



Año V, No. 21
Enero-junio 2022

Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro





AUTORIDADES ACADÉMICAS

Universidad de El Salvador

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Rector

PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Vicerrector Académico

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

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval
Secretario General

MVz. María José Vargas Artiga
Presidenta Asamblea General Universitaria

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

Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Decano

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos
Vicedecano

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra
Secretario

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

EQUIPO EDITORIAL

Editor en jefe

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

COMITÉ TÉCNICO

Editor técnico

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

Soporte tecnológico e informático

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

Correctores de estilo

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

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

Comunicación y difusión

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

Fotógrafo

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

COMITÉ CIENTÍFICO

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

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

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

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

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

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

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

COMITÉ EDITORIAL

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

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

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

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

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

Leopoldo Serrano Cervantes
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador
leopoldo.serrano@ues.edu.sv

Blanca Lorena Bonilla de Torres
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador
blanca.bonilla@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador

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

Teléfonos

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

Correos electrónicos

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

URL de la revista

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



Revista Agrociencia es el medio oficial de difusión científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, gestionada con apoyo de la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (SIC-UES), que cumple con los principios de acceso abierto. Su periodicidad es semestral a partir de 2022, 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. Si desea publicar en Revista Agrociencia, puede enviar su texto a:
revista.agrociencia@ues.edu.sv

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



Fotografía de portada:

Juan Raúl Magarín
Secretaría de Investigaciones Científicas
Universidad de El Salvador

Pág.
6

Calidad de agua y carga de helmintos endoparásitos en peces: tilapia (*Oreochromis* spp.), guapote tigre (*Parachromis managuensis*) y mojarra (*Amphilophus macracanthus*) del Embalse Cerrón Grande, El Salvador

Water quality and parasitic load of endoparasitic helminths in fish: tilapia (*Oreochromis* spp), guapote tiger (*Parachromis managuensis*) and mojarra (*Amphilophus macracanthus*) from Embalse Cerrón Grande, El Salvador



Pág.
34

Evaluación de tres modelos de cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia, y un prototipo de cocina con dos materiales de combustión en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Evaluation of three models of wood-saving kitchens of Lorena Mejorada, Tezulutlán and Finland firewood, and a stove prototype with two combustion materials in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Pág.
16

Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Evaluation of different stocking densities of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in artisanal freshwater ponds in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador



Pág.
45

Dinámica poblacional de *Brevipalpus* sp., vector de la leprosis de los cítricos en San Juan Opico, departamento de La Libertad, El Salvador

Population dynamics of *Brevipalpus* sp., vector of citrus leprosis in San Juan Opico, department of La Libertad, El Salvador

Pág.
24

Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis* sp.) cultivadas en tres lagos de El Salvador

Determination of the proximal bromatological analysis and minerals in tilapias (*Oreochromis* sp.) farmed in three lakes of El Salvador



Pág.
54

Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la ciudad de San Salvador, El Salvador

Characterization, ecosystem services of the trees and general guidelines for the trees on sidewalks of the city of San Salvador, El Salvador

Calidad de agua y carga de helmintos endoparásitos en peces: tilapia (*Oreochromis* spp.), guapote tigre (*Parachromis managuensis*) y mojarra (*Amphilophus macracanthus*) del Embalse Cerrón Grande, El Salvador

López-Torres, D.J.

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

Velásquez-Mazariego, A.E.

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

García-Sánchez, D.A.

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

Alvarado-Panameño, J.F.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente director.

Arias, A.Y.

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

RESUMEN

La investigación se realizó en cinco sitios ubicados en el Embalse Cerrón Grande, El Salvador, en el periodo comprendido de noviembre 2019 a febrero de 2020, con el objetivo de evaluar la calidad del agua y las cargas de helmintos endoparásitos en los peces: guapote tigre (*Parachromis managuensis*), tilapia (*Oreochromis* spp) y mojarra (*Amphilophus macracanthus*). Los muestreos se llevaron a cabo durante cuatro meses con un intervalo de 15 días, las muestras de peces fueron de 140 unidades en total. Para los análisis en laboratorio, se transportaron frascos de polietileno de un litro de capacidad con muestras de agua y otra con los peces debidamente identificados en bolsas transparentes de polipropileno de 1.96 kg, (5 Libras), manteniendo una temperatura de 4 °C. Se realizó identificación de parásitos mediante la observación estereoscópica de lo siguiente: ojos, agallas, piel e intestinos, realizada en el Laboratorio de ELISA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Los datos fueron ordenados en una matriz de Excel (Microsoft®), y posteriormente analizados con un nivel de confianza del 95 % y error del 5 %, en el programa SPSS® versión 25. Los resultados obtenidos reflejaron una calidad de agua calificada de buena a regular con un valor para ICA promedio de 72.8, lo cual indica una aptitud para usos agropecuarios y desarrollo de actividades de recreo acuático con restricciones basados en las Normas Oficiales Salvadoreñas: NSO13.07.01:08; NSO 13.49.01:09, la Normativa Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 y el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales No. 33903-MINAE-S. Costa Rica, limitando además el uso del agua del Embalse para fines de potabilización por métodos convencionales. En cuanto a cargas parasitarias de los peces por sitio muestreado, se encontró una prevalencia general de 36.4 %, presentando la mayor carga parasitaria el sitio Isla de Los Tibios con una prevalencia de 50 %, y la menor en el sitio La Tumbilla con una prevalencia del 28 %. Al realizar el análisis de correlación entre el índice de calidad del agua ICA y las cargas parasitarias, se obtuvo un valor de $r = -0.698$ y una probabilidad de error 0.00 %, observándose que las cargas parasitarias disminuyen cuando la calidad del agua baja de categoría, por tanto, se concluyó que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, están afectando negativamente las poblaciones de parásitos en peces del Embalse Cerrón Grande.

ABSTRACT

The research was carried out in five sites located in the Embalse Cerrón Grande, El Salvador in the period from November 2019 to February 2020, with the aim of evaluating the water quality and loading of endoparasitic helminths in the fish: guapote tigre (*Parachromis managuensis*), tilapia (*Oreochromis* spp) and mojarra (*Amphilophus macracanthus*). The samplings were carried out for four months with an interval of 15 days, the fish samples were 140 units in total. The transport of the water and fish sample to the laboratory was in two 50 liter coolers, one containing one-liter flask with the water samples and the other with the fish duly labeled in plastic bags of 1.96 kg, (5 pounds), maintaining a temperature of 4 °C. The identification of parasites was carried out by stereoscopic observation of the following: eyes, gills and intestines, carried out in the ELISA Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The data were ordered in an Excel matrix (Microsoft®), and later analyzed with a confidence level of 95 % and an error of 5 % in the SPSS® version 25 program. The results obtained reflect that the reservoir has good water quality because an average value for ICA of 72.8 was obtained, this value indicates that the water is suitable for irrigation when consulting the Official Salvadoran Standards: NSO13.07.01:08; NSO 13.49.01:09, Mexican regulations PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 and regulations for the evaluation and classification of de quality of surface water bodies No. 33903-MINAE-S, Costa Rica, furthermore, limiting the use of water from the reservoir for drinking water purification by conventional methods. In terms of parasitic loads of fish per site sampled, an overall prevalence of 36.4 % was found, with the highest parasitic load at the Isla de Los Tibios site with a prevalence of 50 %, and the lowest at the La Tumbilla site with a prevalence of 28 %. When performing the correlation analysis between the water quality index (ICA) and the parasite loads, a value of $r = -0.698$ and a probability of error of 0.00 % was obtained, showing that the parasite loads decrease when the water quality drops in category, therefore, it was concluded that the physicochemical and microbiological conditions of the water are negatively affecting the parasite populations in fish of the Embalse Cerrón Grande.

 **ACCESO ABIERTO**

Título en inglés:

Water quality and parasitic load of endoparasitic helminths in fish: tilapia (*Oreochromis* spp), guapote tigre (*Parachromis managuensis*) and mojarra (*Amphilophus macracanthus*) from Embalse Cerrón Grande, El Salvador

Correspondencia:

francisco.panameno@ues.edu.sv

Presentado:

09 de enero de 2022

Aceptado:

19 de marzo de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras clave: Helmintos, ICA, endoparásito, fisicoquímico, nematelminto, platelminto

Keywords: Helminths, ICA, endoparasite, physicochemical, roundworm, flatworm

INTRODUCCIÓN

El parasitismo en vertebrados silvestres y particularmente en peces de agua dulce es un fenómeno universal que ocurre de manera natural. Muchos factores del medioambiente y otros, producto de la actividad humana, pueden alterar el equilibrio de dicho fenómeno e influir en la distribución de las especies parasitas en un territorio (ADES, 2015). El estudio de las comunidades de helmintos en cuerpos de agua dulce aporta información útil para evaluar la calidad ambiental y condiciones ecológicas locales, destacando que el éxito de los helmintos para completar sus ciclos de vida, indica la presencia de especies de hospederos en las localidades, incluyendo, los hábitats favorables dentro de su medio (Méndez, 2013). Los parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad del agua, son una opción para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas en programas de monitoreo de aguas superficiales, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar el Índice de Calidad de Agua (ICA), que puede ser interpretado fácilmente tanto por expertos como por la comunidad en general, permitiendo valorar acciones potenciales en cuanto al uso del agua (Samboni *et al.*, 2007).

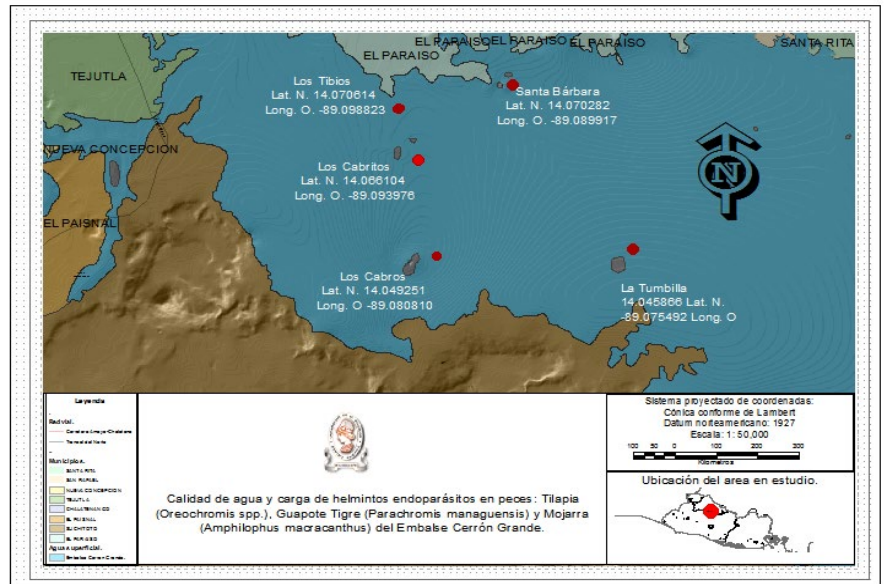
El Embalse Cerrón Grande, es el cuerpo de agua más grande de El Salvador, es abastecido por los ríos: Suquiapa, Sucio y Acelhuate, aportándole un 30 % de su caudal. Actualmente, está siendo contaminado por distintas fuentes (MARN, 2019); sin embargo, no hay estudios de la calidad de agua y el efecto que tiene en la abundancia de parásitos internos de los peces; por esa razón, es necesario realizar esta investigación, con el fin de conocer el comportamiento biológico de las especies estudiadas y su relación con el hábitat, dado que la ausencia o presencia de ciertos helmintos podría estar relacionado con alteraciones importantes en los ecosistemas acuáticos y niveles de estrés en los peces. Esto es importante para evidenciar el impacto ambiental y así contribuir a la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los recursos naturales de dicho cuerpo de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del estudio

La investigación se realizó en el Embalse Cerrón Grande (Figura 1), ubicado en las coordenadas centro: 14°03' Lat. N. y 89°04' Long. O, límite suroccidental: 13° 58' Lat. N y 89° 13' Long. O, límite nororiental: 13° 58' Lat. N. y 88° 2' Long. O. El área comprende una extensión aproximada de 13.5 km² de espejo de agua distribuidos en 14 municipios, entre los departamentos: Cuscatlán, Chalatenango, Cabañas y San Salvador (ISCOS, 2017).

Figura 1.
Ubicación del área en estudio.



El estudio de campo, se realizó en el período comprendido de noviembre de 2019 a febrero de 2020, en los sitios: Isla La Tumbilla (14.045866 Lat. N -89.075492 Long. O), Isla de Los Cabros (Lat. N. 14.049251 Long. O. -89.080810), Isla Los Cabritos (Lat. N. 14.066104 Long. O. -89.093976), caserío Los Tibios (Lat. N. 14.070614 Long. O. -89.098823) y Santa Bárbara (Lat. N. 14.070282 Long. O. -89.089917). Para el estudio se tomaron tres especies de importancia comercial: tilapia (*O. spp.*), mojarra (*A. macrocanthus*) y guapote tigre (*P. managuense*).

La investigación fue de carácter exploratorio, por lo que no requirió de un diseño estadístico complejo, el tamaño de la muestra en peces se calculó con el método de muestreo probabilístico, debido a que todos los individuos de la población pueden formar parte de la muestra, para lo cual se usó la máxima variabilidad, con un nivel de confianza del 95%, P y Q igual a 0.5 mediante la expresión.

$$n = pq/E^2$$

$$n = (0.25) / [0.05]^2 = 100$$

Dónde:

n = muestra;

E = Error;

P y **Q** = probabilidad de éxito en las capturas.

Metodología de campo

Premuestreo de peces: se realizó una prueba previa para establecer los sitios de muestreo, estimación de costos, variabilidad de la población y la determinación de especies de mayor importancia, verificando el método de muestreo seleccionado.

Muestreo de peces: el muestreo de peces se realizó a partir de las 8 a. m. en coordinación con pescadores a una profundidad de 3 a 5 metros, utilizando redes # 5 (orificio de malla de 2.5 cm x 2.5 cm, para peces de 150 g), para lo cual se recorrieron los sitios en lancha con motor fuera de borda con 40 caballos de capacidad. Las muestras recolectadas en total sumaron 140 peces; 56 *O. spp.*, 46 *A. macracanthus* y 38 *P. managuensis*.

Transporte de muestras de peces: los peces recolectados se colocaron en bolsas transparentes de polipropileno de 1.96 Kg (5 lb), debidamente identificadas y colocadas en hieleras de 50 litros de capacidad, manteniendo una temperatura 4°C aproximadamente para ser transportadas al Laboratorio de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Muestreo de agua: el muestreo de agua para el análisis químico y microbiológico, se realizó aproximadamente a partir de las 8:00 a. m. con una profundidad de 30 cm, siguiendo la metodología propuesta por el Laboratorio de Química Agrícola y el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal respectivamente (Erroa y Alvarenga, 2018).

Muestreo de agua para análisis químico: se utilizaron frascos de polietileno de un litro de capacidad, limpios y secos, al tomar la muestra los frascos se ambientaron, enjuagándolos tres veces y posteriormente se llenaron hasta el cuello, las muestras de agua se tomaron a 100 m del punto de anclaje de la red de pesca.

Muestreo de agua para análisis microbiológico: la muestra se tomó en frasco estéril de PVC con capacidad de un litro, sumergiendo el frasco en el agua con el cuello hacia abajo, para evitar contaminar la muestra con la capa superficial de nata o sedimentos al fondo del cuerpo de agua. Las muestras se colectaron a una profundidad de 15 a 30 cm y a 100 metros del punto de anclaje de lanchas, posteriormente se colocó el tapón bajo el agua (Erroa y Alvarenga, 2018).

Medición de parámetros para análisis y determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Toma de parámetros *in situ*: para el análisis del agua se midió *in situ* mediante la sonda multiparámetro marca YSI modelo Profesional Plus, los parámetros: pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), salinidad y nitratos.

Toma de parámetros en laboratorio para determinar otros parámetros fisicoquímicos: DBO₅, fosfatos, turbidez y microbiológicos (coliformes fecales y totales), se transportaron muestras de agua de cada sitio en hieleras de 50 litros de capacidad, manteniendo una temperatura de más o menos 4 °C., hasta el Laboratorio de Química

Agrícola y Laboratorio de Investigación y Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Repeticiones

Para obtener mayor representatividad en el estudio que relaciona las cargas parasitarias con los parámetros fisicoquímicos, se realizaron 5 repeticiones en un intervalo de 15 días por sitio muestreado, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar ICA, se realizaron en tres momentos: en el primero, tercero y quinto muestreo según cronograma de actividades propuesto.

Metodología de laboratorio

Necropsia de peces

Se realizó según Ortega y Vega (2013), la primera incisión en la línea media del pez, dirección caudo-craneal, se colocó en una charola, con la cabeza en dirección a la mano izquierda del investigador y con el vientre del pez de frente: se retiró el opérculo para exponer las branquias, luego se hizo una incisión desde el orificio anal dirigido hacia la comisura inferior del opérculo branquial, posteriormente se cortó desde el orificio anal con dirección dorso-craneal, pasando por la línea lateral hacia la comisura superior del opérculo permitiendo exponer los órganos internos para su extracción y posterior análisis de laboratorio.

