 % en aves, demostrando que, a mayor inclusión de moringa, la conversión alimenticia resulta menos eficiente, obteniéndose valores de 1.72 (T0), 2.10 (T1), 2.60 (T2) y 3.79 (T3). Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación, ya que los tratamientos: control y 10 % de moringa presentaron comportamientos análogos en la conversión, con 1.84 y 2.17, respectivamente.

Así mismo, Bucardo y Pérez (2015), encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en sus tratamientos, observando conversiones de 1.6 para el control, 1.64 para el 5 % de moringa y 1.79 para el 10 % de moringa, resaltando así una mínima diferencia entre el control y el 5 % de moringa. Al comparar ambos estudios, se observa que la eficiencia alimenticia disminuye menos con un 5 % de moringa en comparación con un 10 %. No obstante, en ambos casos, el tratamiento control sigue posicionándose como el más eficiente. Esto puede deberse a factores que competen al tipo de dieta, su elaboración y presentación al animal que van a influir directamente en el consumo de alimento, por otra parte, considerar la composición nutricional de las materias primas en este caso los factores antinutricionales que posee la hoja de moringa que pueden afectar la asimilación y el metabolismo del alimento, provocando un aumento en la conversión alimenticia.

El análisis de varianza para la conversión alimenticia reveló diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo de las seis semanas estudiadas. En la primera semana, con un coeficiente de variación del 1.26 %, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la conversión alimenticia entre los tratamientos T0, T1 y T2. A medida que avanzaban las semanas, el coeficiente de variación fluctuó entre 0.57 % y 1.68 %, lo que indica diferencias significativas ($P < 0.05$) en la conversión alimenticia entre los diferentes tratamientos. Estos resultados sugieren un efecto marcado de cada tratamiento en la eficiencia con la que las aves convierten el alimento en peso corporal durante el período de estudio.

Durante las seis semanas, las pruebas de Tukey mostraron diferencias en la conversión alimenticia entre tratamientos. En la primera semana, tanto T0 (0.64) como T2 (0.64) presentaron similar eficiencia, mientras que T1 (0.66) fue ligeramente inferior. En la segunda semana, T0, T1 y T2 se diferenciaron con designaciones (A), (B) y (C), siendo T0 el más eficiente y T2 el menos. En las siguientes semanas, T0 mantuvo su eficiencia, T2 tuvo la menor, y T1 varió entre ambos. En conjunto, T0 tuvo la eficiencia más alta, T2 la más baja, y T1 resultados intermedios. En resumen, durante el período de estudio, el tratamiento testigo (T0) demostró una eficiencia alimenticia consistentemente alta, mientras que el tratamiento con 10 % de moringa (T2) resultó ser menos eficiente. El tratamiento con 5 % de moringa (T1) se comportó de manera intermedia, con su eficiencia variando

Figura 3.
Comportamiento de la conversión alimenticia por semana y tratamiento.



entre las de T0 y T2 según la semana.

Peso en canal

El tratamiento T0 registró el mayor peso en canal con 1,903.54 gramos, seguido por T1 con 1,872.71 gramos. La diferencia entre ambos es de 30.83 gramos. En contraposición, T2 obtuvo el menor rendimiento, alcanzando 1,679.84 gramos (Figura 4). Estos resultados destacan la superioridad de T0 y T1 en comparación con T2 en términos de peso en canal.

En el estudio realizado por Bucardo *et al.* (2015), se concluye que no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en lo que respecta a la variable "peso en canal" entre los distintos tratamientos (T0: 0 %, T1: 5 % y T2: 10 %). Los valores de peso en canal registrados fueron de 1,657.20 g, 1,685.80 g y 1,559.90 g para T0, T1 y T2, respectivamente. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), es relevante señalar que los resultados numéricos indican un comportamiento similar a la investigación actual teniendo mejores resultados el tratamiento control, seguido del T1 5 % y coincidiendo particularmente en el grupo T2 (10 %), que registró un peso de 1,679.84 g.

Por tanto, se observa que los tratamientos que incluyen un 10 % de moringa muestran un comportamiento parecido en términos de la disminución del peso en canal. Esta similitud puede atribuirse al hecho de que, aunque la

moringa tiene un alto contenido proteíco, también posee un nivel significativo de fibra. Esto puede llevar a un aumento en el consumo de alimento, pero al mismo tiempo puede obstaculizar la asimilación y su aprovechamiento. El uso de dietas equilibradas con moringa puede mejorar la pigmentación de la carne y la

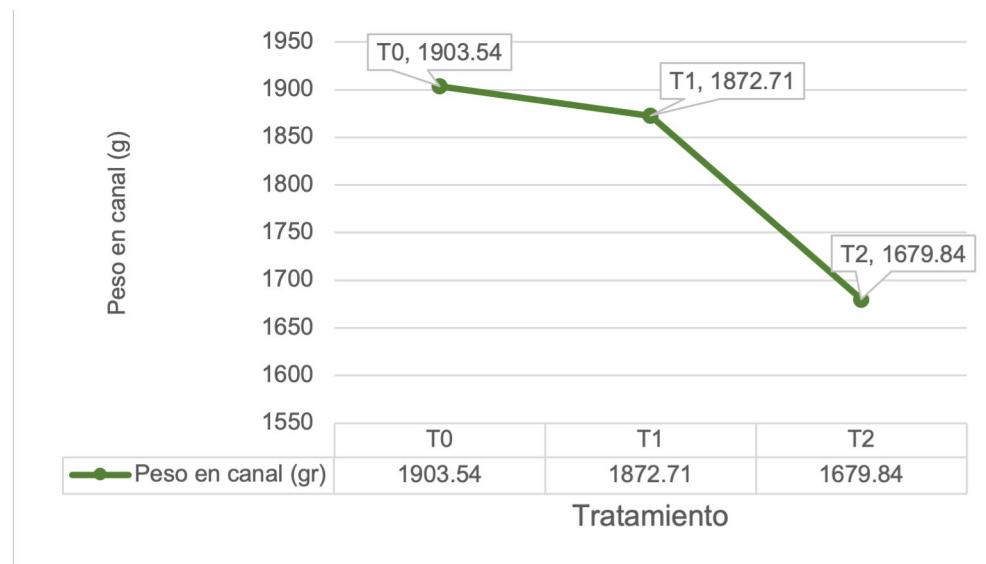
consistencia de la canal en pollos de engorde, según Mendiola y Aguirre (2015). De igual manera Gómez *et al.* (2016), afirma que se puede incorporar de manera segura harina de moringa en las dietas de pollos de engorde hasta un 8 % sin afectar el rendimiento de la carcasa y los cortes comerciales. Esto indica que la moringa proporciona nutrientes adecuados para las necesidades nutricionales de los pollos parrilleros y aumenta su consumo de dietas que la incluyen.