Detección de parásitos internos

Con microscopio estereoscópico, se observaron los órganos: branquias, sistema digestivo, hígado, ojos, cortes de tejido muscular y aletas, colocados en medio de dos placas de vidrio transparentes para identificar helmintos adultos (Magaro *et al.*, s.f).

Los helmintos encontrados se lavaron en solución salina, dejándolos reposar por 12 horas, posteriormente fueron colocados en viales con una dilución de alcohol etílico al 70 %, rotulado con la ubicación anatómica analizada, número de muestra, sitio de procedencia y fecha de muestreo, se tomaron fotografías de los especímenes y se identificaron, usando claves taxonómicas/pictográficas, se incluyó género y especie (Nombre Científico), solamente género o únicamente la familia, luego fueron registrados en una hoja de control parasitario (González y Vidal 2008). Los valores obtenidos de calidad de agua se reportaron por sitio y las cargas parasitarias por especie de parásito y hospedero.

Metodología estadística

Los datos se registraron en Excel (Office®) y se analizaron, haciendo uso del software Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales SPSS® versión 25, con el objetivo

de determinar el grado de relación entre las variables y parámetros en estudio.

VARIABLES EN ESTUDIO.

Calidad del agua: se estimó haciendo uso de los parámetros: coliformes totales, pH (en unidades de pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5 en mg/L), nitratos (NO_3 en mg/L), fosfatos (PO_4 en mg/L), cambio de temperatura (en °C), turbidez (en FAU), sólidos disueltos totales (en mg/L), siguiendo la metodología del SNET (2019).

Cargas parasitarias: se analizó una muestra $n=140$ para las especies de peces *Oreochromis* spp, *P. managuensis* y *A. macracanthus* de la cual se obtuvieron submuestras de 56, 46 y 38 individuos, respectivamente; las cargas parasitarias se estimaron en función de variables como abundancia, intensidad media y prevalencia parasitaria.

Poblaciones de peces: se estimaron las poblaciones relativas de peces con base a la unidad de esfuerzo y el área de pesca según la metodología propuesta por FAO, (1971).

Relación entre calidad de agua y cargas parasitarias: se

determinó mediante el análisis de Correlación de Pearson, que indica cuan asociadas se encuentra dos variables entre sí, en este caso calidad de agua y carga parasitaria.

Calidad de agua y poblaciones de peces: se estableció por medio del análisis de correlación de Pearson que indica cuan asociados se encuentran dos variables entre sí, en este caso calidad de agua y población de peces.

Asociación parasitaria: se obtuvo por medio del análisis de los datos de prevalencia, abundancia e intensidad media, realizado para cada especie de pez en estudio.

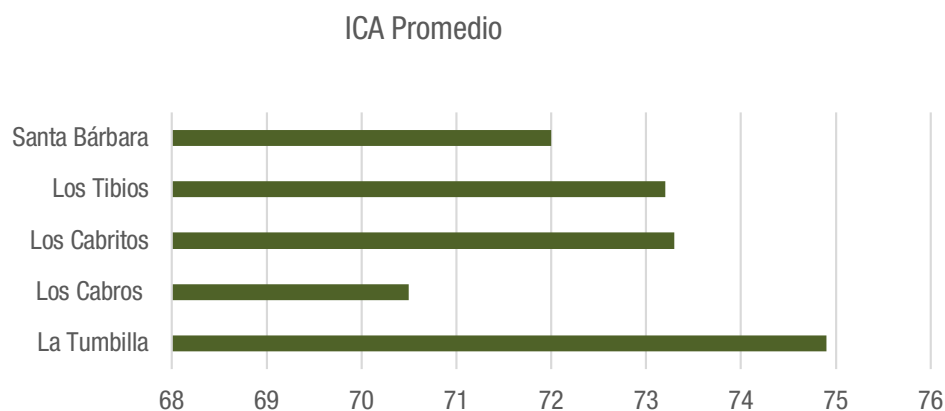
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Calidad del agua

Análisis descriptivo.

El Índice de Calidad del Agua ICA para los sitios: Cerro de la Tumbilla, Los Cabros, Los Cabritos, Los Tibios y Santa Bárbara, se encontraron en valores de: 74.9, 70.5, 73.3, 73.2 y 72 respectivamente (Figura 2), con un ICA promedio de 72.8 clasificándolo como bueno según el SNET (2019).

Figura 2.
Índice de Calidad de Agua promedio.



Según el MARN (2017), en el periodo de enero a mayo de 2017, se reportó un ICA mínimo de 39 y un máximo de 68 con clasificación de “malo” a “regular” en siete sitios del Embalse Cerrón Grande. Torres *et al.* (2010), sugieren que los cuerpos de agua con índices de calidad mayor que 70 y menores de 90 %, son aptos para el desarrollo de vida acuática, piscicultura y riego, pero no para la potabilización de forma convencional, coincidiendo con las Normas Oficiales Salvadoreñas: NSO 13.07.01:08 (MINSAL, 2009); NSO 13.49.01:09 (CONACYT, 2009); Normativa Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 (SEGOB, 2018) y el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad

de Cuerpos de Agua Superficiales No. 33903-MINAE-S de Costa Rica (MINAE, 2007).

La demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO_5), se registró en valores de 1 a 15 mg/L (Figura 3), con promedio general de 7.8 mg/L; el sitio con menor valor fue el sitio 1 Cerro la Tumbilla, con una media de 6.14 mg/L; y el sitio 5 Santa Bárbara con la mayor DBO_5 9.39 mg/L, posiblemente se deba a que el sitio presentó una gran cantidad de algas verdes y materia orgánica suspendida en el agua. Según PRISMA (2011) en los meses de agosto a noviembre se registra una invasión recurrente de algas verdes y Jacinto

acuático (*Eichhornia crassipes*) en el Embalse, estas especies en ausencia de luz son consumidoras de oxígeno y al morir aportan gran cantidad de materia orgánica que es descompuesta por los microorganismos los cuales consumen el oxígeno disuelto en agua para su desarrollo.

Los sólidos totales disueltos STD oscilaron en valores de 10 a 285 mg/L, en un promedio de 162.2 mg/L., por sitio. el valor más alto lo presentó el sitio Cerro de la Tumbilla con 213.9 mg/L (Figura 4); mientras que el sitio Santa Bárbara presentó un valor de 127,5 mg/L, esto podría deberse al material parental, a la composición y dilución de las rocas debido a la fluctuación en el nivel del agua considerando

que los sitios La Tumbilla y Los Cabros son más expuestos a estas variaciones (PRISMA, 2011).

Según las Normas Salvadoreñas Oficiales: NSO 13.49.01:08 y NSO 13.49.01:09, el valor máximo permisible para este parámetro es 10 mg/L, si su uso es con fines de potabilización y menor a 60 mg/L si se usara con fines de riego; sin embargo, la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 (SEGOB, 2018) considera que las aguas con SDT con un valor mayor a 20 mg/L deberían usarse únicamente para el desarrollo de especies acuícolas por su alto contenido de residuos de material orgánico y microbiológico.

Figura 3.
Demanda bioquímica de oxígeno.

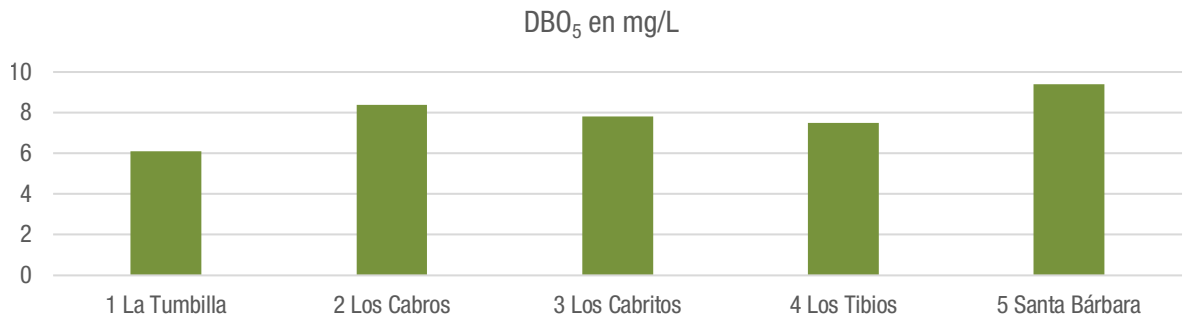
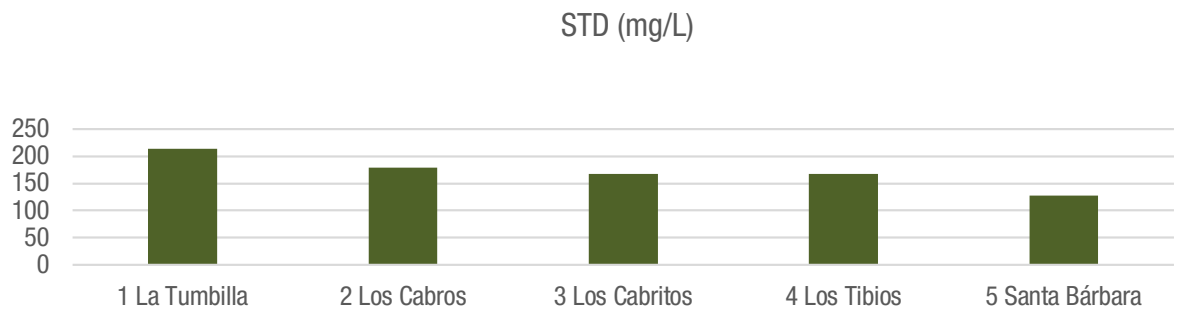


Figura 4.
Sólidos totales disueltos (STD).



En promedio el pH registrado durante el muestreo fue de 8.43, la oscilación de este parámetro para los cinco sitios se encontró con un valor de 7 a 9, (Figura 5) considerado como neutro a moderadamente alcalino. Durante los muestreos el sitio registrado con el pH más bajo fue Isla Los Cabros, mientras que los valores más altos se registraron en los sitios La Tumbilla y Santa Bárbara con pH de 8.3 y 8.6, respectivamente (Figura 5), es posible que esto se deba a la correlación entre pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, los cuales son indicadores de contaminantes físicos de origen mineral a causa de la erosión propia de fluctuación de las aguas en los sitios evaluados (MARN, 2019). El valor del pH en agua

es de importancia para la piscicultura, este parámetro es responsable de la inactivación tanto de los parásitos helmintos (cuando este se encuentra en un valor superior a 9) como de los espermatozoides de las especies de fecundación externa (Maya *et al.*, 2012).

El valor promedio de OD en agua para los cinco sitios fue de 9.78 mg/L (Figura 6), el valor más alto, se registró en el sitio Santa Bárbara, con 10.67 mg/L, posiblemente por ser un sitio cercano las corrientes principales de agua que abastecen el embalse, lo cual está relacionado con la dilución del oxígeno (Calderer, 2001).

Figura 5.
pH del valor promedio por sitio de muestreo.

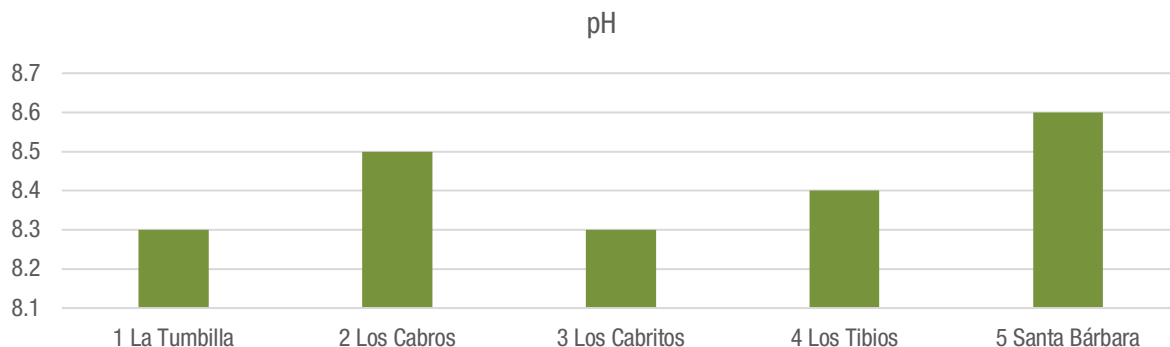
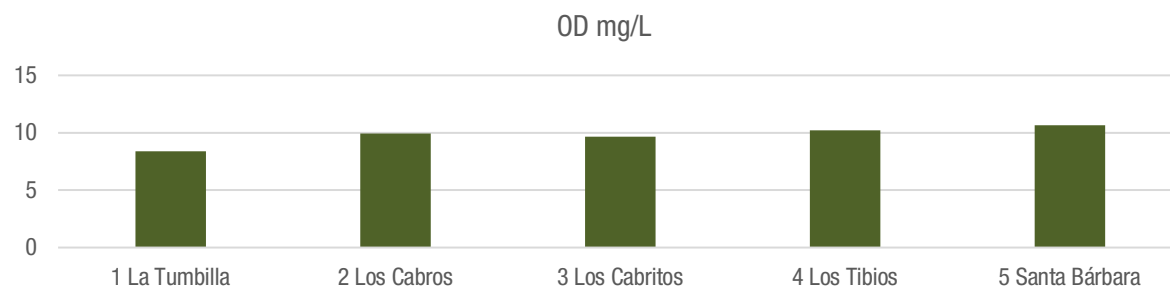


Figura 6.
Oxígeno disuelto (OD). Valores promedio.

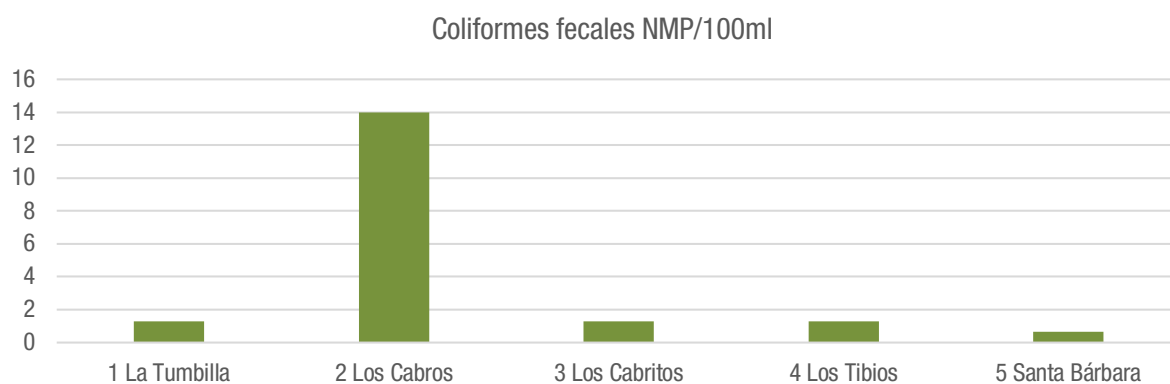


En cuanto al uso del agua, la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece que el oxígeno disuelto OD debe ser mayor a 6.5 mg/L. en aguas con fines de potabilización y desarrollo de actividades domésticas, niveles más bajos podrían estar relacionados con la contaminación por aumentos en las descargas de desechos humanos, de animales e industria y el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios acuático) (OMS, 2006).

El valor promedio de los coliformes fecales en NMP/100 ml para el periodo de noviembre de 2019 a febrero de 2020 fue de 1.3 NMP/100 ml en los sitios 1, 3 y 4,

(Figura 7); mientras que en el sitio 2, su valor se encontró en 14 NMP/100 ml, lo cual podría estar relacionado con la cercanía a la corriente principal del río Lempa y que este sitio es el más cercano al punto de descarga del río Acelhuate (3.88 Km de distancia), considerando que este cuerpo receptor recibe descargas de aguas grises de la zona metropolitana de San Salvador (MARN, 2011). Estos valores podrían considerarse bajos en comparación con los reflejados por el *informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador* (MARN, 2017), para ese año el agua del Embalse no cumplía con las características de calidad para

Figura 7.
Coliformes fecales en NMP/100ml.



potabilizarse por métodos convencionales al encontrarse con valores fuera del rango máximo permitido para este uso, principalmente para el parámetro coliformes fecales, los cuales se registraron entre 2,400 a 92 millones de bacterias/100 ml, siendo el máximo valor permitido de 2000 NMP/100 ml y fósforo en el rango de 0.26 a 8.9 mg/L, mientras su valor máximo deberá ser menor a 0.15 mg/L según las normas NSO 13.49.01:08 y NSO 13.49.01:09.

Análisis inferencial

Se demostró estadísticamente, con un nivel de confianza del 95% y un $p > 0.05$, que los sitios: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla no presentaron diferencias significativas en calidad de agua, para los meses de noviembre de 2019 a febrero de 2020, por lo cual puede decirse que las características fisicoquímicas y microbiológicas de los sitios evaluados son semejantes en los cinco sitios de muestreo.