Basándose en el análisis de varianza hay evidencia estadísticamente significativa para sugerir que los tratamientos tienen un efecto diferente sobre la variable de respuesta. Dada la variabilidad (C.V. de 1.08 %) y un nivel de significancia ($P < 0.05$), se confirma la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Durante el estudio, las pruebas de Tukey evidenciaron diferencias significativas en los pesos en canal entre los tratamientos. T0 (1,903.54 g), registró el mayor peso, y, junto con T1 (1,872.71 g), lo que indica que no hubo diferencia significativa entre ellos en cuanto a peso en canal. En contraste, T2 (1,679.84 g) mostró un peso en

Figura 4.

Comportamiento del peso en canal por semana y tratamiento.



canal notablemente menor, lo que indica una diferencia significativa con respecto a los tratamientos T0 y T1. En resumen, durante el período del estudio, T0 presentó el peso en canal más alto, y no mostró diferencias significativas con T1 ($P > 0.05$). Por otro lado, T2 evidenció el menor peso en canal de manera significativa ($P < 0.05$), distinguiéndose claramente de T0 y T1.

4.2. Resultados de análisis bromatológico de *Moringa sp.*

Realizar un análisis bromatológico en el ámbito de la producción animal es crucial para obtener información precisa sobre el contenido nutricional del material forrajero utilizado. Es importante destacar que los valores obtenidos en el análisis bromatológico de la moringa, pueden verse afectados por diversos factores, como la edad del árbol, la variedad de la especie, las condiciones ambientales y el manejo del cultivo, entre otros. En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos de una muestra de 350 g de hojas y 150 g de tallo de moringa, el análisis completo solo se realizó para la hoja de moringa debido a la orientación del estudio.

La humedad promedio para la hoja fue de 4.93 % este es un parámetro útil, ya que nos permite establecer las condiciones de preservación, almacenamiento y métodos de transformación agroindustrial del mismo, teniendo en cuenta que este porcentaje está por debajo a lo establecido por Contreras y Santos (2012), demostrando que todo alimento que posea en sus moléculas una humedad mayor a 12.5 % y no esté debidamente preservada, es propenso al crecimiento bacteriano y micótico, produciendo la descomposición parcial o total del producto. El extracto etéreo fue de 9.5 %, según Anwar *et al.* (2007), menciona

que en general las hojas de moringa contienen entre el 5 % y 9 % de grasa. Por otra parte, el contenido de proteína fue de 29.20 %, un dato bastante similar como el resultado descrito por Borges *et al.* (2014) el cual fue de 28.65 %.

Tabla 3.
Análisis bromatológico *Moringa sp.*

Análisis bromatológico	
Determinación	Resultados (%)
Humedad parcial	51.15 Hoja 55.73 Tallo
Humedad total	4.93
Ceniza	10.25
Extracto etéreo	9.50
Proteína	29.20
Fibra cruda	12.20
Carbohidratos	38.85
Calcio	1.38
Potasio	3.1
Magnesio	0.15
Zinc	0.16

Otro aporte importante de mencionar es la fibra cruda, ya que esta nos indica que tan digestible puede ser un alimento para el organismo, el resultado de fibra en la muestra de hojas de moringa fue de 12.20 %, rango dentro de lo descrito por Ghebremichael *et al.* (2005), describe que el contenido de fibra puede oscilar entre 6.5 % y el 17.8 %, dependiendo de la variedad de la moringa y la parte de la planta analizada.

Análisis económico

Al final del ensayo se obtuvo un rendimiento del canal por tratamiento, al cual se le realizó un ajuste del 15 % (Tabla 4), resultando con el mayor beneficio bruto de campo por tratamiento T0 con USD 319.43 seguido por T1 y T2 con beneficios brutos de campo de USD 314.26 y USD 281.89 respectivamente; se tomó como referencia el peso en canal a USD 1.99 un precio promedio de venta en supermercados. Considerando los costos del concentrado, el material y equipo, los costos que varían se distribuyeron

de la siguiente manera: T0 presentó el más alto con USD 281.73, seguido de T1 con USD 279.69 y T2 con USD 290.02.

Finalmente, al calcular el beneficio neto, restando el BBC y los costos que varían (Figura 5), se obtuvo que el tratamiento de control (T0) presentó el mayor beneficio neto con USD 37.70 (USD 0.84 por ave), seguido del tratamiento T1 con USD 34.57 (USD 0.77 por ave). Notablemente, el tratamiento T2 resultó en una pérdida neta de USD 8.13 (-USD 0.18 por ave).

Tabla 4.
Datos de costos y beneficios netos.

Concepto	Control (T0)	5 % moringa (T1)	10 % moringa (T2)
Rendimiento en canal por TX	188.85	185.79	166.65
Rendimiento ajustado 15 %	160.52	157.92	141.66
BBC (USD)	319.43	314.26	281.89
Costo concentrado (USD)	166.56	164.52	174.85
Material y equipo (USD)	115.17	115.17	115.17
Costos que varían (USD)	281.73	279.69	290.02
Beneficio neto (USD)	37.70	34.57	-8.13

Figura 5.
Comparación de costos e ingresos



CONCLUSIONES

Los tratamientos, con inclusión de moringa a la dieta balanceada de pollos de engorde línea Cobb, mostraron resultados estadísticamente significativos entre las medias, teniendo un comportamiento desfavorable sobre los parámetros productivos.

El tratamiento del 10 % obtuvo un índice de conversión alimenticia de 2.17, por lo que, a mayor inclusión de harina

de moringa, menor eficiencia en conversión alimenticia.

El tratamiento que obtuvo mejores resultados de peso en canal, fue el tratamiento testigo con 1,903.54 g, seguido del tratamiento del 5 % de moringa con 1,872.71 g.

El tratamiento que demostró un mejor desempeño en términos de la relación beneficio-costo fue el tratamiento T0, seguido por el T1 con un 5 % de harina de moringa. Este último tratamiento redujo ligeramente los costos de

alimentación al disminuir la necesidad de utilizar otras fuentes de proteína en la dieta. Sin embargo, también implicó un trabajo adicional en la preparación de la materia prima principal.

BIBLIOGRAFÍA.

- Al-Bahouh, M., Al-Nasser, A., Khalil, F., Ragheb, G., & Boareki, MN. 2017. Effect of varying levels of *Moringa* as replacement for Soya-bean meal in broiler ration. *Kuwait Journal of Science*, 44(3).
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, AH. 2007. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21(1), 17-25.
- AVES, 2021. (Asociación de avicultores de El Salvador). Datos estadísticos de la avicultura en El Salvador, consultado en línea 29 de septiembre 2022, disponible en: <https://aves.com.sv/datos-estadisticos/>
- Borges, E., Carvalho, M., Neves, V., Apareci. M., Arantes, L. 2014. Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food Chemistry*, 147 (15), pag 51–54.
- Bucardo, E. J. Pérez. 2015. Inclusión de harina de hojas de Marango (*Moringa oleifera*) en la alimentación de pollos de engorde y su efecto en el comportamiento productivo, Universidad Nacional Agraria, UNA, Nicaragua.
- Cobb Vantress Inc. 2019. Pollo de engorde guía de manejo (en línea). Consultado 27 mayo 2020. Disponible en: https://www.cobb-vantress.com/assets/CobbFiles/ec35b0ab1e/Broiler-Guide-2019-ESP-WEB_2.22.2019.pdf
- Contreras, N., Santos, O. 2012. Determinación del análisis bromatológico, proximal, fotoquímico preliminar de los extractos acuosos y etanolícos de inflorescencia de *Calathea allouia* Lindl, frutos de *Bromelia karatas* y flor de *Cucurbita pepo* L. Tesis. Universidad del Salvador Centro América.
- Cuca, M. 2009. La alimentación en aves de corral. México D.F. Centro Nacional de investigaciones Pecuarias, p53-56
- Emen, M., Rugel, D. 2020. Inclusión de harina de *Moringa oleifera* en dietas para pollos de engorde. Ecuador: Revista Veterinaria.
- Fuentes Esparza, MK., Quezada Tristán, T., Guzman Maldonado, SH., Valdivia Flores, AG., Ortiz Martínez, R. 2019. Efecto del consumo de *Moringa oleifera* sobre parámetros productivos y toxicológicos en pollos de engorda. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Clínica Veterinaria, México. Rev. Mex. Ciencias Pecuarias. 10(4):1013-1026.
- Garavito, U. 2008. *Moringa Oleifera*, Alimento Ecológico para Ganado Vacuno, Porcino, Equino, Aves y Peces, para Alimentación Humana, también para Producción de Etanol y Biodiesel, Corporación Ecológica Agrogranadera S.A., Colombia.
- Ghebremichael, K. A., Gunaratna, K. R., Henriksson, H., Brumer, H., & Dalhammar, G. 2005. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. *Water Research*, 39(11), 2338-2344.
- Gómez, N.I.; Rébak G, Fernández; Sindik, M, Sanz P. 2016. Comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con *Moringa oleifera*, Facultad de Ciencias Veterinarias UNNE, Argentina. *Revista Veterinaria* 27(1): 7-10.
- Mendiola, J., Aguirre, R. 2015. Evaluación preliminar de la adición de *Moringa (Moringa oleifera)* en la alimentación de pollos parrilleros. Obtenido de Universidad Cristiana de Bolivia UCEBOL. pdf publicado por Revistas Bolivianas. P. 55-62: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ucs/n14/n14_a09.pdf
- Paredes P, S.G. 2011. Anteproyecto Urbano para la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en su estación experimental y de prácticas. Consultado 10 ago. 2023. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/2475/> (Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador).
- Sebola, et. all. 2015. Growth performance and carcass characteristics of three chicken strains in response to incremental levels of dietary *Moringa oleifera* leaf meal. Estados Unidos: Livestock Sci.

Artículo científico

Evaluación del efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje de sorgo rojo (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Domínguez-Saravia, J.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Rodríguez-Gracias, O.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Rodríguez-Urrutia, E.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

García-López, C.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Molina-Escalante, M.O.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

RESUMEN

La investigación se ejecutó de julio 2021 a agosto 2022 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, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y en la calidad del ensilaje del sorgo rojo (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con 5 bloques, 20 unidades experimentales y 4 tratamientos: tratamiento 0 (testigo), no se aplicó fertilizante foliar; tratamiento 1, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025 %) en dosis de 250 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 250 cc/200 lt de agua; tratamiento 2, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025 %) en dosis de 500 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 500 cc/200 lt de agua; y el tratamiento 3, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025 %) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 1,000 cc/200 lt de agua. Se evaluaron cuatro variables: diámetro del tallo (basal, intermedio y apical); altura de las plantas; rendimiento de biomasa; y valor nutricional a través de análisis bromatológico proximal del material recién cosechado y fermentado (25 días después de la cosecha). El mayor rendimiento promedio de forraje verde de las plantas de sorgo y el mayor contenido de proteína promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2 con 48.30 Tm.ha-1 y con 9.56 %, respectivamente; el mayor contenido de proteína promedio en el forraje verde de sorgo, se obtuvo con el tratamiento 1 con 9.40 %.

ACceso ABIERTO

Título en inglés:

Evaluation of the effect of two chelated foliar fertilizers on the biomass yield and quality of red sorghum (*Sorghum bicolor*) silage CENTA-CF in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Correspondencia:
efrain.rodriguez@ues.edu.svPresentado:
05 de diciembre de 2023Aceptado:
29 de abril de 2024

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras claves: fertilizante foliar, quelatos, sorgo rojo, *Sorghum bicolor*, CENTA-CF, forraje, ensilaje.

ABSTRACT

The research was carried out from July 2021 to August 2022 on the experiment and practice station of the faculty of Agronomies sciences from Universidad de El Salvador, located in Canton Tecualuya, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, at a height of 50 meters over level of sea. The aim research was to evaluated the effect of two chelated foliar fertilizers on biomass yield and silage quality of red sorghum (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF. A completely random block design was used with 5 blocks, 20 experimental units and 4 treatments: treatment 0 (control), where no foliar fertilizer was applied; treatment 1, what was used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 250 cc/200 lt of water plus NPK (4-17-17) in 250 cc/200 lt of water; treatment 2, had used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 500 cc/200 plus NPK (4-17-17) in 500 cc/200 lt of water; treatment 3, had used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 1,000 cc/200 lt of water plus NPK (4-17-17) in 1,000 cc/200 lt of water. Four variable were evaluated: stem diameter (basal intermediate and apical); plant height; biomass yield; nutritional value through proximal bromatological analysis of freshly harvested and fermented material (25 days after harvest). The highest average green forage yield of sorghum and the highest average protein content in the sorghum silo was obtained with treatment two, with 48.30 cc/200 Tm. ha-1 and with 9.56% respectively; The highest average green forage yield of sorghum and the highest average protein content was got with the treatment one, with 9.40%.

Keywords: foliar fertilizer, chelates, red sorghum, *Sorghum bicolor*, CENTA-CF, forage, silage.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es una actividad económica que constituye el sustento de miles de familias en diversas regiones de El Salvador, por consiguiente promover su desarrollo conlleva al incremento de la producción de leche y carne, ayudando a satisfacer la demanda interna de algunos productos. Para ello es importante contar con animales sanos mediante la alimentación adecuada durante todo el año y sobre todo en la época seca; periodo en donde el alimento escasea y muchas ganaderías no cuentan con planes estratégicos y operativos anuales para alimentar el ganado. Ante esto es necesario almacenar alimento de muy buena calidad nutricional para dicha época, este es el caso del ensilaje, para el cual el maicillo o sorgo (*Sorghum bicolor*) es una opción para alimentar diferentes especies de la ganadería (MAG 2017).

La nutrición es uno de los pilares más importantes en la ganadería, ya que proveer de los nutrientes esenciales permitirá una buena salud y mejor desarrollo del ganado, y por ende, una mayor ganancia de peso y rendimientos en la producción de leche y carne, volviendo a la ganadería más rentable. Una nutrición balanceada en las plantas de sorgo, garantiza un mejor desarrollo de todo su potencial genético, permitiéndoles ser más resistentes a plagas y enfermedades, y como resultado, altos rendimientos con producciones de calidad. El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz (*Zea mays*), por su resistencia a enfermedades virosas, fungosas y poca demanda de agua. La importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los

últimos años, debido a su utilización en la alimentación humana (Zeledón *et al.* 2007).