Mediante el análisis de correlación de Pearson, se observó que el ICA para los sitios de Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla, está determinado principalmente por los parámetros: DBO_5 con un $r = -0.911$ y una probabilidad de error de 0.00 %; SDT con un $r = -0.819$ y una probabilidad de error de 0.00

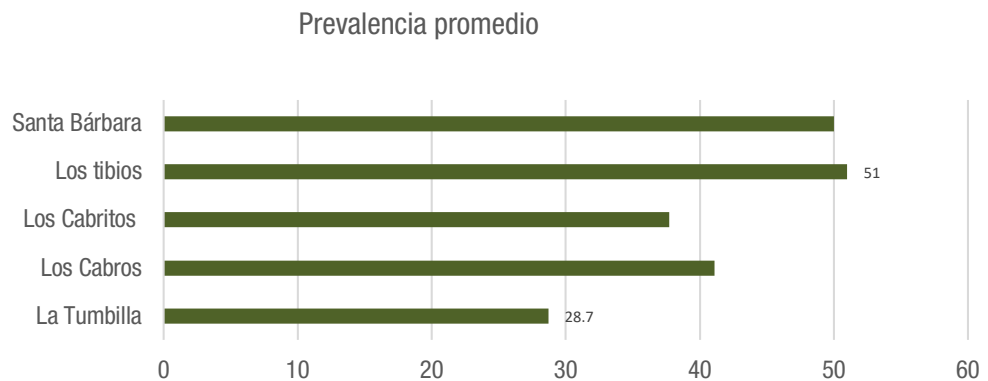
% ambos con una correlación excelente, seguido de los parámetros físicos: pH con un $r = -0.621$ y una probabilidad de error de 1.4 % y OD con un $r = -0.573$ y una probabilidad de error de 2.6 % con una correlación respectivamente buena, lo cual concuerda con Samboni *et al.* (2007), quienes describen los parámetros anteriores como los más relevantes para determinar el ICA.

Cargas parasitarias

Análisis descriptivo

Se analizaron 140 muestras para las especies de peces *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* de la cual se obtuvieron sub-muestras de 56, 46 y 38 individuos, respectivamente, los datos de carga parasitaria registrados mediante el estudio de las tres especies se presentan en términos de prevalencia parasitaria (Figura 8), en un valor promedio de 36.4 %, presentando mayor carga parasitaria los peces extraídos del sitio Los Tibios con 50 % y menor los que se capturaron en el sitio La Tumbilla, con una prevalencia del 28 %, lo cual es posiblemente bajo al compararla con los datos presentados por Panameño (2019), quien en un estudio similar reporta una prevalencia general de 65.38 % en 5 especies de peces del Embalse.

Figura 8.
Coliformes fecales en NMP/100ml.



Asociaciones parasitarias

Se registró la incidencia de tres helmintos: *Clinostomum* sp., encontrado en agallas de las especies: *O. spp.* y *P. Managuensis*; *Diplostomum* sp. con afinidad bien marcada por la región ocular de las tres especies de peces y *Gyrodactylus* sp., encontrado en aletas y agallas de *P. Managuensis* y *A. macracanthus*. La prevalencia general por especie, fue de 32.9 %, observándose mayor incidencia en la especie *A. macracanthus*, con una prevalencia del 63.2 %. En un estudio similar, Andasol *et al.*

(2014) encontraron una prevalencia de *Gyrodactylus* sp. en *Oreochromis niloticus* del 15 %, mientras que Panameño, (2019), reportó una prevalencia general de 65.38 % en 5 especies de peces, y de 91.07 %, 41.30 % y 68.42 % en *A. macracanthus*, *P. managuensis* y *O. spp.*, respectivamente, Cabrera (2019) determinó en *Oreochromis niloticus* una abundancia de 4 e intensidad media de 8 trematodos del género *Gyrodactylus*; sin embargo, difiere de los valores presentados en este estudio, al no encontrar asociaciones parasitarias de este tipo en *O. spp.*, en cambio, se reporta como abundancia e intensidad media general 0.94 y 2.35

especímenes por hospedero, según Lannacone, (2010), la baja riqueza parasitaria podría ser atribuida al periodo y duración del estudio, a las condiciones ambientales y al área donde se localizan y capturan los peces. En cuanto al período de muestreo y hospederos, *Clinostomun* sp. se registró en las especies *O. spp.* y *P. managuensis*, en los meses de noviembre 2019 a enero 2020.

De la muestra de peces (n=140), 34 se registraron parasitadas por *Diplostomum* sp. lo que equivale a una prevalencia de 24.3 %. Este helminto se encontró asociado a las tres especies de peces en estudio, con mayor presencia durante los meses de noviembre y diciembre y con una tendencia a la baja en los meses de enero y febrero 2020.

Análisis inferencial

En cuanto a cargas parasitarias por sitio, se demostró estadísticamente con un nivel de confianza del 95 % y un $p > 0.05$, que las especies *O. spp.*, *P. managuensis* y *A. macracanthus* no presentan diferencias significativas en cuanto a prevalencia parasitaria en los sitios: Santa Bárbara, Los Tibios, Los Cabritos, Los Cabros y Cerro de la Tumbilla.

Relación entre calidad del agua y cargas parasitarias

Análisis descriptivo

Al relacionar las variables: ICA y prevalencia parasitaria (Figura 9), se observa una tendencia en aumento para las cargas parasitarias en proporción directa a la calidad del agua. Según Lacasa (1993) y Samboni *et al* (2007), la temperatura del agua, turbidez, salinidad, oxígeno disuelto y pH, pueden incidir en el desarrollo de los helmintos. En la figura 10, se presenta la interacción del parámetro DBO_5 y la prevalencia parasitaria, en la cual se observa relación inversa entre estas variables, sugiriendo que en sitios con alta DBO_5 existe una baja carga parasitaria. Según Raffo, (2014), un valor alto en el parámetro DBO_5 significa una carga igual de microorganismos encargados de la oxidación aeróbica de residuos orgánicos y una competencia por oxígeno con otros organismos, esto podría explicar cómo este parámetro afecta las poblaciones de parásitos helmintos.

Análisis inferencial

Al evaluar la prevalencia parasitaria y el factor calidad del agua mediante el análisis de las varianzas, se demuestra estadísticamente con un nivel de confianza del 95 % y un $p < 0.05$, que las cargas parasitarias presentan diferencias significativas cuando se da un cambio en calidad del agua.

Figura 9.
Efecto de la calidad del agua en las cargas parasitarias.

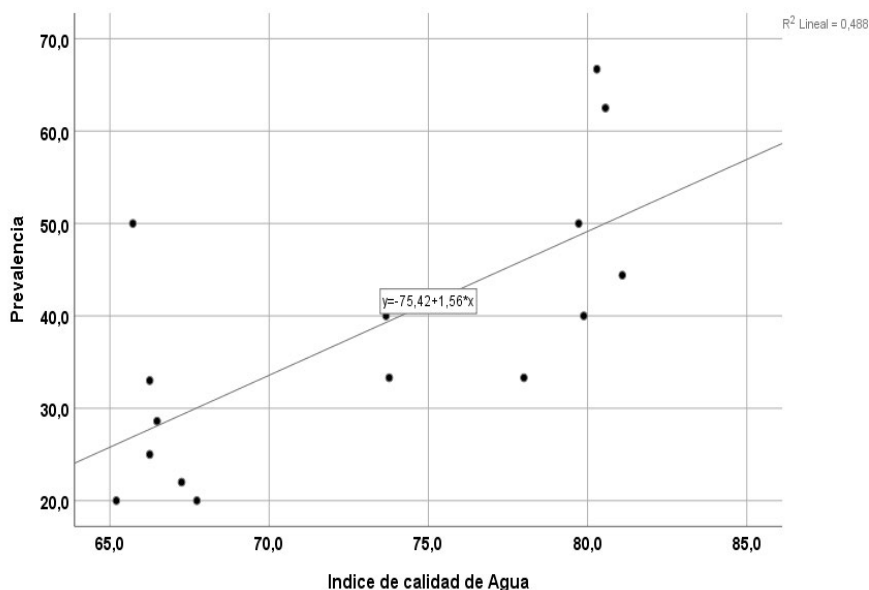
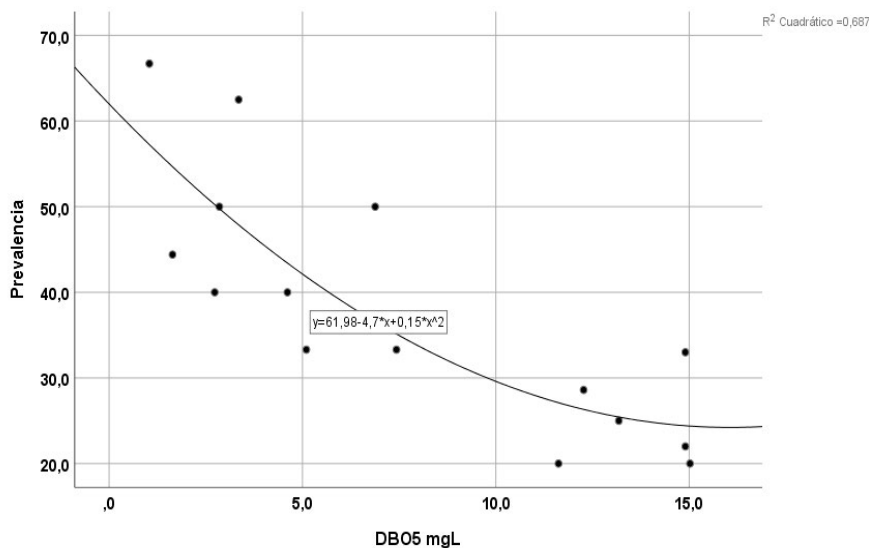


Figura 10.
Efecto de la DBO_5 en las cargas parasitarias.



Calidad de agua y poblaciones de peces

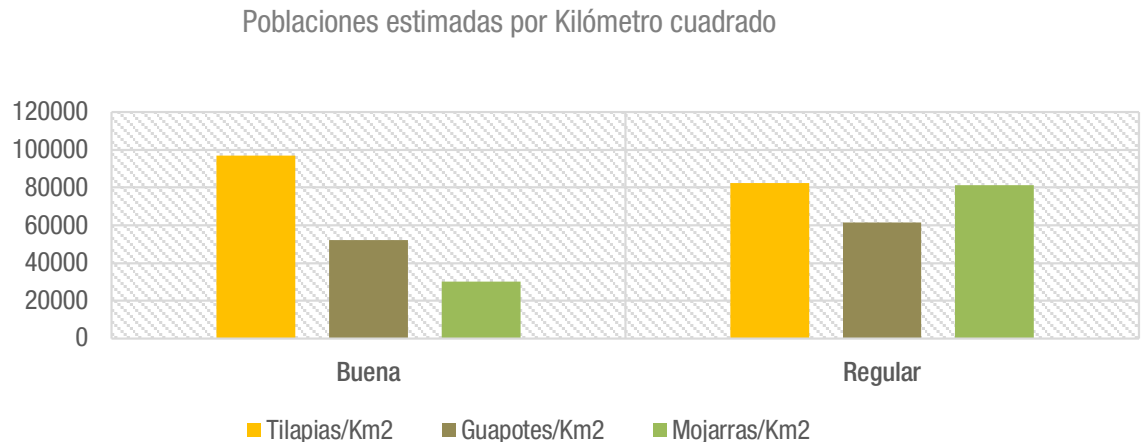
Análisis descriptivo

Se registraron dos clasificaciones de agua (Figura 11): **buena** con una ponderación de 71 a 84 y **regular** con un ICA de 64 a 70; para las poblaciones de peces: *O. spp.* (Tilapia), *P. managuensis* (Guapote) y *A. macracanthus* (Mojarra) se presentan datos estimados por unidad de esfuerzo por kilómetro cuadrado, como se observa en la figura 11, las especies más abundantes fueron *O. spp.* y *A. macracanthus* con un promedio poblacional de

89529.43 y 53813.78 especímenes respectivamente, lo cual refleja que estas dos especies se adaptan mejor a las condiciones presentadas en el Embalse, lo cual concuerda

con (OSPESCA, 2017) al sugerir que este cuerpo de agua es apto para el desarrollo de tilapia de forma controlada.

Figura 11.
Calidad del agua y poblaciones de peces.



Análisis inferencial

Mediante el análisis de varianza, con un nivel de confianza del 95 % y un $p > 0.05$, se determinó que estadísticamente, las poblaciones de peces *O. spp.* y *P. managuensis* no muestran diferencias significativas cuando la calidad del agua disminuye de **buena a regular**. Al realizar el análisis de correlaciones para las variables poblaciones de peces, ICA y los parámetros fisicoquímicos: DBO_5 , SDT, pH, OD y microbiológico y coliformes fecales, no se observaron relaciones significativas.

CONCLUSIONES

Las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, están afectando negativamente a las poblaciones de parásitos en peces del Embalse, de igual manera las cargas parasitarias disminuyen cuando la calidad del agua baja de categoría.

Ante el cambio en el ICA, de **bueno a regular**, las poblaciones de peces analizados no presentan alteraciones estadísticamente significativas.

El ICA para el Embalse Cerrón Grande se encuentra en la categoría buena según los resultados obtenidos, pero al analizar individualmente cada parámetro y compararlo con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales NSO 13.49.01:08, no se cumple las condiciones para ser potabilizable con los límites establecidos en sólidos totales disueltos (STD) y turbidez, sin embargo, es indicada para riego de cultivos y desarrollo de vida acuática.

La especie *Amphilophus macracanthus* presentó mayor carga de helmintos parásitos en comparación con *Parachromis managuensis* y *Oreochromis* spp., por el contrario, *Oreochromis* spp., fue la más resistente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADES (Asociación de Desarrollo Económico Social Santa Marta) (2015). *Ictiofauna y Parasitismo en la sub cuenca del Rio Titihuapa, departamento de Cabañas y San Vicente*. El Salvador. 25 p.
- Andasol Serrano, I.G; Escobar López, D.A; Montes Rivera, N.L; Calderón, Meléndez O. L; Marroquín, M.M. (2014). *Caracterización ecto-parasitológica (Oreochromis niloticus en los laboratorios de cultivo en El Salvador*. Artículo científico. UES. San salvador El Salvador. 26 p.
- Cabrera Soregui, M. A. (2019). *Identificación y caracterización ultra estructural de monogéneos presentes en las branquias de Tilapia del Nilo Oreochromis niloticus Asociados a las lesiones histológicas procedentes de cultivos de la provincia de San Martín*. Tesis. Lima Perú. 101 p.
- Calderer Reig, A. (2001). *Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (Sparusaurata L.)*. Memoria. Universidad de Barcelona. España. 64 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). (2009). *Norma salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor*. Diario Oficial. Tomo N° 382. San Salvador, El Salvador. 17 p.
- Erroa, R; Alvarenga, F. (2018). *Manual de laboratorio*

- de *Microbiología Animal*. UES. San Salvador, El Salvador. 89 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura) (1971). *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces*. Editorial ACRIBIA, Royo, 23. Zaragoza, España. 2013 p.
- González, A; Vidal, M. (2008). *Las comunidades de helmintos del lenguado (Symphurus plagiusa) en la Costa de Campeche México*. Rev. Mex. Biodiv. vol.79 no.1
- ISCOS (Instituto Sindical de Cooperación al Desarrollo) (2017). *Plan de manejo integral participativo de los recursos naturales del humedal Embalse Cerrón Grande*. El Salvador 107 p.
- Lacasa Millán, Ml. (1993). *Introducción a la parasito fauna de peces ciprinidos de la cuenca media del río Llobregat*. Tesis Dr. ES. Universidad autónoma de Barcelona. 393 p.
- Lannacone, J; Luis Morón, L; Guizado, S. (2010). *Variación entre años de la fauna de parásitos metazoos de Sciaena deliciosa (Tschudi, 1846) (Perciformes: Sciaenidae) en Lima, Perú*. Universidad Nacional Federico Villarreal. 9 p.
- Magaro, M; Uttaro, A; Serra, E; Ponce, P; Echenique, C; Nocito, I; Vasconi, M; Bertorini, G; Bogino, B; Indelman, P. (s.f). *Técnicas de diagnóstico parasitológico*. Universidad nacional de Rosario. Argentina. 21 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2011). *Actualización del Catastro de Vertidos, Evaluación Sobre la Aplicación, Cumplimiento y Verificación del Marco Técnico y Jurídico de las Aguas Residuales en la Sub cuenca del Río Acelhuate*. El Salvador. 42 p
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2017). *Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador*. 84 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2019). *Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador*. 80 p
- Maya, C; Torner, F; Lucario, E.; Hernández, E; Jiménez, B. (2012). *Viability of six species of larval and non-larval helminth eggs for different conditions of temperature, pH and dryness*. Water Res. 46:4770-82.
- Méndez, O. (2013) *Diversidad de helmintos de peces dulceacuícolas en los oasis de Baja California sur*. México. 19 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) (2007). *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales* Diario Oficial La Gaceta N. 178. Costa Rica, 16 p.
- MINSAL (Ministerio de Salud de El Salvador) (2009). *Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08. Agua potable*. Diario Oficial Tomo 383 109. San Salvador, El Salvador 20 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Volumen 1. 408 p.
- Ortega, S; Vega, L. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio de acuicultura*. UNAM. México. 19 p.
- OSPESCA (Organización del sector pesquero y acuícola del Istmo Centroamericano) (2017). *Embalse del Cerrón Grande; información general y de identificación* (en línea) consultado 02 feb. 2018. Disponible en: <https://climapesca.org/2017/05/09/embalse-del-cerron-grande/>
- Panameño, J.F. (2019). *Monitoreo de parásitos helmintos en peces del Embalse Cerrón Grande*. *Revista Científica Multidisciplinaria De La Universidad De El Salvador - Revista Minerva*, 2(1), 79-94. <https://minerva.sic.ues.edu.sv/index.php/Minerva/article/view/29/45>
- PRISMA (Programa Salvadoreño De Investigación Sobre Desarrollo Y Medio Ambiente) (2011). *Estudio agroambiental de las tierras fluctuantes del humedal Cerrón Grande* (en línea).
- Raffo Lecca, E; Ruiz Lizama, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. *Industrial Data*, vol. 17, núm. 1, enero-junio. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú. p. 71-80
- Samboni, N; Carvajal Y, Escobar, J. (2007) *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Colombia* (en línea) Consultado 15 abr. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales) (2019). *Índice de Calidad del Agua General "ICA* (en línea) consultado en 17 may. 2019. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>
- SEGOB (Secretaría de Gobernación) (2018). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996*. Ciudad de México. 20 p.
- Torres, P; Cruz, C; Patiño, P; Escobar, J.C; Pérez, A. (2010). *Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano*. *Ingeniería E Investigación* VOL. 30 No. 3, p. 86-95.

Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Coreas-Madrid, A.S.

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

Gutiérrez-Salguero, J.E.

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

Rodríguez-Urrutia, E.A.

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

Flores-Tensos, J.M.

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

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, en El Salvador, en el periodo de octubre 2019 a febrero 2020. El objetivo fue evaluar diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un estanque artesanal, que fue dividido en dos módulos y estos subdivididos en dos jaulas de 2.5 metros de ancho, 3 m de largo y 1.15 m de altura para distribuir los tratamientos. El estudio se realizó bajo el diseño completo al azar; los tratamientos fueron: testigo o tratamiento 0 (T0) en el cual se sembraron 5 tilapias/m³ y se colocaron en total 38 alevines, tratamiento 1 se sembraron 10 tilapias/m³, se colocaron 75 alevines, tratamiento 2 se sembraron 15 tilapias/m³ y se colocaron 113 alevines y tratamiento 3 se sembraron 20 tilapias/m³, colocando 150 alevines en total. Cada tratamiento tenía 5 repeticiones. Los parámetros que se midieron fueron: peso y tamaño o talla de las tilapias. El intervalo de muestreo fue cada 14 días. Los parámetros físicos (pH, temperatura, alcalinidad, dureza, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica) y químicos (arsénico, hierro, plomo, cobre y zinc) se analizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, y los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico de Alimentos, Medicamentos y Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) de la Universidad de El Salvador. El mejor peso promedio de los peces se obtuvo con una densidad de 5 tilapias/m³ (testigo o tratamiento 0) con 1,206 g (2.66 libras); el mayor crecimiento o talla promedio de los peces se obtuvo con las densidades de 5, 10 y 20 tilapias/m³ (testigo o tratamiento 0, tratamiento 1 y tratamiento 3, respectivamente) con 18 cm y el tratamiento 2 obtuvo menor crecimiento con 17 cm. Los resultados para análisis físicos: salinidad (1%), OD (12.29 mg/l), STD (129.50 mg/l), conductividad E (292.33 µs/cm), pH (7.70), temperatura 30.73° C, turbidez (35 cm); metales pesados: arsénico (0.7861 ppm), cobre (< 0.05 ppm), plomo (4.2312 ppm), zinc (0.8928 ppm), hierro (< 0.20 ppm). El análisis físico-químico demostró que el agua utilizada en la investigación era apta para la producción de tilapia.

ABSTRACT

The research was carried out at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, located in the Tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, in El Salvador, in the period of October 2019 to February 2020. The objective was to evaluate different stocking densities of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in an artisanal pond, which was divided into two modules and these were subdivided into two cages of 2.5 meters wide, 3 m long and 1.15 m high, to distribute the treatments. The study was carried out under a randomized complete design; The treatments were: control or treatment 0 (T0) in which 5 tilapia/m³ were sown and 38 fingerlings were placed in total; Treatment 1, 10 tilapia/m³ were sown, 75 fingerlings were placed; Treatment 2, 15 tilapia/m³ were sown and 113 fingerlings were placed; and treatment 3, 20 tilapia/m³ were planted, placing 150 fingerlings in total. Each treatment had 5 repetitions. The parameters that were measured were: weight and size or height of the tilapia. The sampling interval was every 14 days. The physical parameters (pH, temperature, alkalinity, hardness, turbidity, total dissolved solids, dissolved oxygen and electrical conductivity) and chemical parameters (arsenic, iron, lead, copper and zinc) were analyzed in the Laboratory of Agricultural Chemistry of the Faculty of Sciences. Agronomics of the University of El Salvador, and the microbiological analyzes were carried out in the Laboratory of Microbiological Quality Control of Food, Drugs and Water of the Center for Research and Development in Health (CENSALUD) of the University of El Salvador. The best average weight of the fish was obtained with a density of 5 tilapia/m³ (control or treatment 0) with 1,206 g (2.66 pounds); the highest growth or average size of the fish was obtained with the densities of 5, 10 and 20 tilapia/m³ (control or treatment 0, treatment 1 and treatment 3, respectively) with 18 cm and treatment 2 obtained less growth with 17 cm. The results for physical analysis: salinity (1%), OD (12.29 mg/l), STD (129.50 mg/l), conductivity E (292.33 µs/cm), pH (7.70), temperature 30.73 °C, turbidity (35 cm); heavy metals: arsenic (0.7861 ppm), copper (<0.05 ppm), lead (4.2312 ppm), zinc (0.8928 ppm), iron (<0.20 ppm). The physical-chemical analysis showed that the water used in the research was suitable for tilapia production.

Keywords: tilapia, *Oreochromis niloticus*, water, artisanal pond, fingerlings, stocking density, El Salvador

 **ACCESO ABIERTO**

Título en inglés:

Evaluation of different stocking densities of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in artisanal freshwater ponds in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Correspondencia:

efrain.rodriguez@ues.edu.sv

Presentado:

16 de diciembre de 2021

Aceptado:

19 de marzo de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras clave: tilapia, *Oreochromis niloticus*, agua, estanque artesanal, alevines, densidad de siembra, El Salvador

INTRODUCCIÓN

La tilapia es un pez de aguas tropicales introducido en El Salvador a comienzos de los años setenta. En comparación con otros peces, posee extraordinarias cualidades para el cultivo: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades, adaptación a cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta resistencia a enfermedades; además de contar con algunos atributos para el mercado como carne blanca de buena calidad, buen sabor, poca espina, buena talla y precio accesible, que le confiere una preferencia y demanda comercial en la acuicultura mundial (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013).

En El Salvador, el cultivo de peces, como la tilapia, ha cobrado interés durante los últimos años, ya que representa una alternativa para aprovechar el recurso acuático y producir pescado de atractivo valor comercial. La demanda de carne de tilapia está aumentando y se perfila una perspectiva interesante: la aplicación de una mejor tecnología como semilla mejorada, alimento de calidad, manejo del agua y una buena gestión de ventas, son claves para el éxito económico de este cultivo (MAG 2001). La cantidad para sembrar es de 3 a 5 peces/m³; el incremento de la cantidad de alevines dependerá de la disponibilidad de agua de buena calidad (CENDEPESCA 2008).

El rango óptimo de pH para la crianza de tilapia es entre 6.5 a 9. La temperatura debe variar entre 28 °C y 32 °C. La alcalinidad y dureza, son aproximadamente iguales con rangos óptimos entre 50-350 ppm; el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100-200 ppm (NICOVITA 2014). La turbidez debe estar en rangos de 25 a 35 cm (Romero 1999). Según la concentración de sólidos disueltos, los estanques se clasifican en estanques limpios con sólidos menores a 25 mg/l, estanques intermedios entre 25- 100 mg/l, estanques lodosos en sólidos mayores a 100 mg/l. La tilapia es capaz de sobrevivir en condiciones de oxígeno por encima de 2 mg/l (NICOVITA 2014). La conductividad eléctrica es un indicativo de las sales disueltas en el agua Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺. Las aguas que tienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Montano y Vargas 2018, citado por Sierra 2011). Para los metales pesados el agua subterránea contiene niveles de arsénico de 0.05 a 0.2 ppm (Flores 2016, citado por Sager 2000). En el cobre el límite máximo permisible en el agua es de 2 mg/l; el límite máximo de plomo en el agua es de 10 µg/l; y el límite máximo permisible de zinc en el agua es de 2 mg/l (Calderón 2018, citado por Acuerdo Ministerial 2009).

En los coliformes fecales y *Escherichia coli* López *et al.* (2016) menciona que puede aceptarse la presencia de hasta 1,000 NMP (Número Más Probable) /100 ml de coliformes fecales en el agua. Según el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 2018, el límite

máximo permisible de coliformes fecales en el agua es de <1.1 NMP/ml. Romero (1999) menciona que el agua debe contener niveles máximos y mínimos permisibles de coliformes fecales; en los estanques debe ser <1/100ml y <1.1 NMP para la producción de alimentos, la cantidad de coliformes fecales en el agua debe ser menor a 100/100 ml. Para el RTS 13.02.01:14 2018, el límite máximo permisible para *Escherichia Coli* es de <1.1 NMP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de la Paz, El Salvador, a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, una precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual de 28 °C, humedad relativa de 76 % y una velocidad del viento de 8 km/h, en el periodo de octubre 2019 a febrero 2020, en estanque artesanal de 10.50 metros de largo, 6.34 m de ancho y 1.30 m de profundidad.

Metodología de campo

El estanque fue desinfectado con 2.3 kilogramos de cal viva diluida en agua; con una escoba se removió el sedimento y el material acumulado en las paredes y el fondo. El estanque se dejó expuesto al sol por una semana y luego se procedió al llenado con agua. Se construyeron las jaulas con tubo estructural de hierro de ¾ de pulgada, chapa 16 milímetros, se colocó una malla tipo gallinero con un tamaño de los orificios de una pulgada, y para evitar la salida y entrada en los primeros estadios de la tilapia se utilizó una malla de color blanco tipo cedazo. Las medidas de las jaulas fueron de 3 m de largo, 2.5 m de ancho y 1.15 m de altura, con una compuerta ubicada en la parte superior de cada jaula para el manejo de las tilapias (Figura 1).

La compra de los alevines se realizó en la Estación Acuícola del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), ubicada en el cantón Santa Cruz Porrillo, municipio de Tecoluca, departamento de San Vicente, El Salvador. En total se compraron 376 alevines de tilapia para establecer la investigación, a un costo de USD 0.07 por unidad, haciendo un costo total de USD 26.32, los cuales fueron transportados en las primeras horas de la mañana en bolsa plástica conteniendo 25 % de agua, 50 % de oxígeno y el otro 25 % para el amarre de la bolsa.

Figura 1.
Limpieza del estanque y construcción de las jaulas.



Para la siembra las bolsas conteniendo los alevines se colocaron en el agua del estanque durante 15 minutos para aclimatarlos a la temperatura del agua, luego se distribuyeron de acuerdo a los tratamientos a evaluar. Para la alimentación de la tilapia se calculó la ración total del día y se dividió en 4 partes, se alimentó en horarios de 8:00 a. m., 10:00 a. m., 1:00 p. m. y 3:00 p. m. En los primeros 40 días los peces se alimentaron con concentrado con 38 % de proteína; del día 41 al 112 se alimentó con concentrado con 32 % de proteína. La oxigenación se realizó dos veces al día a través de una caída de agua, para ello se construyó un sistema de distribución de agua con tubo PVC de una pulgada de grosor, que se extendía de un extremo del estanque al otro con perforaciones cada 20 cm.

Muestreo del agua para análisis físico y químico

Previo al establecimiento y después de la siembra, se conocían los parámetros físicos y químicos (pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos) que contribuyen a la mejora de las condiciones del estudio para el desarrollo del cultivo; además, se determinó el nivel de metales pesados como (arsénico, hierro, plomo, cobre y zinc) por el método de espectroscopia de absorción atómica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, los muestreos de agua se realizaron cada mes con el fin de garantizar que la cosecha la carne de tilapia esté libre de estos contaminantes nocivos para la salud. Para la medición del pH se introdujo el electrodo del pHmetro (marca OAKTON pH tester 30) en el agua del estanque y se anotaba la lectura. La temperatura se midió introduciendo el termómetro artesanal de mercurio en el agua del estanque. La turbidez del agua del estanque se midió con un disco Secchi. La medición del oxígeno disuelto (OD) y los sólidos totales disueltos (STD) se hizo cada tres semanas por el método Potenciométrico; para ello se utilizó una sonda Multiparámetros (marca HACH) se introdujo el electrodo

de la sonda en el agua de cada uno de los tratamientos, se realizaron hasta tres lecturas para evitar errores y se anotaba en los registros de campo. Se utilizaron recipientes de polietileno con capacidad de un litro, y se introdujeron cuidadosamente al estanque para evitar burbujeo o la incorporación de hojarasca que pueda afectar el análisis. Se identificaron y se colocaron en hieleras a temperatura de 4 °C y se condujeron al Laboratorio para su análisis. El primer muestreo para análisis microbiológico se tomó en la fuente de abastecimiento de agua del estanque en un frasco de polietileno de un litro de capacidad, se identificó y se colocó en una hielera a temperatura de 4 °C para su traslado al Laboratorio.

Toma de datos

Para el muestreo de los parámetros de crecimiento y peso de las tilapias se realizaron ocho tomas de datos; cada 14 días se extraían al azar de cada jaula 5 grupos o bloques de tilapias, cada bloque estaba constituido por 7 individuos o unidades experimentales. El peso obtenido se dividió entre el total de tilapias por módulo para obtener el peso promedio de los tratamientos. Para la medición del crecimiento o talla de las tilapias se utilizó una regla graduada en centímetros, midiendo desde la boca hasta el inicio de la aleta caudal.

Para el ordenamiento y tabulación de los datos promedios de talla y peso se utilizó el programa Microsoft Excel® 2016, que es de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows, el cual permitió la obtención de medias descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio. A cada uno de los datos se les realizó una prueba de distribución normal (F); para comprobar la variación estadística se realizó una correlación entre las variables talla y peso versus densidades a través del programa estadístico INFOSAT.

Metodología económica

Se realizó a través del presupuesto parcial, se calculó el costo de producción de las tilapias desarrolladas por tratamiento, tomando en cuenta los costos de los alevines y el alimento. Con estos datos se evaluó qué tratamiento producía mejores beneficios. Elementos básicos que se utilizaron para determinar el presupuesto parcial: rendimientos medios, rendimientos ajustados, beneficio bruto de campo, costos que varían, total de los costos que varían y beneficios netos.

Metodología estadística

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, los tratamientos que se evaluaron fueron:

- Testigo o Tratamiento 0 (T0): se establecieron 5 tilapias/m³, en total 38 alevines.
- Tratamiento 1 (T1): se sembraron 10 tilapias/m³, en total 75 peces.
- Tratamiento 2 (T2): se introdujeron 15 tilapias/m³, en total 113 alevines.

total 113 alevines.

- Tratamiento 3 (T3): se colocaron 20 tilapias/m³, en total 150 peces.

Las variables dependientes que se midieron fueron el peso y el crecimiento o talla de las tilapias. La cantidad de unidades experimentales que se utilizaron por tratamiento se obtuvieron al multiplicar los 7.5 m² de espejo de agua que contenía cada jaula por la densidad de siembra correspondiente.

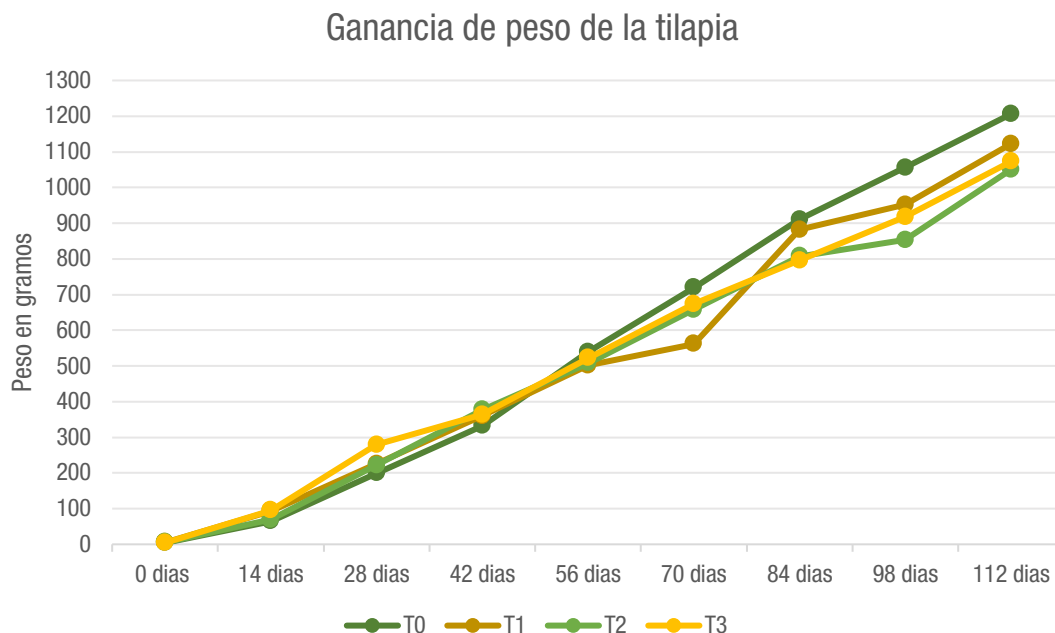
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de los peces

Los resultados de la investigación se determinaron a los 112 días (3 meses con 22 días) después de la siembra; donde el mayor peso promedio obtenido fue en el tratamiento Testigo o Tratamiento 0 (5 tilapias/m³) con 1,206 g, seguido por el tratamiento 1 (10 tilapias/m³) con 1,122 g, y por último el tratamiento 3 (20 tilapias/m³) con 1,073 g y el tratamiento 2 (15 tilapias/m³) con 1,050 g (Figura 2).