El sorgo forrajero es utilizado en la alimentación animal, ya sea en forma de ensilaje o corte fresco, y el grano es usado para la fabricación de alimentos concentrados en los sectores avícola, porcino y bovino (CENTA 2018).

El sorgo forrajero tiene el potencial para producir un excelente ensilaje, ya que dispone de suficiente cantidad de azúcares simples que son utilizados como sustrato por las bacterias anaeróbicas para la producción de ácido láctico, responsable fundamental de una buena fermentación (Rovira y Velazco 2012).

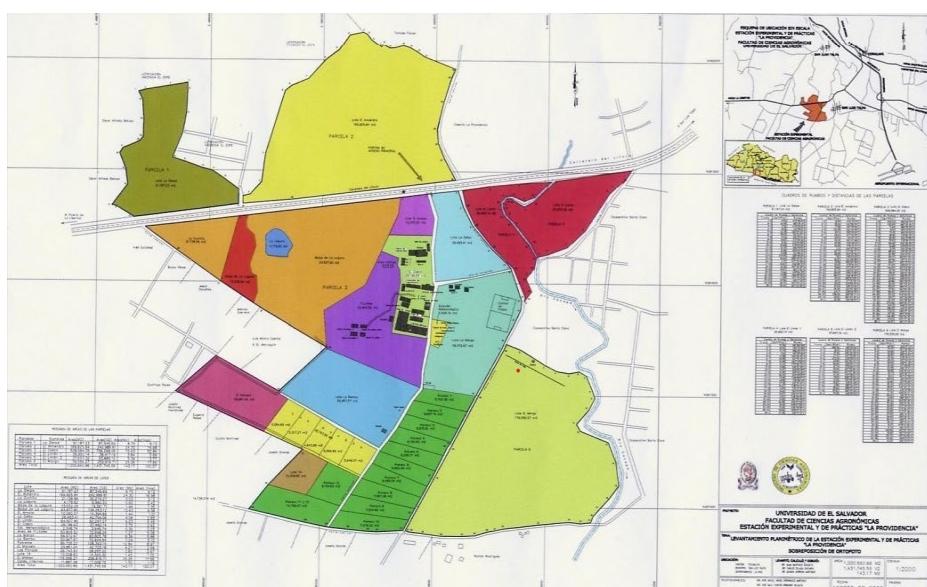
El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en cuanto al rendimiento de biomasa y en la calidad del ensilaje del sorgo rojo CENTA-CF.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración

La investigación se realizó en el periodo de julio 2021 a agosto de 2022 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 (Figura 1), a una altura de 50 m s. n. m., con coordenadas de latitud 13°27'N y longitud 89°03' W, temperaturas que oscilan entre 24.6° y 28.4 °C; precipitación pluvial anual de 1,607 mm/año.

Figura 1.
Ubicación de la investigación.



Metodología de campo

Como parte de la preparación del terreno donde se estableció la investigación, 15 días antes de la siembra, se aplicó un herbicida para controlar coyolillo (*Cyperus rotundus*), una semana después se realizó una chapoda con tractor para eliminar las malezas presentes; se realizaron dos pasos de rastra. Con un tractor se hicieron los surcos de siembra a una distancia entre surcos de 0.80 m y una profundidad de 0.10 m, dejando un distanciamiento entre bloques de 2 m.

Una hora antes de la siembra y con el propósito de prevenir ataques de plagas del suelo, la semilla fue tratada con un insecticida a base de Imidacloprid, en dosis de 10 ml/kg de semilla. La siembra se realizó en forma manual a una distancia entre posturas de 0.25 m y 0.80 m entre surcos, a una profundidad de 0.10 m; en cada postura se colocaron entre 4 a 6 semillas de sorgo. Los tratamientos fueron delimitados o separados a una distancia de 1.60 m.

La fertilización al suelo se realizó de la siguiente manera:

- 1.^a fertilización: se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 5 gramos (g) por planta a los 11 días después de la siembra.
- 2.^a fertilización: se aplicó Urea en dosis de 20 g por planta a los 30 días después de la siembra.
- 3.^a fertilización: se aplicó Urea en dosis de 29 g por planta a los 40 días después de la siembra.

Los fertilizantes foliares quelatados, se aplicaron entre las 7:00 a. m. y las 10:00 a. m., tres veces durante el ciclo del cultivo: la 1.^a fue a los 15 días después de la siembra, la 2.^a a los 25 días después de la primera aplicación y la 3.^a a los 35 días después de la segunda aplicación, con un equipo de fumigación manual de 17 litros de capacidad.

Se realizó monitoreo semanal para prevenir y controlar el ataque de cualquier plaga o enfermedad. Para el control de malezas, se aplicó el herbicida 2,4-D en dosis de 100 cc por 17 litros de agua. El riego del cultivo se aplicó una vez por semana a través del sistema de riego por aspersión móvil.

La cosecha del sorgo se realizó en forma manual a los 95 días después de la siembra. Luego de la cosecha, el sorgo fue picado en trozos de 1 a 2 cm de tamaño (Figura 2), para que al momento de realizar el compactado, se elimine de mejor manera el oxígeno.

Para realizar el ensilado del sorgo se utilizaron bolsas plásticas con capacidad de 100 lb para cada repetición y por tratamiento, dejando herméticamente cerrado por 25 días. Cada bolsa se llenó solo de sorgo picado (Figura 3).

Figura 2.
Picado del sorgo.



Figura 3.
Compactado del sorgo en bolsas plásticas.



Metodología de laboratorio

Los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para el análisis bromatológico se tomó una muestra de cada tratamiento; 16 muestras en total, con el objetivo de determinar la composición química del forraje en verde y del ensilaje. Se analizaron los siguientes elementos:

- Ceniza, humedad y materia seca: se usó el método de análisis gravimétrico.
- Fibra cruda: se utilizó el método Ankom.
- Extracto etéreo: se utilizó el método Soxhlet.
- Proteína: se analizó con el método micro Kjeldahl.
- Carbohidratos: se utilizó el método de diferencia.

Metodología estadística

La investigación se realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 5 bloques, 4 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 20 parcelas experimentales. Las dimensiones del terreno fueron de 67 m de largo y 38.40 m de ancho, un área de 2,572.80 m², cada unidad experimental tenía 11 m de largo, 8 m de ancho y un área de 88 m², el distanciamiento entre bloques fue de 2 m y entre tratamientos de 1.60 m. La distribución de los tratamientos se realizó al azar.

Las variables que se evaluaron fueron (Figura 4):

- Diámetro del tallo. Se midió con un Pie de Rey cada 15 días en la zona basal, media y apical.
- Altura de la planta. Se midió con cinta métrica, cada 15 días, desde la base de la planta hasta la parte apical que es donde se encuentran las hojas jóvenes y empieza la ramificación de la panícula.
- Rendimiento del sorgo. Se pesó la biomasa producida en verde por tratamiento en kg/ha.
- Valor nutricional del cultivo. Se tomó una muestra del follaje verde antes de la cosecha por cada tratamiento, y a los 21 días después de haber elaborado el silo se tomó una muestra de cada tratamiento.