Figura 2.

Peso promedio de las tilapias durante el ciclo productivo.



El análisis estadístico demostró que sí existió una diferencia significativa al 5 % entre los tratamientos evaluados. El análisis de varianza demostró un P-valor calculado de 0.0034 con una probabilidad $p < 0.05$ siendo menor, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (variables heterogéneas), es decir, que los tratamientos se comportaron diferentes entre ellos. Cárdenas (2012) encontró que las altas densidades de siembra de peces afecta directamente el desarrollo de los organismos en los

sistemas de cultivo controlado.

Para determinar qué tratamiento producía efectos diferentes se realizó la prueba de Tukey. El tratamiento 0 produce mejores rendimientos de ganancia de peso (1,206 g) en el nivel (A) seguido por el tratamiento 1 (1,122.4 g) en los niveles de (AB) y los tratamientos 3 y 2 con promedios de 1 073 g y 1 050 g respectivamente en el nivel B, lo cual se atribuyó a que los tratamientos con mayores densidades

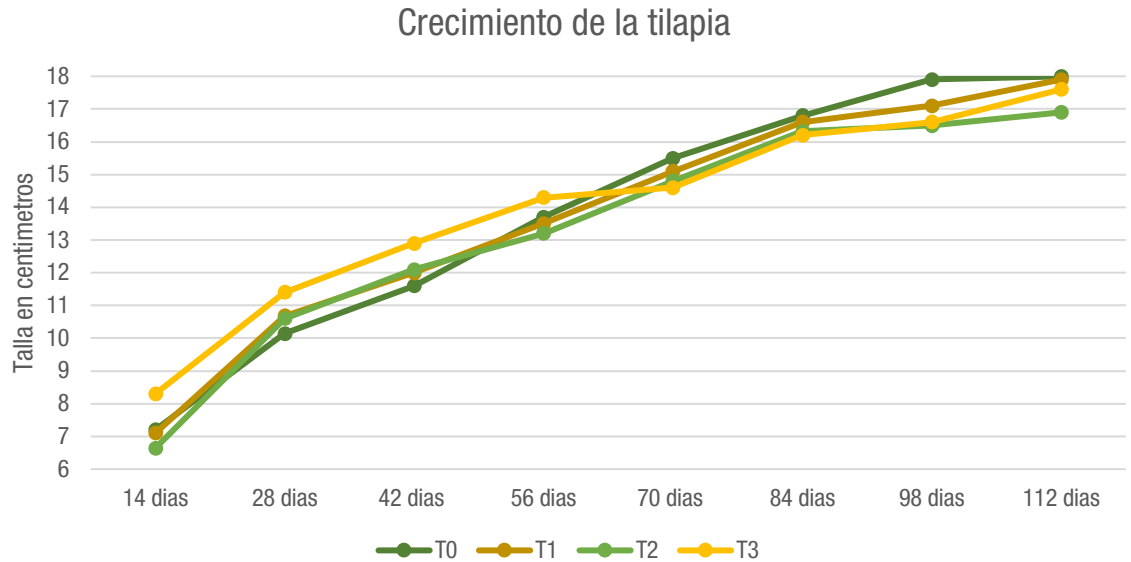
afectan el desarrollo debido a la competencia, esto se demuestra por lo que reportó Ascencio *et al.* (2019), donde compararon el peso de la tilapia en tres densidades de siembra, el tratamiento que más ganancia de peso promedio tuvo fue el tratamiento 1 de menor densidad (50 peces/m³).

Tamaño o talla de los peces

El mayor tamaño promedio de los peces se obtuvo con el Testigo o Tratamiento 0 (5 tilapias/m³), el tratamiento 1 (10 tilapias/m³) y el tratamiento 3 (20 tilapias/m³) con 18 cm, y por último el tratamiento 2 (15 tilapias/m³) con 17 cm (Figura 3).

Figura 2.

Tamaño promedio de las tilapias durante el ciclo productivo.



El análisis de varianza demostró un p-valor calculado de 0.0763, con una probabilidad $p > 0.05$ es mayor, por tanto, se acepta la hipótesis nula (variables homogéneas), es decir, que los tratamientos se comportan de igual forma. Para comprobar que los tratamientos producían efectos similares se realizó la prueba de Tukey. Todos los tratamientos producen efectos similares.

Meyer y Mejía (1993), mencionan que para la alimentación de los peces en sus diferentes estadios de crecimiento se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento; este nivel de proteínas disminuye con el incremento del peso del pez.

Análisis físico y químico del agua

Salinidad

Durante el desarrollo de la investigación, la salinidad del agua no presentó variaciones significativas, ya que al inicio y al final fue de 0.0 % a la mitad del estudio fue de 0.1 %. Lo cual puede deberse a la cantidad de sedimento depositado por el mismo alimento y al buen mantenimiento en los recambios del agua. De la Cruz (2012), menciona que a pesar de que las tilapias son peces de agua dulce, se adaptan a vivir en aguas saladas, ya que son descendientes

de una especie marina.

Oxígeno disuelto

Al inicio de la investigación el agua tenía un valor de oxígeno disuelto de 5.32 mg/l y a medio ciclo productivo entre 7.88 mg/l a 12.29 mg/l. NICOVITA (2014), menciona que los niveles de oxígeno ideal estarán por encima de 2 mg/l. La tilapia es capaz de sobrevivir en aguas con concentración de oxígeno disuelto menor de 0.3 mg/l, por lo cual el ensayo siempre tuvo disponibilidad de oxígeno en el agua para el desarrollo de los peces.

Sólidos totales disueltos (STD)

Los STD estuvieron entre 124 y 125 mg/l al inicio de la investigación; a mitad del ciclo productivo fue entre 129.17 mg/l y 130.13 mg/l, y al final de la investigación entre 122.7 mg/l y 123.2 mg/l. Cuando los sólidos disueltos están por arriba de 100 mg/l la concentración de oxígeno disuelto disminuye y el fitoplancton hace que el agua sea dura con alta concentración de minerales y materia orgánica. NICOVITA (2014) en una investigación encontró que los sólidos ideales deben oscilar entre 25 y 100 mg/l, que son estanques intermedios para crianza de tilapia.

Conductividad eléctrica

Al inicio de la investigación el agua del estanque tenía 282 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica; a mitad del ciclo productivo entre 292.33 y 294.67 $\mu\text{s}/\text{cm}$; y al final entre 283 y 285 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Los resultados indican una alta concentración de sales presentes en el agua del estanque y que podría dañar el equipo de bombeo a periodos prolongados, pero la salinidad estuvo por 0.0 % y 0.1 %. Montano y Vargas, citado por Sierra (2011), mencionan que la conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , fosfatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Las aguas que tienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas.

pH

El agua del estanque al inicio de la investigación tenía un pH entre 6.40 y 6.70; a medio ciclo productivo entre 7.38 y 7.70, y al final de la investigación entre 7.15 y 7.28. FAO, citado por Ascencio *et al.* (2019) y NICOVITA (2014), mencionan que el rango óptimo de pH para crianza de tilapia debe estar entre 6.5 a 9. Valores por encima o por debajo causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y la reproducción.

Temperatura

El agua del estanque al inicio de la investigación tenía temperaturas entre 29.40 °C y 29.60 °C, a medio ciclo productivo entre 30.37 °C y 30.73 °C, y al final de la investigación entre 30.20 °C y 32.10 °C. Saavedra, citado por Ascencio *et al.* (2019), menciona que las temperaturas ideales para tilapia son entre 25 °C y 32 °C. Colagrosso, citado por Ascencio *et al.* (2019) y NICOVITA (2014), afirma que el rango óptimo de temperatura para la crianza de tilapia se encuentra en el rango entre 28 °C a 32 °C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, lo cual significa mayor consumo de oxígeno.

Turbidez

La turbidez al inicio de la investigación no se registró, ya que el estanque estaba recién desinfectado sin presencia de fitoplancton, a mitad del ciclo productivo tenía valores entre 30 y 35 cm, y al final de la investigación no se realizó ninguna lectura debido al exceso de turbidez por partículas de alimento, excretas, materia orgánica y fitoplancton. González y Mejía (2012) indican que la turbidez debe estar entre 25 a 35 cm de visibilidad, siempre que sea ocasionada por algas verdes no filamentosas y no por algas verde-azules ni lodo, es decir, el agua debe ser color verde esmeralda ocasionada principalmente por algas clorofíceas.

Arsénico

El agua que abasteció al estanque era de fuentes subterráneas, y al inicio de la investigación tenía concentraciones de arsénico de 0.4778 ppm, a medio ciclo productivo de 0.1770 ppm y al final de la investigación 0.2580 ppm. Durante la investigación la concentración de arsénico en el testigo o tratamiento 0 fue de 0.9865 ppm, para el tratamiento 1 de 0.7586 ppm, en el tratamiento 2 de 0.7861 ppm y en el tratamiento 3 de 0.7281 ppm. Los análisis realizados demuestran que existió un aumento en la concentración de arsénico durante el desarrollo de la investigación, debido al arrastre de arsénico producido por fuentes naturales de origen volcánico por las corrientes de agua. Flores (2016), citado por Sager (2000), menciona que el agua subterránea contiene niveles de arsénico más altos que el agua superficial con 0.05 ppm a 0.2 ppm; que el arsénico puede penetrar a los organismos vivos a través del aire al respirar, por alimentos y agua de bebida, y que los alimentos son la fuente principal de arsénico. Calderón (2018), citado por el Acuerdo Ministerial número 026-2009, menciona que el límite máximo permisible de arsénico en el agua es de 10 mg/l. Para las RTS. 2018, el límite máximo permisible es de 0.01 mg/l.

Cobre

La concentración de cobre durante la investigación se mantuvo en valores menores de 0.05 ppm. Según el Reglamento Técnico Salvadoreño de Agua Potable RTS 13.02.01:14 (2018), el nivel máximo permisible de cobre es de 2.0 mg/l.

Plomo

El agua que abasteció al estanque al inicio de la investigación tenía concentraciones de plomo de 0.5988 ppm, a medio ciclo productivo de 0.9208 ppm y al final de la investigación 0.7978 ppm. Durante la investigación la concentración de plomo en el testigo o tratamiento 0 fue de 0.2296 ppm, en el tratamiento 1 de 3.5719 ppm, en el tratamiento 2 de 4.2312 ppm y en el tratamiento 3 de 0.1082 ppm. Variación de las concentraciones de plomo producto de la corrosión del metal utilizado para construcción de las jaulas, Calderón (2018), citado por el Acuerdo Ministerial número 026-2009, menciona que el límite máximo permisible de plomo en el agua es de 10 mg/l. Para las RTS 13.02.01:14 2018. El límite máximo permisible es de 0.01 mg/l.

Zinc

Durante la investigación la concentración de zinc en el testigo (tratamiento 0) fue de 0.1698 ppm, en el tratamiento 1 de 0.4231 ppm, tratamiento 2 de 0.8928 ppm y en el tratamiento 3 de 0.5811 ppm. Según el RTS 13.02.01:14

(2018), el límite máximo permisible es de 4.0 mg/l. Calderón (2018), citado por el Acuerdo Ministerial número 026-2009, menciona que el límite máximo permisible de zinc en el agua es de 2 mg/l.

Hierro

La concentración de hierro durante la investigación se mantuvo en valores menores de 0.20 ppm. Según el RTS 13.02.01:14 (2018), el límite máximo permisible es de 0.3 mg/l. Martínez y Cano (2008), citado por CONACYT (1999), recomiendan valores de hierro entre 0.05 a 0.1 mg/l para el cultivo de tilapia.

Análisis microbiológico del agua

Los resultados de los análisis de la calidad del agua sobre las bacterias de coliformes fecales demostraron que el agua poseía valores entre 5.1 a 23 NMP (Número más probable)/100 ml después de cada intervalo entre limpieza y recambio de agua, pero, puede ser utilizada para la crianza de la tilapia, y no para consumo humano, sin un previo tratamiento de cloración y otras evaluaciones físicas y químicas para tal fin. López *et al.* (2016), mencionan que el agua para consumo humano no debe contener bacterias coliformes fecales, pero en el agua para uso recreativo puede aceptarse la presencia de hasta 1,000 NMP/100 ml. Para el RTS 13.02.01:14 2018, el límite máximo permisible es <1.1 NMP/ml.

Los resultados de los análisis de agua para *Escherichia coli* mostraron contenidos entre menos de 1.1 a mayor de 23 NMP/100 ml, lo cual indica que el agua no es apta para el consumo humano, pero sí para la producción de tilapia. Romero (1999), menciona que el agua apta para consumo humano debe contener concentraciones de *Escherichia coli* menor a 1/100 ml, y para la producción de alimentos debe ser menor a 100/100 ml. Para el RTS 13.02.01:14 2018, el límite máximo permisible de *Escherichia coli* es de <1.1 NMP/ml. López *et al.* (2016), menciona que el agua para consumo humano no debe contener *Escherichia coli*. Las bacterias coliformes se toman como indicadores de contaminación del agua porque provienen del tracto intestinal y materia fecal de las personas y los animales, sobreviven largo tiempo en el agua y son fáciles de detectar.

Presupuesto parcial

Los resultados de producción realizados en el estudio demostraron que en el Tratamiento 0 se obtuvo una ganancia neta de USD 5.45, el Tratamiento 2 de USD 3.15; el Tratamiento 1 fue de USD 0.71 y en el Tratamiento 3 se obtuvo una pérdida de USD 11.14. El cálculo de la inversión realizada durante la investigación en lo relacionado con el consumo de agua fue de USD 562.50, uso de estanque de USD 50, mano de obra de USD 1120 + USD 10, haciendo

un total de USD 1742.50.

CONCLUSIONES

El mejor peso promedio de los peces se obtuvo con una densidad de 5 tilapias/m³ (testigo o tratamiento 0) con 1,206 g (2.66 libras), seguido por el tratamiento 1 con 10 tilapias/m³ y un peso de 1,122 g (2.47 libras), a los 112 días (3 meses con 22 días) después de la siembra de los alevines.

El mayor crecimiento o talla promedio de los peces fue igual con las densidades de 5, 10 y 20 tilapias/m³ (Testigo o Tratamiento 0, Tratamiento 1 y Tratamiento 3, respectivamente) con 18 cm, seguido por el tratamiento 2 con 15 tilapias/m³ con 17 cm, a los 3 meses con 22 días después de la siembra de los alevines.

El análisis físico, químico y microbiológico demostró que el agua utilizada en la investigación es apta para la producción de tilapia.

Con el testigo o tratamiento 0 (5 tilapias/m³) se obtuvo una ganancia de USD 5.45, seguido por el tratamiento 2 (15 tilapias/m³) con USD 3.15 y por el tratamiento 1 (10 tilapias/m³) con USD 0.71; con el tratamiento 3 (20 tilapias/m³) se obtuvo pérdidas de USD 11.14.

BIBLIOGRAFÍAS

- Acuerdo Ministerial No. 026-2009 (2009). *Programa de control y monitoreo de contaminantes microbiológicos, sustancias químicas y características físicas del agua a ser utilizada en establecimientos de productos hidrobiológicos*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de normas y regulaciones. 10 p.
- Ascencio Q, SV; Del Valle C, GE; Velásquez A, GA. (2019). *Evaluación de un modelo de Acuaponía en la producción de biomasa de tilapia (Oreochromis niloticus) y lechuga (Lactuca sativa) en El Salvador*. Tesis Ing. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador (en línea). Consultado el 16 abril de 2018. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19029/1/13101681.pdf>
- Cárdenas D, PE. (2012). *Crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida (Oreochromis spp.) cultivadas en jaulas flotantes en ambiente marino*. Maestro en ciencias agropecuarias, Culiacán, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa (en línea). Consultado el 23 de julio de 2019. Disponible en: <https://es.slideshare.net/GaloDvila/crecimiento-y-supervivencia-detilapia-roja-hibrida-oreochromis-spp-cultivada-en-jaulas-flotantes-en-ambiente-marino>.

- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, El Salvador) (2008). *Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia*. El Salvador (en línea). Consultado el 15 de marzo de 2018. Disponible en: <http://www.transparencia.gob.sv/instituciones/mag/documents/119824/download>.
- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, El Salvador); Misión Técnica Taiwán (2013). *Manual de Procedimientos Técnicos Operativos y Respuesta a Emergencias sobre el Manejo de Alevines Reversados de Tilapia*. Atiocoyo, El Salvador 22 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador) (1999). *Norma Salvadoreña de calidad del agua envasada*. El Salvador. Agua: Agua Embazada. p 7.
- De la Cruz P, PA. (2012). *Estudio de pre-factibilidad para la producción de tilapia roja y su comercialización en Quito*. Tesis de grado. Ingeniería de empresas. Facultad de Ciencias Económicas y Negocios. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador (en línea). Consultado el 8 de febrero de 2021. Disponible en: [www.http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/1/45656_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/1/45656_1.pdf).
- González, C; Mejía D, JB. (2012). *Manual de Procedimientos de Producción de Tilapia*, Impresos Múltiples, Washington D.C., Estados Unidos (en línea). Consultado el 25 de agosto de 2018. 64 p. Disponible en: http://www.robertoaguiluz.com/clients/PDP_final/docs/more/tilapia.pdf.
- López Sardi, EM; García, B; Reynoso, Y; González, P; Larroudé, V. (2016). *Calidad del agua para usos recreativos desde la perspectiva de la seguridad e higiene laboral y la salud pública*. Universidad de Palermo. Italia (en línea). Consultado el 20 marzo de 2018. Disponible en: http://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo_Completo_Lopez_Sardi_Estela_Monicav3.pdf.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador) (2001). *Guía para el cultivo de tilapia en estanques* (en línea) Consultado el 04 de marzo 2018. Disponible en: <http://www.tilapiasdelosur.com.ar/downloads/GuiaTecnicaTilapiadeElSalvador.pdf>
- Meyer, D; Mejía, S. (1993). *Utilización de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de la tilapia (Oreochromis niloticus)*. Actas del Simposio de Investigación Acuícola en Latinoamérica. Pradepesca. Universidad Nacional de Heredia de Costa Rica. 28p.
- NICOVITA Alicorp (2014). *Manual de crianza de tilapia. Condiciones y parámetros de cultivo*. 3, 6-15 p. Lima, Perú (en línea). Consultado el 11 de marzo. Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.
- RTS. OSARTEC (Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, El Salvador) (2018). *Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14. Agua. Agua de consumo humano. Requisito de calidad e inocuidad*. El Salvador. Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419. 6 p.
- Romero R, JA. (1999). *Calidad del agua, análisis físico, químico y microbiológico del agua*, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, grupo editor alfa y omega México, 2^{da} edición, México D. F. p 61-156.
- Sager, RL. (2000). *Agua para bebida para bovinos*. INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica N° 126. Argentina (en línea). Consultado el 7 febrero. 2021. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- Sierra, CA. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Ed. LD López. Bogotá, Colombia. Digiprint. 457 p.

Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis* sp.) cultivadas en tres lagos de El Salvador

Hernández-Orellana, A.M.

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

Martínez-Hernández, E.G.

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

Carranza-Estrada, F.A.

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

ACCESO ABIERTO

Título en inglés:

Determination of the proximal bromatological analysis and minerals in tilapias (*Oreochromis* sp.) farmed in three lakes of El Salvador

Correspondencia:

emerson.martinez@ues.edu.sv

Presentado:

09 de enero de 2022

Aceptado:

19 de marzo de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la composición nutricional mediante el análisis bromatológico proximal y cuantificación de minerales en carne de tilapias (*Oreochromis* sp.) cultivadas en jaulas en los lagos: Güija, Ilopango y Suchitlán de El Salvador, se llevó a cabo de julio a diciembre de 2021. Los resultados se compararon con los valores establecidos en las tablas de composición de alimentos del INCAP (2018), y fueron analizados bajo un diseño completo al azar y la prueba estadística de Shapiro-Wilks. Para los datos no paramétricos se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, y para datos normales se utilizó el análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias se consideraron no significativas a una probabilidad mayor o igual al 5 % ($p \geq 0.05$). Los resultados indicaron que, en las variables del análisis bromatológico, el agua es el componente más abundante en el músculo y piel de tilapias recolectadas en los tres lagos, aproximándose al 80 %. Los mejores resultados en proteína se obtuvieron en las tilapias del lago de Ilopango con 19.34 g/100 g, que representa entre 31.00 % a 39.00 % del requerimiento diario en humanos; en grasa, las tilapias del lago de Güija con 1.40 g/100 g y en ceniza las tilapias del lago de Ilopango y Suchitlán con 0.93 g/100 g. En cuanto a minerales, el potasio es el más abundante, el mayor contenido lo obtuvieron las tilapias del lago de Ilopango con 268.29 mg/100 g. Sin embargo, el análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa en los nutrientes presentes en el músculo y piel de las tilapias de los tres lagos ($p \geq 0.05$).

Palabras clave: lago de Güija, lago de Ilopango, lago Suchitlán, tilapias, análisis, contenido nutricional, minerales

ABSTRACT

The research objective was to evaluate the nutritional composition by means of the proximal bromatological analysis and mineral quantification in tilapia meat (*Oreochromis* sp.) cultivated in cages, in the Lakes: Güija, Ilopango and Suchitlán of El Salvador, it was held from July to December 2021. The results obtained were compared with the values established in the INCAP food composition tables (2018), and were analyzed under a completely randomized design and the Shapiro-Wilks statistical test. For non-parametric data, the Kruskal Wallis test was applied, and for normal data, the analysis of variance (ANOVA) was used. Differences were considered non-significant at a probability greater than or equal to 5 % ($p \geq 0.05$). The results indicated that in the variables of the bromatological analysis, water is the most abundant component in the muscle and skin of tilapias in the three lakes, approaching 80 %. The best protein results were obtained in tilapia from lake Ilopango with 19.34 g/100 g, which represents between 31.00 % to 39.00 % of the daily requirement in humans; in fat, the tilapia from lake Güija with 1.40 g/100 g and in ash, the tilapia from lake Ilopango and Suchitlán with 0.93 g/100 g. As for minerals, potassium is the most abundant, the highest content was obtained by tilapia from lake Ilopango with 268.29 mg/100 g. However, the statistical analysis indicates that there is no significant difference in the nutrients present in the muscle and skin of the tilapias from the three lakes ($p \geq 0.05$).

Keywords: Güija lake, Ilopango lake, Suchitlán lake, tilapias, analysis, nutritional content, minerals

INTRODUCCIÓN

La carne de tilapia es uno de los alimentos más completos por la calidad y cantidad de nutrientes que aporta (Velásquez 2012). Este recurso alimenticio posee gran cantidad de proteínas, no contiene mucha grasa y proporciona minerales esenciales (FAO 2018). Por lo tanto, la información relativa al valor nutricional ha evolucionado y cobrado cada vez más importancia para el consumidor sensibilizado con mantener una dieta sana y variada, así como suplir todas sus necesidades nutritivas.

Por esta razón, el conocimiento del aporte nutricional de la carne de tilapia ha sido motivo de estudios en varios países, lo cual ha permitido determinar el valor alimenticio de estos organismos en Latinoamérica como también en otras latitudes (Rodríguez y Chavarría 2017).

Las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), reportan un contenido de proteína de 20.08 g/100 g de porción comestible en filete de tilapia fresca, y cubre entre el 30.00 % y 40.00 % de los requerimientos de ingesta diaria adecuada establecidos por la Recommended Dietary Allowances - RDA (1989), para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad; además, según Izquierdo *et al.* (2000), la carne de tilapia posee una digestibilidad superior al 80.00%. Según Ardón *et al.* (2006), en El Salvador, cada día se incrementa la necesidad de producir más alimentos de buena calidad y con alto valor nutritivo; el cultivo de peces, en especial el de tilapia, ha cobrado interés durante los últimos años. Sin embargo, la composición de los nutrientes presentes en la carne de tilapia no ha sido evaluada en condiciones de El Salvador.

De ahí la importancia de realizar esta investigación, cuyos objetivos fueron determinar el potencial nutricional mediante el análisis bromatológico proximal y cuantificación de minerales en músculo y piel de tilapia (*Oreochromis sp.*) cultivada en jaulas en los lagos de Güija, Ilopango y Suchitlán, y comparar los resultados con los valores establecidos en las tablas de composición de alimentos del INCAP (2018); asimismo determinar el aporte de los nutrientes según los requerimientos de ingesta diaria adecuada para el ser humano, estimados por RDA (1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en tres lagos de El Salvador: Güija, Ilopango y Suchitlán. El lago de Güija está ubicado en el extremo noroeste del país, en el departamento de Santa Ana; con una altitud de 430 m s. n. m. y una superficie de 42 km² (Chávez y Martínez 2012), además su profundidad máxima de 25 m (Madrid 2015). El lago de Ilopango ubicado

entre los departamentos de San Salvador, Cuscatlán y La Paz, se sitúa a una altitud de 440 m s. n. m. y tiene una superficie de 72 km² y una profundidad que varía entre 240 a 260 m (Mena 2015). El lago de Suchitlán ubicado entre los departamentos de Cabañas, Chalatenango, San Salvador y Cuscatlán, posee una altitud de 230 m s. n. m. y una superficie de 135 km² con una profundidad máxima de 56 m.

El ensayo se llevó a cabo en el periodo de julio a diciembre de 2021 y para su realización se utilizó la parte comestible de tilapias (músculo y piel) a la cual se le determinaron las variables nutricionales: humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda y carbohidratos; así como también el contenido de minerales, potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc presentes en el músculo y piel de tilapia (*Oreochromis sp.*) cultivadas en jaulas ubicadas en los tres lagos mencionados.

Metodología de campo

La primera fase consistió en realizar una visita de reconocimiento para la identificación de los establecimientos de producción de tilapia en jaula en cada lago en estudio. Los sitios muestreados fueron (Figura 1) lago de Güija, caserío La Barra Antigua (se obtuvieron tres muestras); lago de Ilopango, caserío el Sauce (se obtuvieron dos muestras) y cantón Apulo «Vivero Palo seco» (se obtuvo una muestra); lago Suchitlán, comunidad Copapayo «Isla del Ermitaño» (se obtuvieron 2 muestras) y comunidad La Bomba (se obtuvo una muestra). La segunda fase consistió en la obtención de las muestras y para ello se establecieron los siguientes criterios: primero, las tilapias debían estar cultivadas en jaulas; segundo, obtener 3 muestras por cada lago y que cada una de las muestras estuviera constituida por 5 ejemplares, haciendo un total de 15 tilapias por cada lago; y tercero, las tilapias tenían que estar en fase adulta, es decir, poseer un peso aproximado de 200 a 400 g, según el Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, CENDEPESCA (2008).

Los ejemplares se depositaron en bolsas de polietileno con sello hermético e identificados con un código correlativo al orden y sitio de muestreo; finalmente se trasladaron en hieleras a 4 °C hacia el Laboratorio de Investigación de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES), para su conservación hasta la realización de los análisis.

Metodología de laboratorio

Preparación y procesamiento de las muestras

Una vez trasladadas las tilapias hacia el Laboratorio de Investigación de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, estas se congelaron hasta la

Figura 1.
Ubicación geográfica de los lagos muestreados.



realización de los análisis.

Los análisis se realizaron el siguiente día, y para ello las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente, se lavaron con abundante agua, y luego se procedió a pesar cada una de las tilapias por separado para verificar que cumplieran con el peso establecido (200 a 400 g).

Para la obtención de la parte comestible (músculo y piel), se procedió al descamado, eliminación de vísceras y resto de tejido no comestible a manera de dejar solo el contenido muscular y piel, utilizando bisturí, cuchillos de acero inoxidable y tablas plásticas para cortar, luego se procedió a pesar el músculo y piel de cada muestra, con ayuda de bandejas y balanzas para determinar el peso inicial. Después se colocaron en estufa a una temperatura entre 60 °C y 70 °C por un periodo de 24 horas, se enfriaron y pesaron; luego se procesaron con licuadora de acero inoxidable, con el objetivo de homogenizar todo el material y acondicionarla para los análisis posteriores; estas se

guardaron en bolsas plásticas identificadas con el código respectivo a la muestra.

Análisis bromatológico proximal y cuantificación de minerales

Los análisis se realizaron a un total de 45 tilapias. El análisis bromatológico proximal consistió en la determinación de humedad, proteína cruda, grasas, ceniza, fibra cruda y carbohidratos (Figuras 2 y 3). La metodología utilizada para cada uno de los análisis se realizó con base a los métodos descritos por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC 1980). Así mismo se determinó la concentración de minerales: potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc (Figura 4); estos minerales se determinaron a partir de las cenizas obtenidas en el análisis bromatológico y se siguieron las metodologías establecidas por Shimadzu (s.f.). Cada uno de los análisis se realizó por duplicado, utilizando diferentes métodos (Tabla 1).

Figura 2.
Análisis de laboratorio, determinación de extracto etéreo



Figura 3.
Análisis de laboratorio, determinación de nitrógeno proteico



Figura 4.
Análisis de laboratorio, determinación de minerales

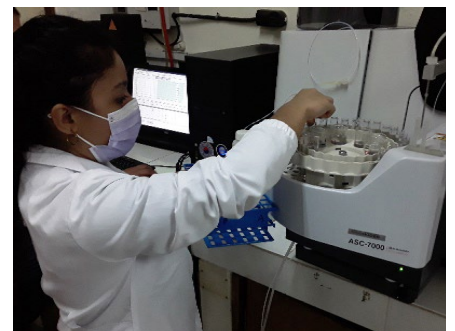


Tabla 1.
Métodos utilizados para los análisis bromatológicos y minerales.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL							
Análisis	Humedad	Proteína cruda	Extracto etéreo	Ceniza	Fibra cruda	Carbohidratos	
Método	Gravimétrico	micro-Kjedahl	Soxhlet	Gravimétrico	Ankom	Diferencia	
ANÁLISIS DE MINERALES							
Análisis	Fósforo	Potasio	Sodio	Calcio	Magnesio	Hierro	Zinc
Método	Colorimétrico	Espectrofotometría AA					

Metodología estadística

Los resultados obtenidos en las variables estudiadas (humedad, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda, carbohidratos, potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc) en tilapias de los tres lagos, fueron analizados por medio de un diseño completo al azar. La normalidad de los datos fue evaluada a través de la prueba estadística de Shapiro-Wilks. Para datos con distribución anormal, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. De lo contrario, para datos con distribución normal, se aplicó la prueba F de igualdad de varianzas y las medias de las variables fueron analizadas por medio de un análisis de varianza (ANOVA), para determinar si las medias

difieren o no significativamente entre sí, las diferencias se consideraron significativas a una probabilidad menor o igual al 5 % ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis bromatológico proximal

Luego de realizar cada una de las determinaciones del análisis bromatológico proximal en las muestras de tilapias de los tres lagos, se obtuvieron los siguientes resultados promedios (Tabla 2). Los cuales se evaluaron bajo el término “tilapia fresca”, en unidades de (un g por cada 100 g) de porción comestible, según (INCAP 2018).

Tabla 2.
Promedio de los resultados del análisis bromatológico proximal en tilapias de tres lagos de El Salvador

Lagos	Humedad (g/100 g)	Proteína Cruda (g/100 g)	Extracto Etéreo (g/100 g)	Ceniza (g/100 g)	Fibra Cruda (g/100 g)	Carbohidratos (g/100 g)
LG	81.70	17.94	1.40	0.87	0.00	0.00
LI	80.02	19.34	1.78	0.93	0.00	0.00
LS	80.93	18.97	1.63	0.93	0.00	0.00
P valor	0.9308	0.9599	0.5863	0.5929	-	-

Nota: LG: lago de Güija; LI: lago de Ilopango; LS: lago Suchitlán.

Determinación de humedad

El agua forma parte de los principales constituyentes del músculo del pescado. Los resultados demostraron que el porcentaje de humedad en las tilapias estudiadas fue similar en los tres lagos muestreados, aproximándose al 80 % (Tabla 2).

Rodríguez (2017), manifiesta que el agua es uno de los componentes más abundantes del pescado, forma parte de la estructura de su carne, y es inversamente proporcional al contenido graso. El contenido de agua puede variar entre el 60 % y el 80 %, sin embargo, se ha establecido que las especies de pescados de carne magra o blanca contienen un porcentaje de humedad que oscila entre el 75 % y el 80

% por lo que puede estimarse que la tilapia cultivada en los tres lagos pertenece a esta clasificación.

Determinación de proteína cruda

Las proteínas constituyen el segundo mayor componente químico del pescado, después del agua. En esta investigación se refleja que el contenido más alto de proteína cruda fue de 19.34 g/100 g de porción comestible, correspondiente a las tilapias del lago de Ilopango, seguidamente las tilapias del lago Suchitlán con 18.97 g/100 g, y el contenido más bajo se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Güija con 17.94 g/100 g (Tabla 2). Siendo las tilapias ricas en proteínas en los tres lagos.

Según Huss (1999), la escasez de alimento es uno de los factores que obliga al pez a degradar las proteínas almacenadas en el cuerpo para obtener los niveles de energía necesaria y llevar a cabo sus procesos fisiológicos, pudiendo ocasionar variaciones en la composición química del pez. El contenido y similitud de proteína cruda en las tilapias de los tres lagos podría estar relacionado con el método de cultivo, ya que estaban cultivadas en jaulas, con un limitado movimiento y sujetas a un sistema de alimentación donde el productor tiene la capacidad de suplir las necesidades alimenticias y por ende cubrir las necesidades de proteína que estas necesitan, por lo que no es necesario recurrir a la proteína almacenada para obtener energía, evitando variaciones en el contenido de proteína que estas ofrecen.