Figura 4.

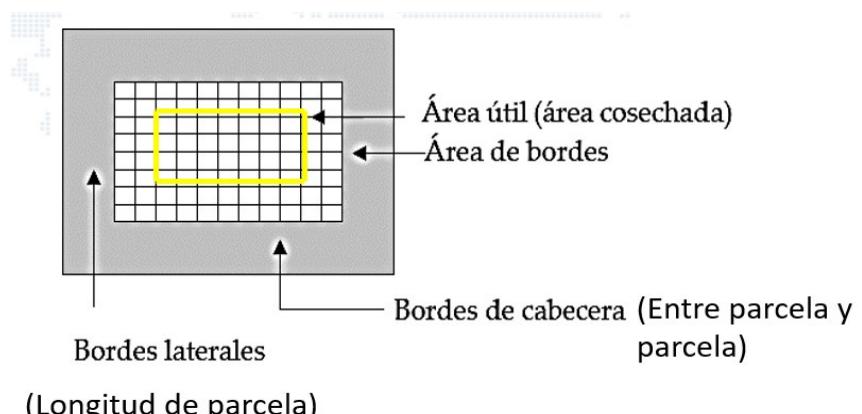
Toma de datos del cultivo.



Tamaño de la parcela y muestreos

El tamaño de la muestra fue de 20 plantas de sorgo por tratamiento, seleccionadas de la parte central en cada parcela (Figura 5), de tal manera que se dispuso de 20 datos por cada característica o variable a evaluar dentro de los respectivos bloques. Se trabajó con un muestreo probabilístico aleatorio o sistemático.

Figura 5.
Área de muestreo en la parcela.



Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se evaluaron en la investigación fueron 3 dosis de un fertilizante foliar quelatado que contiene: Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025%); 3 dosis de un fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) y un testigo al que no se le aplicó fertilizante foliar, distribuidos en 5 bloques (Tabla 1).

Tabla 1.

Tratamientos que se evaluaron en la investigación.

Tratamiento	Dosis
Tratamiento 0 o Testigo	No se aplica fertilizante foliar.
Tratamiento 1 (T1)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 250 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 250 cc/200 lt de agua.
Tratamiento 2 (T2)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 500 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 500 cc/200 lt de agua.
Tratamiento 3 (T3)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua.

Cada unidad experimental fue identificada con un número, por ejemplo: el código 101 significa que el primer dígito corresponde al bloque 1, los otros dos números corresponden a la unidad experimental o parcela (01). Los tratamientos que se aplicaron se identificaron de la siguiente manera: () corresponde al tratamiento testigo.

El material experimental que se evaluó en esta

investigación fue la semilla de sorgo rojo CENTA-CF, la cual fue proporcionada por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).

La distribución espacial en campo de los tratamientos en estudio fue la siguiente (Figura 6 y 7):

Figura 6.
Distribución de los tratamientos en campo.

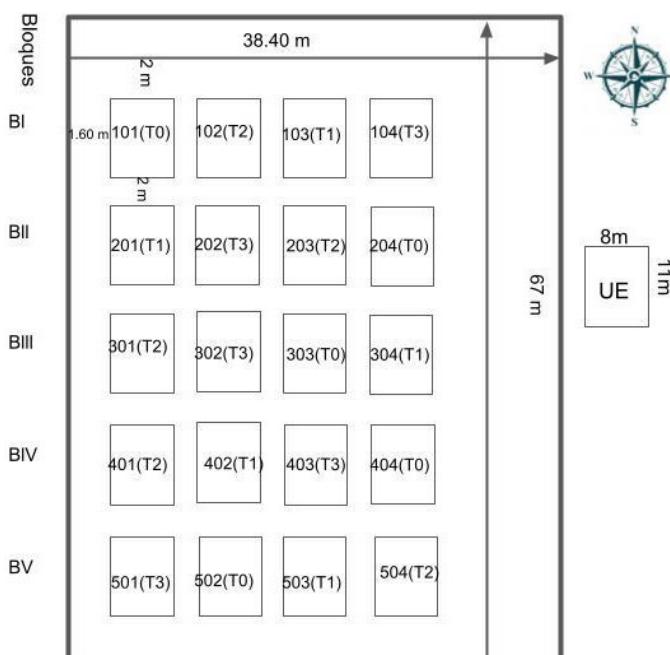


Figura 7.
Vista aérea de la distribución de los tratamientos en la parcela.



Para la organización, procesamiento y análisis estadístico de los datos se utilizaron métodos descriptivos univariados como representaciones gráficas, medidas de tendencia central y de dispersión e intervalos de confianza. A todas las variables cuantitativas se les aplicó el Análisis de Varianza (ANVA).

Para verificar el supuesto de normalidad se aplicó las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, y en el caso de la homogeneidad de varianzas se ejecutó el test de Levene.

Con el propósito de demostrar cuál de las diferentes dosis de fertilizantes foliares quelatados produjeron el mejor rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje del sorgo rojo CENTA-CF, se aplicó la prueba estadística de comparación de medias de Tukey. Todo el análisis se realizó con un nivel de significancia estadística (alfa) del 5 % = 0.05 y mediante la utilización de hojas de cálculo de Microsoft Excel® y el programa estadístico INFOSTAT® 20 (Rodríguez 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas a los 45 días después de la siembra

La mayor altura promedio de las plantas a los 45 días después de la siembra, se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 177.2 cm de altura; seguido por el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con una altura de 176.59 cm (Figura 8). Según el CENTA (2016), el sorgo rojo CENTA-CF alcanza una altura de 210 cm, siendo un dato mayor al obtenido en esta investigación. El CENTA (2018) reporta que la altura para las variedades de sorgo CENTA-RCV es de 180 cm, 200 cm para la variedad CENTA LIBERAL, 260 cm para CENTA S-3 y 270 cm para la variedad CENTA S-2, los cuales son datos mayores a los obtenidos con la variedad en estudio.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.7392 mayor que la significancia estadística, que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK, no presentan diferencias estadísticas significativas en la altura de la planta a los 45 días después de la siembra.

Diámetro del tallo a los 45 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio del tallo de las plantas a los 45 días después de la siembra se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200

lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 2.14 cm; seguido por los tratamientos 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua; y el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 2.09 cm (Figura 9). Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0197 menor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos con el tratamiento 2, pero similares a los tratamientos T1 y T3.

Longitud de la panoja

La mayor longitud promedio de la panoja se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 23.94 cm; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 23.75 cm (Figura 10). Según CENTA (2016), la longitud promedio de la panoja para el sorgo rojo CENTA-CF es 25 cm, el cual es un valor

similar al obtenido en esta investigación. El CENTA (2018), reporta para la variedad forrajera de sorgo CENTA S-3 bmr una longitud de panoja de 27 a 29 cm.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.5158 mayor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK no presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la longitud de la panoja.