Determinación de extracto etéreo

La carne de tilapia presenta gran cantidad de proteínas y no posee mucha grasa (FAO 2018). Este estudio muestra que el valor más alto de grasa se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Ilopango con 1.78 g/100 g, en segundo lugar, las tilapias del lago Suchitlán con 1.63 g/100 g, obteniendo menos grasa las tilapias del lago de Güija con 1.40 g/100 g (Tabla 2)

La investigación desarrollada en Colombia por Perea *et al.* (2008), demostró que el contenido de grasa nutricional de la tilapia roja con base húmeda fue de 2.2 a 4.5 g/100 g, por lo que varía con el presente estudio, el cual fue menor a estos valores. Lo que sustenta la idea de que la carne de tilapia no posee mucha grasa. Además, es notorio que el contenido de humedad con el contenido de extracto etéreo tienen una relación inversa, puesto que conforme a esta investigación se verifica que a mayor porcentaje de humedad, menor porcentaje de grasa.

Determinación de ceniza

Este estudio muestra que el resultado obtenido en las muestras de tilapias del lago de Ilopango y Suchitlán fue igual, con 0.93 g/100 g de filete de tilapia fresca, y el menor contenido lo reportaron las tilapias del lago de Güija con 0.87 g/100 g (Tabla 2). Osorio *et al.* (2013), reportaron en Colombia un contenido de ceniza de 0.74 g/100 g para tilapia nilótica. Contenidos de ceniza superiores se encontraron en esta investigación, lo que indica la presencia de mayores constituyentes inorgánicos.

Determinación de fibra cruda

El músculo y piel de las tilapias estudiadas carece de fibra cruda, observándose que no se reportó contenido de este componente en las tilapias de los tres lagos (Tabla 2). Según Cruz *et al.* (2013) y Tacon (1989), la fibra cruda generalmente se considera como el componente no

digerible de un ingrediente alimenticio o dieta, que resiste a la digestión y absorción en el intestino delgado humano. La carne de tilapia por ser un alimento de origen animal carece de carbohidratos complejos tales como celulosa y hemicelulosa asociados a la fracción de fibra, por tanto, no es cuantificable, además, al no poseer contenido de fibra se dice que es un alimento fácilmente digestible. Según Izquierdo *et al.* (2000), el pescado aporta una digestibilidad superior al 80 %.

Determinación de carbohidratos

Esta investigación demuestra que en músculo y piel de tilapias de los tres lagos estudiados, no hay presencia de carbohidratos (Tabla 2). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1998), el contenido de carbohidratos en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente es inferior a 0.50 %. Esto es típico del músculo estriado en el cual los carbohidratos se encuentran en forma de glucógeno y como parte de los constituyentes químicos de los nucleótidos. Estos últimos son fuente de ribosoma liberada como una consecuencia de los cambios autolíticos *post mortem* y por lo tanto, no es cuantificable.

Comparación de los resultados promedios con los valores nutricionales reportados por el INCAP.

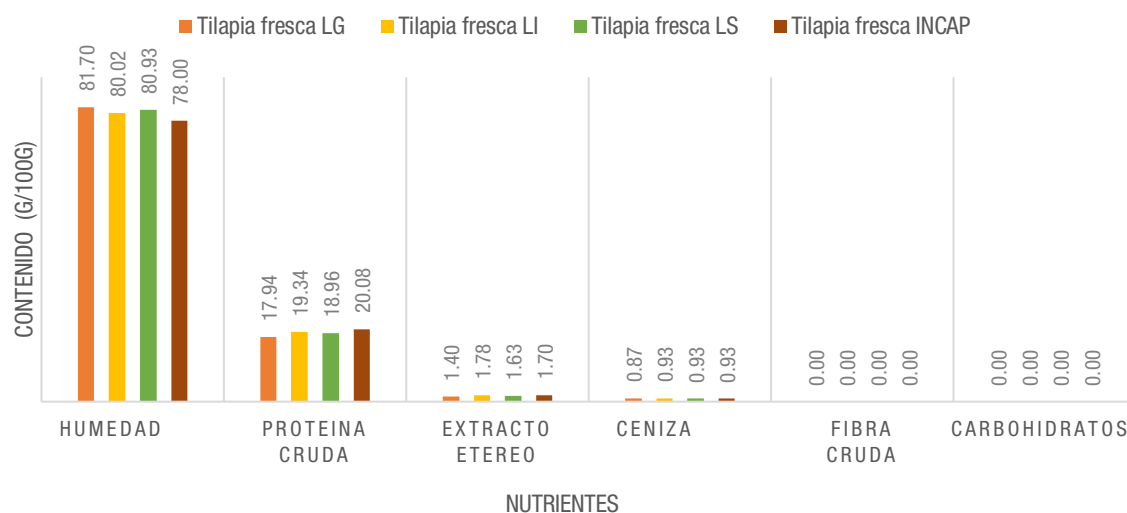
Los resultados obtenidos en la determinación bromatológica, se compararon con los valores establecidos en las tablas de composición de alimentos del INCAP (Figura 5). La tabla de composición de alimentos del INCAP, reporta un porcentaje de humedad de 78.00 % en filete de tilapia fresca, siendo el porcentaje de humedad obtenido en las tilapias de los tres lagos superior con respecto al valor reportado. La misma tabla indica un contenido de proteína cruda de 20,08 g/100 g de porción comestible, este valor es superior con relación al resultado obtenido en las tilapias del lago de Güija, de Ilopango y de Suchitlán. El contenido de extracto etéreo en tilapias del lago de Ilopango es superior al valor reportado por el INCAP (1.70 g/100 g), mientras que las tilapias del lago de Güija y Suchitlán obtuvieron un valor inferior con respecto al establecido por el INCAP. El contenido de ceniza presente en las tilapias estudiadas del lago Ilopango y Suchitlán es igual en comparación con el valor reportado en la tabla de composición de alimentos. El resultado obtenido en el análisis de fibra cruda y carbohidratos indica que la carne de tilapia carece de estos dos nutrientes, siendo igual a lo reportado por el INCAP.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico proximal fueron analizados a través de la prueba estadística de Shapiro-Wilks, esta demostró que los datos

Figura 5.

Contenido nutricional obtenido en tilapias en tres lagos de El Salvador, comparado con los valores reportados por las tablas del INCAP.



de la determinación de humedad, proteína cruda y extracto etéreo, no tenían una distribución normal y por lo tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, la cual indicó que no existió diferencia significativa entre las muestras de tilapia de los tres lagos ($p \geq 0.05$). Por otro lado, el análisis estadístico de los resultados en la determinación de cenizas, demostró una distribución normal, por lo tanto, la variable fue evaluada a través del análisis de varianza (ANOVA) que señaló que no existió diferencia significativa en las tilapias de los tres lagos ($p \geq 0.05$).

Aporte nutricional en humanos

De acuerdo a los requerimientos de ingesta diaria adecuada de proteína y grasa para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años edad establecidos por RDA (1989),

el aporte de proteína en una ración promedio de 100 g de tilapia fresca, cubre aproximadamente entre el 28.00 % y 39.00 %, siendo el aporte que proporciona el contenido de la carne de tilapia, bastante similar entre las tilapias de los tres lagos. El aporte de grasa en las tilapias estudiadas es similar, tanto para hombres como para mujeres cubriendo aproximadamente entre el 8.00 % y 15.00 %.

Determinación de minerales

Después de la determinación del contenido bromatológico se procedió a cuantificar el contenido de minerales en las muestras de tilapia de los tres lagos. Los resultados se evaluaron bajo el término de «tilapia fresca» en unidades de mg/100 g de porción comestible, según el INCAP (2018) (Tabla 3).

Tabla 3.

Promedio de los resultados de la determinación de minerales en tilapias cultivada en tres lagos de El Salvador.

Lagos	K (mg/100g)	P (mg/100g)	Na (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)
LG	253.24	145.71	37.41	23.54	15.94	0.47	0.12
LI	268.29	145.63	60.75	29.07	16.90	0.43	0.14
LS	258.98	152.98	41.89	26.99	17.19	0.44	0.14
P valor	0.8003	0.4135	0.0823	0.5240	0.5510	0.9513	0.1609

Nota: LG: lago de Güija; LI: lago de Ilopango; LS: lago Suchitlán.

Determinación de potasio

El estudio demostró que el contenido más alto de potasio se obtuvo en las tilapias cultivadas en el lago de Ilopango (268.29 mg/100 g), mientras que en las tilapias del lago Suchitlán y el lago de Güija se obtuvieron valores inferiores (258.98 mg/100 g y 263.24 mg/100 g), respectivamente (Tabla 3). Sin embargo, este mineral es el más abundante

en el músculo y piel de tilapias en los tres lagos.

Castro *et al.* (2012), reportaron en México un contenido de potasio de 280.47 mg/100 g de porción comestible de tilapia. Siendo ese valor superior al obtenido en esta investigación. Por otro lado, Murray y Burt, citado por Huss (1999), afirman que el contenido promedio de potasio en el músculo de pescado es de 278 mg/100 g, pero puede variar

de 19-502 mg/100 g. Por lo tanto, los datos obtenidos en este estudio tienen relación con los rangos reportados por esta literatura.

Determinación de fósforo

La carne de pescado se considera una fuente particularmente valiosa de fósforo. Los resultados en la determinación de este mineral señalaron que el contenido más alto se obtuvo en las tilapias del lago de Suchitlán (152.98 mg/100 g), mientras que en las tilapias cultivadas en el lago de Güija y el lago de Ilopango los valores fueron inferiores (145.71 mg/100 g y 145.63 mg/100 g) (Tabla 3). Los contenidos de fósforo encontrados en este estudio son inferiores a los reportados por Perea *et al* (2008), en un estudio realizado en Colombia, los cuales fueron de 191-285 mg/100 g en filete de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Es importante considerar que según Murray y Burt, citado por Huss (1999), el contenido de fósforo en el músculo de pescado puede variar en un rango de 68-550 mg/100 g. A partir de estos datos, se puede afirmar, que los valores encontrados en este estudio se encuentran dentro del rango reportado por la literatura.

Determinación de sodio

El contenido de sodio en las muestras de tilapias de los tres lagos fue diferente. El mayor contenido fue de 60.75 mg/100 g correspondiente a las tilapias del lago de Ilopango, posteriormente se encuentran las tilapias del lago Suchitlán con 41.89 mg/100 g, el menor contenido se presentó en el músculo y piel de las tilapias del lago de Güija con 37.41 mg/100 g (Tabla 3). Castro *et al* (2012), reportaron en México un contenido de sodio de 29.58 mg/100 g de porción comestible de tilapia. El músculo y piel de las muestras de tilapias analizadas en esta investigación contiene mayor cantidad de sodio con respecto al valor reportado por la literatura.

Determinación de calcio

El contenido de calcio fue mayor en el músculo y piel de las tilapias del lago de Ilopango, reflejando un resultado de 29.07 mg/100 g; en las tilapias del lago Suchitlán se obtuvo un contenido similar de 26.99 mg/100 g, y el menor contenido se presentó en las tilapias del lago de Güija con 23.54 mg/100 g (Tabla 3). Los contenidos de calcio encontrados coinciden con el rango reportado por Perea *et al*. (2008), en un estudio realizado en Colombia, el cual reporta contenidos de 15-33 mg/100 g de filete de tilapia roja.

Determinación de magnesio

El magnesio está presente en la carne de tilapia. El contenido de dicho mineral fue similar en el músculo y piel

de las tilapias de los tres lagos (Tabla 3). Ramos (2018), encontró en Ecuador que el contenido de magnesio en tres especies de tilapias (*Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* y *O. niloticus*) fluctúa entre 15-20 mg/100 g de porción comestible. Murray y Burt, citado por Huss (1999), indican que el valor promedio de magnesio en el músculo de pescado es de 38 mg/100 g, pero puede variar en un rango de 4.5- 452 mg/100 g. Por lo tanto, podemos afirmar que los valores encontrados en el estudio se encuentran dentro de los valores reportados por ambas literaturas

Determinación de hierro

La presencia de hierro en las muestras de tilapias de los tres lagos es similar, pero es importante destacar que el mayor contenido se obtuvo en las tilapias del lago de Güija con 0.47 mg/100 g (Tabla 3), esto podría estar asociado a factores como, calidad del agua o posible presencia de sedimentos ricos en hierro como los red beds (Baburek *et al*, 2005). Por otra parte Ramos (2018), reporto en Ecuador contenidos entre 0.25-0.50 mg/100 g de porción comestible de tilapias (*Oreochromis* sp.). Por lo tanto, es importante destacar que existió una variación mínima entre los contenidos de hierro obtenidos en este estudio con los reportados por la literatura.

Determinación de zinc

Los resultados obtenidos en el análisis de zinc, indican que las tilapias del lago de Ilopango y Suchitlán aportan igual contenido (0.14 mg/100 g), en el caso de las tilapias del lago de Güija presentaron un contenido cercano al de los lagos anteriores (0.12 mg/100 g) (Tabla 3). Existen pocos estudios que reporten el contenido de zinc en tilapias. Ramos (2018) reportó contenidos de zinc de tres especies de tilapia del género *Oreochromis* en Ecuador, encontrando valores de 0.30-0.60 mg/100 g de porción comestible. El contenido de zinc en las tilapias de los tres lagos estudiados fue inferior a los valores reportados por la literatura.

Comparación de los resultados promedios del contenido de minerales con los valores reportados por el INCAP.

Los resultados obtenidos en la cuantificación de minerales, se compararon con los valores establecidos en las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP 2018) (Figura 6). El contenido de potasio y fósforo encontrado en las muestras de tilapias de los tres lagos fue inferior con respecto al valor reportado en las tablas del INCAP, el cual indica un contenido de 302.00 mg/100 g de potasio y fósforo con 170 mg/100 g en filete de tilapia fresca. El contenido de sodio encontrado en las tilapias del lago de Ilopango es superior al valor indicado por el INCAP que es 52.00 mg/100 g de porción comestible, ese valor es inferior al contenido de

sodio en las tilapias del lago de Güija y Suchitlán. Por otro lado, las cantidades de calcio encontradas en este estudio, fueron superiores con relación al valor reportado por el INCAP, siendo de 10 mg/100 g de porción comestible. Los valores de magnesio, hierro y zinc establecidos en la misma tabla, son superiores a los contenidos reportados con este estudio en las tilapias de los tres lagos.

Análisis estadístico

Luego de obtener los resultados del análisis de cada uno de los minerales, los datos fueron sometidos a la prueba estadística de Shapiro-Wilks, la cual demostró que los contenidos de fósforo y sodio en este estudio, no tienen una distribución normal; por lo tanto, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, esta indicó que no existe diferencia significativa entre las muestras de tilapia de los tres lagos ($p \geq 0.05$). Con respecto a los resultados de potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc se empleó la prueba de ANOVA,

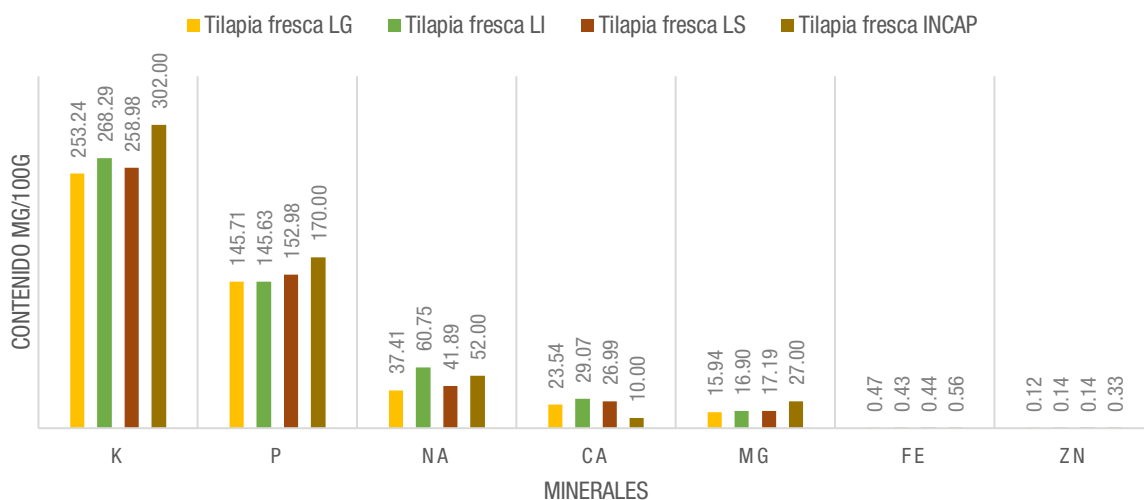
ya que presentaron una distribución normal, este análisis reflejó un valor ($p \geq 0.05$) es decir, no existe diferencia significativa entre las muestras de tilapias de los tres lagos (Tabla 3)

Aporte nutricional en humanos

Según los requerimientos de ingesta diaria adecuada de potasio, fósforo, sodio, calcio, magnesio, hierro y zinc para hombres y mujeres, establecidos por RDA (1989), el fósforo es el mineral que mayor contenido aporta en la carne y piel de tilapias de los tres lagos estudiados, cubriendo entre 18.00 % y 19.00 %, tanto para hombres como para mujeres sanos mayores de 25 años de edad; el zinc es el componente nutricional más escaso y su aporte es mínimo, cubriendo solamente el uno por ciento de los requerimientos de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

Figura 6.