Peso de las plantas de sorgo

El mayor peso promedio de las plantas de sorgo a los 45 días después de la siembra se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 975.9 g; seguido por el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 911.16 g (Figura 11). Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0475 menor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto al peso por planta, donde el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos que el tratamiento 2 pero similares a los tratamientos 1 y 3.

Figura 8.

Altura de las plantas a los 45 días después de la siembra.

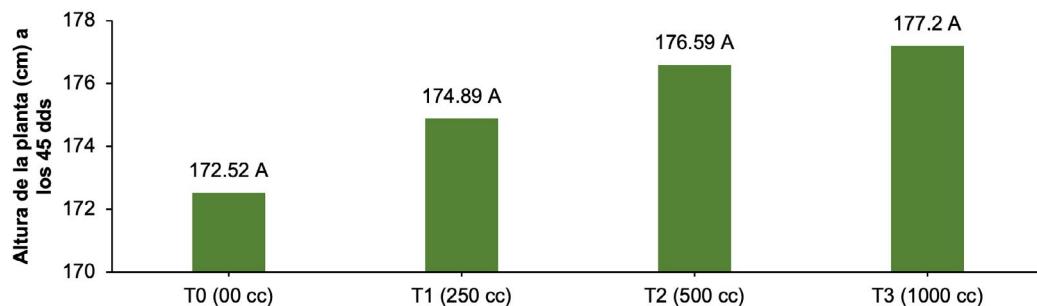


Figura 9.

Diámetro del tallo de las plantas a los 45 días después de la siembra.

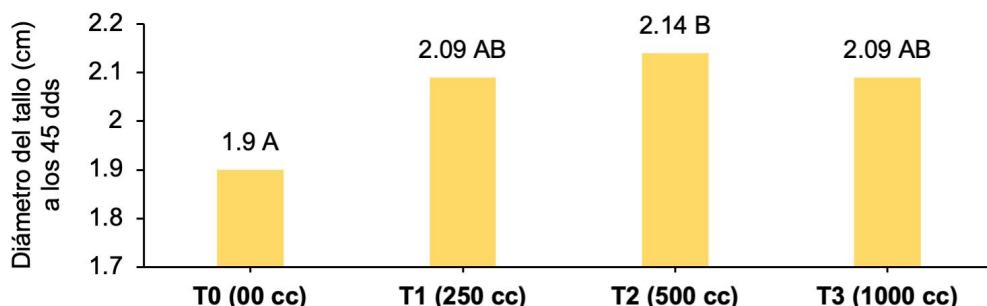


Figura 10.
Longitud promedio de las panojas de sorgo rojo CENTA-CF.

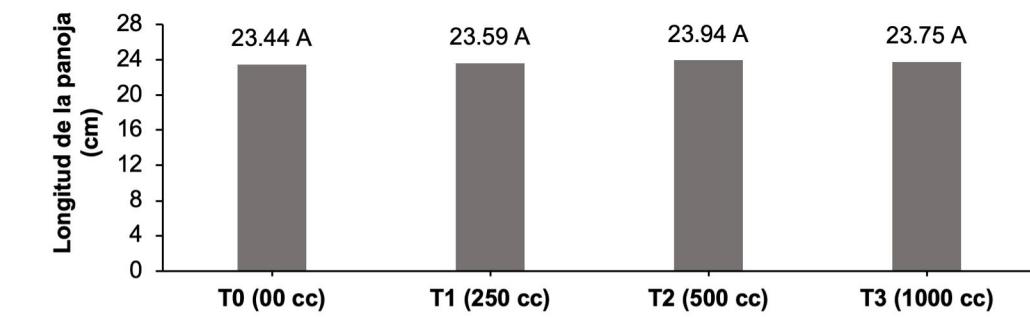
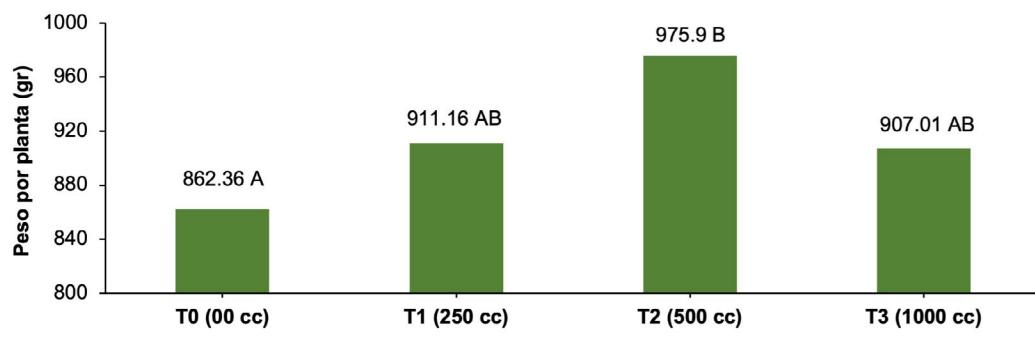


Figura 11.
Peso promedio de las plantas de sorgo.



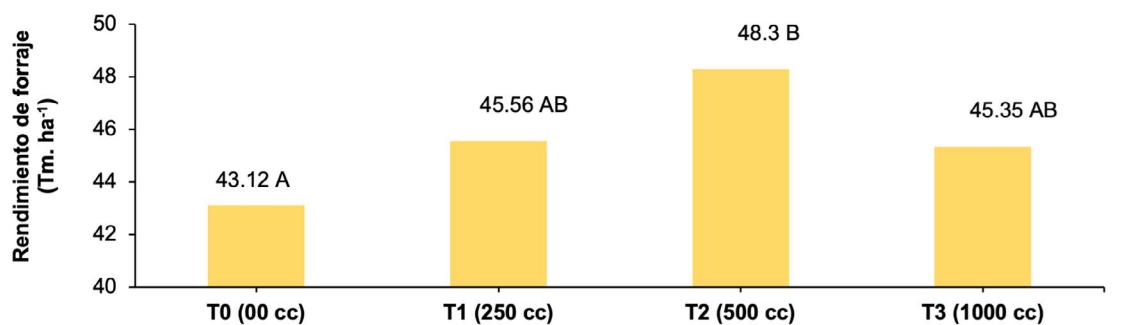
Rendimiento del forraje verde

El mayor rendimiento promedio del forraje verde de las plantas de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 48.30 Tm.ha⁻¹; seguido por el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 45.56 Tm.ha⁻¹ (Figura 12). El CENTA (2016) reporta que la variedad de sorgo rojo CENTA-CF tiene un rendimiento de materia verde para ensilaje de 52.13 Tm.ha⁻¹, el cual es un dato mayor al encontrado en esta investigación. El

CENTA (2018) reporta que la variedad de sorgo CENTA S-3 tiene un rendimiento de materia verde para ensilaje de 71 Tm.ha⁻¹, 80 Tm.ha⁻¹ para la variedad CENTA S-2 y 50 Tm.ha⁻¹ para las variedades CENTA-RCV y CENTA liberal.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0383 mayor que la significancia estadística, que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK presentan diferencias estadísticas significativas, donde el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos en cuanto al rendimiento en forraje con respecto al tratamiento 2, pero similares a los tratamientos 1 y 3.

Figura 12.
Rendimiento promedio del forraje verde de sorgo.



Análisis bromatológico de las plantas de sorgo

Contenido de humedad en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de humedad promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 83.69 %; seguido del tratamiento 0 o Testigo (no se aplica foliar) con 81.41 % (Figura 13). El mayor contenido de humedad promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua) con 82.09 %; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 82.03 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de humedad promedio en el sorgo rojo CENTA-CF es 69.90 %, el cual es un valor bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016).

El CENTA (2018) reporta 71 % de humedad para las variedades CENTA S-2 bmr, 74 % para CENTA S-3 y 72 % para las variedades CENTA S-3 bmr y CENTA S-4 bmr.

Contenido de materia seca en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de materia seca promedio en el forraje

verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 24.84 %; seguido por el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 22.15 % (Figura 14). El mayor contenido de materia seca promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 23.29 %; seguido por el tratamiento 0 o Testigo (no se aplica fertilizante foliar) con 18.29 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de materia seca en el sorgo rojo CENTA-CF es 30.10 %, el cual es un valor alto en comparación con los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

El CENTA (2018) reporta 29 % de materia seca en el sorgo de la variedad CENTA S-2 bmr, 26 % para CENTA S-3 y 28 % para las variedades CENTA S-3 bmr y CENTA S-4 bmr.

Contenido de ceniza en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de ceniza promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 13.07 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 10.92 %

Figura 13.

Contenido de humedad en el forraje verde y en el silo de sorgo.

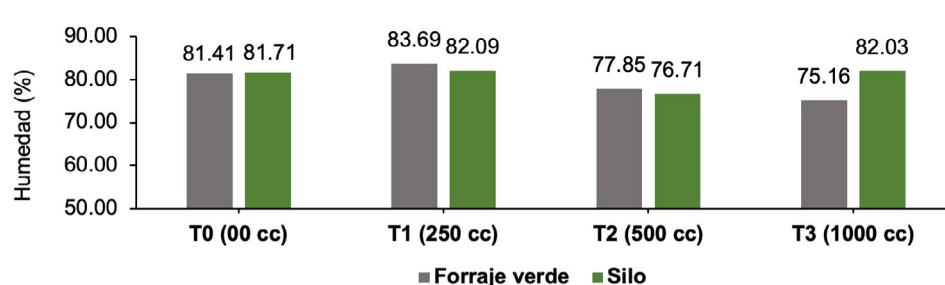
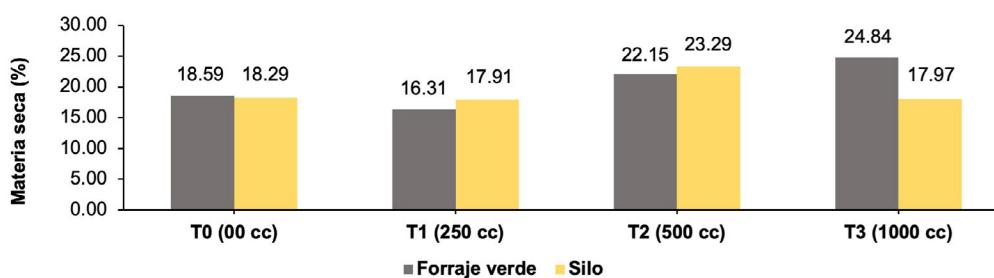


Figura 14.

Contenido de materia seca en el forraje verde y en el silo de sorgo.



(Figura 15). El mayor contenido de ceniza promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 11.08 %; seguido del tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 9.89 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de ceniza en el sorgo rojo CENTA-CF es 6.92 %, el cual es un valor bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016).

Contenido de proteína en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de proteína promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 9.40 %; seguido del tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 8.97 % (Figura 16). El mayor contenido de proteína promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 9.56 %; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 8.40 %. En el tratamiento 1 el contenido de proteína en el silo (3.14 %) fue afectado por la alta incidencia de pájaros en el cultivo, quienes se comieron

todo el grano de sorgo antes de la cosecha, por lo que la muestra se entregó en el Laboratorio sin grano.

Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de proteína en el forraje de sorgo rojo CENTA-CF es 7 %, el cual es bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016). El CENTA (2018) reporta 6.01 % de proteína en el forraje de sorgo de la variedad CENTA S-2 bmr, 8 % para CENTA S-3 bmr, 6 % para la variedad CENTA S-3 y 7 % para CENTA S-4 bmr.

Contenido de extracto etéreo en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de extracto etéreo promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 3.21 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 3.01 % (Figura 17). El mayor contenido de extracto etéreo promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 3.40 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua) con 3.27 %.

En un estudio realizado por Anaya e Iraheta (1992) en el municipio de San Martín, El Salvador, obtuvieron valores de 2.20 % a 2.93 % de extracto etéreo en el cultivo de sorgo.

Vargas (2005) en el estudio “Valoración nutricional y

Figura 15.
Contenido de ceniza en el forraje verde y en el silo de sorgo.

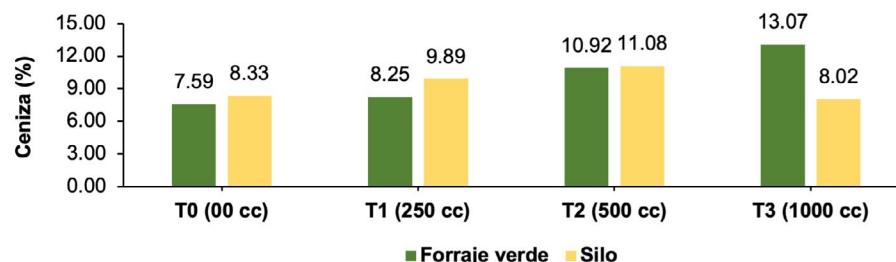
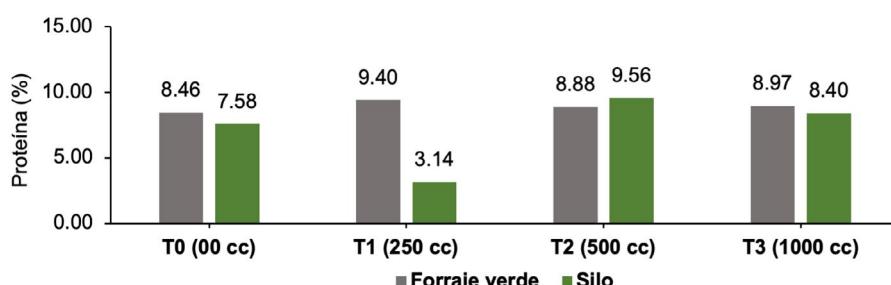


Figura 16.
Contenido de proteína en el forraje verde y en el silo de sorgo



degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum sp*), obtuvo 1.12 % de extracto etéreo en la variedad CIAT 591 y 2.57 % en la variedad CIAT 643-1, estas variedades son de Costa Rica.

Contenido de fibra cruda en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de fibra cruda promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 27.79 %; seguido del tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 26.44 % (Figura 18). El mayor contenido de fibra cruda promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 25.69 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 24.77 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de fibra cruda en la variedad de sorgo rojo CENTA-CF es de 22.21 %, el cual es un valor menor a los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

Contenido de carbohidratos en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de carbohidratos promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con los tratamientos 0 o Testigo,

no se aplicó fertilizante foliar, y el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 52.95 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 52.75 (Figura 19). El mayor contenido de carbohidratos promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 59.85 %; seguido del tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 56.28 %.

Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de carbohidratos en la variedad de sorgo rojo CENTA-CF es de 17.09 %, el cual es un valor menor a los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

Análisis socioeconómico

Para el análisis económico de la investigación se aplicó el método propuesto por el Centro de Investigaciones para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual se fundamenta en un análisis de presupuesto parcial y beneficio neto, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

La tasa de retorno se calculó sin tomar en cuenta la inversión de activos fijos, solamente se consideró la inversión de insumos, mano de obra y el uso de maquinaria, el periodo de recuperación es de 120 días.

Figura 17.

Contenido de extracto etéreo en el forraje verde y en el silo de sorgo.

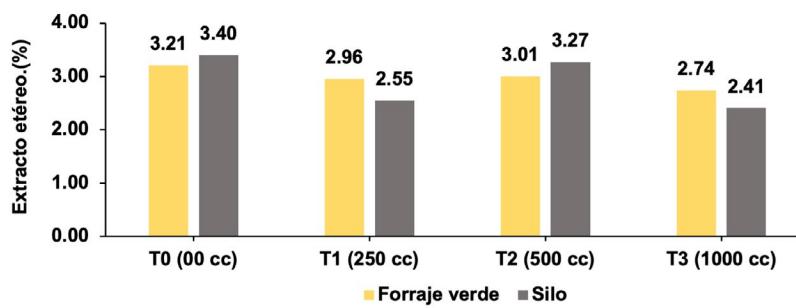


Figura 18.

Contenido de fibra cruda en el forraje verde y en el silo de sorgo.

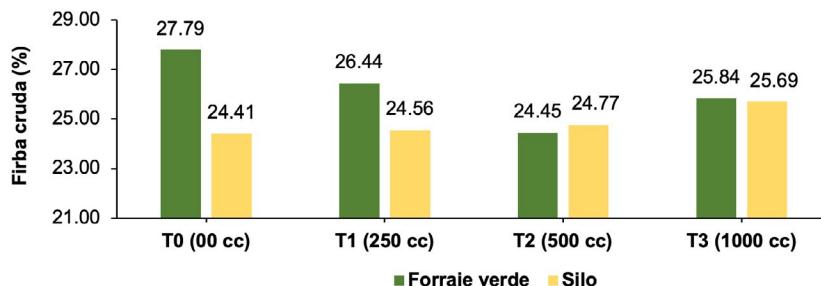
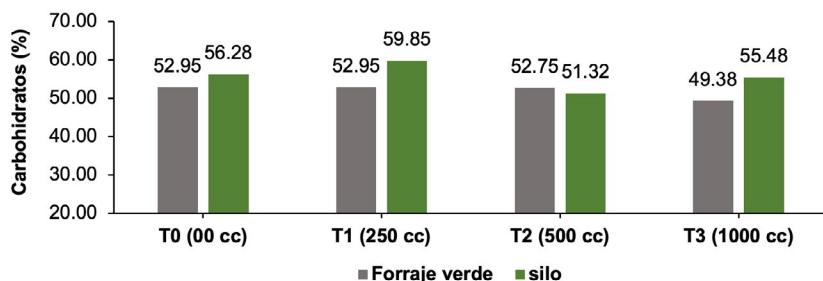


Figura 19.*Contenido de carbohidratos en el forraje verde y en el silo de sorgo.*

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, se obtuvo una tasa de retorno mínima de 1.70, lo que indica que por cada dólar invertido se recupera USD 1.70, que es una rentabilidad buena.

CONCLUSIONES

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor diámetro del tallo con 2.14 cm, la mayor longitud de la panoja con 23.94 cm, el mayor peso de las plantas con 975.9 gramos, el mayor rendimiento de forraje verde con 48.30 Tm.ha⁻¹, el mayor contenido de materia seca en el silo con 23.29 %, el mayor contenido de ceniza en el silo con 11.08 %, y el mayor contenido de proteína en el silo con 9.56 %.

Con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo la mayor altura de la planta con 177.2 cm; el mayor contenido de materia seca en el forraje verde con 24.84 %; el mayor contenido de ceniza en el forraje verde con 13.07 %; y el mayor contenido de fibra cruda en el silo con 25.69 %.

Con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor contenido de humedad en el forraje verde con 83.69 % y en el silo con 82.09 %, el mayor contenido de proteína en el forraje verde con 9.40 %, el mayor contenido de carbohidratos en el forraje verde con 52.95 % y en el silo con 59.85 %.

Con el tratamiento 0 o Testigo, dónde no se aplicó fertilizante foliar, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor contenido de extracto etéreo en el forraje verde con 3.21 % y en el silo con 3.40 %; el mayor contenido de fibra cruda en el forraje verde con 27.79 %; y el mayor contenido de carbohidratos en el forraje verde

con 52.95 %.

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, se obtuvo una tasa de retorno mínima de 1.70, lo que indica que por cada dólar invertido se recupera USD 1.70, que es una rentabilidad buena.

El uso de fertilizantes foliares quelatados aumenta el contenido nutricional de los forrajes de sorgo para utilizarlos como alimento verde o en ensilaje para el ganado bovino en El Salvador.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Beltran, HA; Irahera Cruz, Helmer, I. 1992. Evaluación del incremento de la proteína utilizando tres niveles de gallinaza en el ensilado de sorgo (*Sorghum vulgare*). San Salvador. Tesis Ing. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. 90p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2016. Sorgo rojo CENTA-CF: primera variedad de sorgo rojo con taninos en El Salvador. San Andrés, La Libertad, El Salvador. 10p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2018. Cultivo del sorgo. Ciudad Arce, El Salvador. 28p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2017. Estrategia Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas de El Salvador. San Salvador, El Salvador. s.e. 26p.
- Rodríguez, OA. 2021. Asesoría de ante proyecto de tesis. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Rovira, P; Velazco, J. 2012. Ensilaje de grano húmedo de sorgo: Guía práctica para su uso en la alimentación de ganado en regiones ganaderas. Montevideo, Uruguay. s.e. 20 p.
- Vargas Rodríguez, CF. 2005. Valor nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). Alajuela, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Zeledón, HS; Hernández, MA; Ayala, JE; Guzmán, RF; Borja,

CA; Alvarado, M; Calderón, VR. 2007. Guía técnica del Sorgo. 1 ed. La libertad, El Salvador. Impresiones Digitales Diversas. 37p.



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