Contenido de minerales obtenido en tilapias en tres lagos de El Salvador, comparado con los valores reportados por las tablas del INCAP.



CONCLUSIONES

Con respecto a la determinación del análisis bromatológico proximal, el agua es más abundante con un promedio de 80 % presente en las tilapias de los tres lagos.

En la determinación de proteína cruda, las tilapias analizadas del lago de Ilopango son las que presentaron mayor contenido (19.34 g/100 g de porción comestible). Sin embargo, las tilapias del lago de Güija y Suchitlán poseen contenidos similares (17.94 g y 18.96 g), respectivamente, siendo las tilapias una fuente rica en proteínas.

Con respecto al análisis bromatológico proximal, las tilapias estudiadas del lago de Ilopango fueron las que presentaron

contenidos en su mayoría similares o iguales a los valores de referencia del INCAP.

La carne de tilapia procedente del lago de Ilopango, es la que mayor contenido de proteína aporta al ser humano, cubriendo entre 31.00 % y 39.00 % del requerimiento de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres mayores de 25 años de edad.

En cuanto a la determinación de minerales, el potasio es el componente más abundante presente en las tilapias de los tres lagos.

El fósforo es el mineral que mayor contenido nutricional aporta al ser humano en las tilapias de los tres lagos, cubriendo entre el 18.00 % y 19.00 % del requerimiento

de ingesta diaria adecuada para hombres y mujeres sanos mayores de 25 años de edad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ardón Quezada, M.A; Guandique Borja, L.M; Del Valle Vásquez, R.A. (2006). *Estudio de mercado y viabilidad técnica operativa para la comercialización de tilapia, en el municipio de Talnique, departamento de la Libertad*. Tesis. San Salvador, El Salvador, UES. Consultado el 16 de jun de 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9032/1/T-658%20A677.pdf>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US) (1980). *Official Methods of Analysis* 13th Ed. Washington D.C. Edited by William Horwitz. Published By The Association of Official Chemists. 1038 p.
- Babůrek J; Baratoux L; Baroň I; Čech S; Hernandez W; Hradecký P; Kopačková V; Novák Z; Rapprich V; Šebesta J; Ševčík J; Vorel T; Zemková M. (2005). *Estudio Geológico de los peligros de naturales, área de Metapán, El Salvador*. Consultado el 22 de sep de 2021. Disponible en: http://sintet.net/images/bliblioteca_digital/Estudio%20geol%C3%B3gico%20de%20los%20peligros%20naturales%20%C3%A1rea%20de%20Metap%C3%A1n%20El%20Salvador.pdf
- Castro M.I; Maafs A.G; Pérez F. (2012). *Evaluación de diez especies de pescado para su inclusión como parte de la dieta renal, por su contenido de proteína, fósforo y ácidos grasos*. En línea. Consultado el 13 de octubre de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222012000200005&script=sci_abstract
- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura) (2008). *Manual sobre reproducción y cultivo de Tilapia. El Salvador*. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download>
- Chávez, F; Martínez, E. (2012). *Informe de estudios sobre humedales en Metapán. Convenio para la investigación aplicada en ciencias de ingeniería entre UCA y Holcim*. En línea. Consultado el 27 de oct de 2021. Disponible en: https://www.holcim.com.sv/sites/elsalvador/files/documents/Informe_de_estudios_sobre_humedales_en_Metapan__17_Ago_12_.pdf
- Cruz Marcelo, M; Sánchez Jiménez, M; Sánchez Aguirre, O. (2013). *Fibra cruda*. Consultado el 10 de diciembre de 2021. Disponible en: <https://es.slideshare.net/RosaAimeMoralesManuel/fibra-cruda>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (1998). *El pescado fresco: Su calidad y cambios de su calidad*. Dinamarca. En línea. Consultado el 18 de sep de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/V7180S/v7180s00.htm#Contents>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2018). *Estado Mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos del desarrollo sostenible*. Roma. En línea. Consultado el 12 de sep de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9540es/i9540es.pdf>
- Huss H.H. (1999). *El pescado fresco: Su calidad y cambios de su calidad*. Dinamarca. En línea. Consultado el 18 de dic de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/V7180S/v7180s00.htm#Contents>
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá) (2018). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Guatemala. 3 ed. 366 p. en línea. Consultado el 3 de jul de 2021. Disponible en: https://issuu.com/incap1/docs/tca_incap_3ra_edici_n_segunda_reimpresi_n_2020
- Izquierdo, P.C; Torres G.F; Barboza, Y; Márquez, E.S; Allara, M, C. (2000). *Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela*. Zulia. Venezuela. En línea. Consultado el 12 de jun de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-0622200000200013
- Madrid Orellana, E.C. (2015). *Calidad del agua y estado trófico en el lago de Güija y sus ríos afluentes y efluentes para un programa de monitoreo, en el departamento de Santa Ana, El Salvador*. Nicaragua, Managua. En línea. Consultado el 27 de may de 2021. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/10958/1/01048.pdf>
- Mena, Z.E. (2015). *Evaluación de la calidad del agua lago de Ilopango año 2015*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador. El Salvador. En línea. Consultado el 21 de ago de 2021. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/evaluacion-de-la-calidad-del-agua-lago-de-ilopango-ano-2015/>
- Osorio A; Wills A; Muños A.P. (2013). *Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia*. En línea. Consultado el 11 de octubre de 2021. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/42127/44066>
- Perea, A; Gómez, E; Mayorga, Yohanna, C. (2008). *Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo nacional en Bucaramanga, Colombia*. En línea. Consultado el 12 de jul de 2021. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100013
- Ramos K.N. (2018). *Determinación de minerales en pescados continentales ecuatorianos por*

- espectrofotometría de absorción atómica de llama*. Quito, Ecuador. En línea. Consultado el 14 de octubre de 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15492>
- RDA (Recommended Dietary Allowances) (1989). *Cantidad dietética recomendada*. 10 ed. En línea. Consultada el 27 de may de 2021. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234932/pdf/Bookshelf_NBK234932.pdf
- Rodríguez Vizcaino, N, E, (2017). *Análisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador*. Quito. En línea. Consultado el 18 de Abril de 2021. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14675/tesis%20an%c3%81lisis%20proximal%20de%20pescados%20continentales%20de%20mayor%20consumo%20humano%20en%20ecuador.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Rodríguez, F.C; Chavarría, S.F. (2017). *Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacífico costarricense*. Uniciencia. Vol. 31, núm. 1, Costa Rica. 14 p. Consultado el 17 de marzo de 2021. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/4759/Resumenes/Resumen_475950939003_1.pdf
- Shimadzu Corporation (s.f.) *Foodstuffs Analysis Methods*, Japan Foodstuffs Manufacturing Society, Foodstuffs Analysis Methods Editorial Commission Publication (Korin Co.). s.p.
- Tacon, A.G. (1989). *Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación*. Brasilia, Brasil. En línea. Consultado el 3 de oct de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ab492s/ab492s00.htm#toc>
- Velásquez Paccha, M.J. (2012). *Evaluación del valor nutricional de la tilapia roja (Oreochromis spp) en filetes procesados por liofilización*. Ecuador. En línea. Consultado el 17 de nov de 2021. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2602/1/56t00379.pdf>

Evaluación de tres modelos de cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia, y un prototipo de cocina con dos materiales de combustión en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Avilés-Vásquez, M.R.

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

Morán-Amaya, S.E.

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

Rodríguez-Urrutia, E.A.

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

Ruano-Iraheta, C.E.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente director.

Martínez-Hernández, E.G.

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

RESUMEN**ABSTRACT****ACCESO ABIERTO**

Título en inglés:

Evaluation of three models of wood-saving kitchens of Lorena Mejorada, Tezulutlán and Finland firewood, and a stove prototype with two combustion materials in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Correspondencia:

efrain.rodriguez@ues.edu.sv

Presentado:

17 de febrero de 2022

Aceptado:

19 de abril de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 24 °C y 60 % de humedad relativa promedio anual. El objetivo fue determinar la eficiencia en el uso de leña de tres cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia, comparándolas con la cocina de fogón abierto (testigo), realizando cinco pruebas de cocción de alimentos: agua, café, arroz, frijoles y maíz. La leña que se utilizó fue de madrecaao (*Gliricidia sepium*) y conacaste blanco (*Albizia adinocephala*). El diseño estadístico que se utilizó fue Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 2x4, 8 tratamientos y 3 repeticiones de cada prueba, teniendo 24 unidades experimentales, se utilizó la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Las variables evaluadas fueron: tiempo de encendido de la leña, tiempo de ebullición (100 °C), tiempo de cocción, peso de la leña y poder calorífico de las dos leñas. Se utilizó el programa SPSS para procesar los datos. En el Laboratorio de Química Agrícola se determinó el poder calorífico de un kilogramo de leña de madrecaao, que fue de 4,643.91 Kcal/kg y el de conacaste blanco fue 4,444.43 Kcal/kg, lo que permite utilizar menos cantidad de leña de madrecaao para la preparación de los alimentos. Los mejores resultados en la cocción de los diferentes alimentos y en el uso eficiente de leña se obtuvieron con la cocina Finlandia, la cual se construyó con una inversión de USD 224.00. Como resultado de esta investigación se construyó una cocina prototipo que se le ha llamado cocina ahorradora de leña «Estación UES», la cual tiene que evaluarse su funcionamiento.

Palabras clave: cocina ahorradora de leña, cocina Lorena Mejorada, cocina Tezulutlán, cocina Finlandia, alimentos, poder calorífico, prototipo

The research was carried out in the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, located in the Tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, at an altitude of 650 meters above sea level, an average temperature of 24 °C and an average annual relative humidity of 60 %. The objective was to determine the efficiency in the use of firewood of three firewood-saving stoves: Lorena Mejorada, Tezulutlán and Finland, comparing them with the open stove kitchen (control), performing five food cooking tests: water, coffee, rice, beans, and corn. The firewood used was from madrecaao (*Gliricidia sepium*) and from conacaste blanco (*Albizia adinocephala*). The statistical design that was used was Complete Random Blocks with a 2x4 factorial arrangement, 8 treatments and 3 repetitions of each test, having 24 experimental units, the statistical test of Orthogonal Contrasts was used with a significance level of 5 %. The variables evaluated were: food cooking time, firewood consumption, kitchen costs and evaluation of the calorific value of the two firewood's. The SPSS program was used to process the data. In the Agricultural Chemistry laboratory, the calorific value of a kilogram of firewood from madrecaao was determined, which was 4,643.91 Kcal/ kg and that of conacaste blanco was 4,444.43 Kcal/ kg, which allows to use less quantity of firewood from madrecaao for the food preparation. The best results in cooking different foods and in the efficient use of firewood were obtained with the Finland kitchen, which was built with an investment of USD224.00. As a result of this research, a prototype kitchen was built that has been called the "UES Station" wood-saving stove, which has to be evaluated for its operation.

Keywords: Wood-saving kitchen, Lorena Mejorada kitchen, Tezulutlán kitchen, Finland kitchen, food, calorific value, prototype

INTRODUCCIÓN

En los últimos años varias instituciones en Centroamérica y México han implementado el uso de cocinas ahorradoras de leña, esto se realiza para combatir las problemáticas en torno a la salud de las personas que preparan los alimentos en cocinas de fogón abierto, disminuir el impacto ambiental de la combustión de la madera y aliviar una parte del trabajo diario que se asocia con la recolección de leña; además, está el impacto negativo sobre los recursos forestales, la deforestación, ya que el principal combustible utilizado es leña (Blanco 2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en El Salvador el consumo diario de leña por familia en las zonas rurales es de cinco kilogramos y se utiliza principalmente para encender los fogones tradicionales, los cuales tienen la característica de dispersar humo por toda la casa, produciendo irritación en los ojos y enfermedades respiratorias. Las cocinas tradicionales demandan una alta cantidad de leña, lo que ocasiona una tala indiscriminada de árboles y el traslado de un sector a otro por parte de las familias para obtener la leña a un costo de entre USD 15.00 a USD 20.00. En la mayoría de casos la leña es recogida principalmente por las mujeres, las niñas y los niños (FAO 2011).

Con esta investigación se está contribuyendo al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS: ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades; ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles; ODS 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos; y el ODS 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica (ONU 2015).

Una cocina ahorradora de leña permite reducir el consumo de leña y el tiempo de cocción de los alimentos, disminuye la cantidad de emisiones nocivas (humo) para la salud humana, principalmente en mujeres y niñas, reduce el tiempo que la familia invierte en recolección de leña, aprovechan de forma más adecuada el calor generado por la leña y permite que se utilice entre un 30 % a 60 % menos que con la cocina tradicional o de fogón abierto. Con esta tecnología se disminuye significativamente la deforestación y la degradación de los bosques en el país, se mejora la salud de las poblaciones beneficiarias, su calidad de vida, y en determinadas situaciones, mejorar las condiciones económicas de las poblaciones tanto rurales como urbanas (Añamíse 2015).

La leña se considera una fuente de energía primaria, lo que significa que se obtiene directamente de la naturaleza,

específicamente de los recursos forestales. Incluye los troncos y ramas de los árboles, pero excluye los desechos de la actividad maderera (OLADE 2008). En El Salvador existen diferentes modelos de cocinas ahorradoras de leña; sin embargo, se tiene poca información de la eficiencia de la combustión y del ahorro de leña, de ahí, la importancia de realizar este tipo de investigación para contribuir a la mejora de las condiciones de vida de las personas que habitan en la zona rural.

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y consistió en la evaluación de la eficiencia energética de tres modelos de cocinas ahorradoras de leña: Lorena Mejorada, Tezulutlán y Finlandia contra el testigo (fogón abierto), cada cocina se combinó con dos tipos de leña de las especies de árboles de madrecaño y conacaste blanco, se estableció el uso de cinco pruebas de cocción de alimentos: agua, café, arroz, frijol y maíz, para determinar tiempos de encendido, de ebullición y cocción final de cada alimento.

Se determinó el poder calorífico (PC) de los dos tipos de leña por medio de la Bomba Calorimétrica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, los datos que se determinaron de las muestras de las leñas se utilizaron para determinar el gasto de energía (Kcal/kg). Como resultado de la evaluación de las cocinas se construyó un prototipo de cocina ahorradora de leña que se le ha llamado «Estación UES».

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración

La investigación se realizó en el periodo de agosto de 2019 a febrero de 2021 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, El Salvador, con coordenadas geográficas 0 13°47'49.71" y 89°09'60.63" N, a 50 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 33 °C (Martínez *et al.* 2005).

Metodología de campo

Recolección de leña

Se utilizaron dos tipos de leña: madrecaño (*Gliricidia sepium*) y conacaste blanco o polvo de queso (*Albizia adinocephala*), las cuales son las que más recolectan las familias en la zona de San Luis Talpa. La leña se obtuvo de árboles que ya estaban derribados, con motosierra se hicieron trozos de aproximadamente 30 cm de largo y 5 cm de grosor, los cuales se almacenaron dentro de los

poyetones. Para la cocina Lorena Mejorada los trozos de leña se tuvieron que rajar y convertirlos en astillas, debido a que la cámara de combustión es de menor tamaño en comparación con las cocinas Tezulutlán y Finlandia.

Construcción del poyetón

A cada una de las cocinas evaluadas se le construyó un poyetón, el cual medía 1.50 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de alto, en promedio se utilizaron 90 ladrillos de barro tipo «calavera». La base o mesa de concreto de cada poyetón, en donde se ubicó cada cocina, se construyó colocando un plástico en el suelo, encima se puso un molde de madera de 1.50 m de largo, 1 m de ancho y 0.10 m de alto,

dentro del molde se instaló un tejido de hierro corrugado asegurado con alambre metálico calibre 16, que luego fue cubierto con una mezcla de arena, grava y cemento, y se dejó secar por ocho días.

Dimensiones de las cocinas evaluadas.

Cocina Lorena Mejorada: 0.90 m de largo, 0.75 m de ancho y 0.40 m de alto (Figura 1). Cocina Tezulutlán mide: 1.10 m de largo, 0.72 m de ancho y 0.27 m de alto (Figura 2). Cocina Finlandia mide: 1.50 m de largo, 0.55 m de ancho y 0.27 m de alto (Figura 3).

Figura 1.
Cocina Lorena Mejorada.



Figura 2.
Cocina Tezulutlán.



Figura 3.
Cocina Finlandia.



Variables y pruebas

Las variables medidas fueron: tiempo de encendido de la leña, tiempo de ebullición, tiempo de cocción, peso de la leña, poder calorífico de la leña (Kcal/kg). Antes de comenzar con la investigación se hicieron pruebas piloto para conocer el funcionamiento de cada una de las cocinas evaluadas, y poder desarrollar mejoras o corregir detalles con anticipación. Se realizaron 5 pruebas de cocción de alimentos: agua, café, arroz, frijoles y maíz, que son los alimentos que consume la mayoría de la población salvadoreña en el área rural.

Datos que se registraban en cada prueba de cocción de alimentos: fecha, nombre de la prueba, número de repetición de la prueba, nombre de la cocina, nombre de la leña, peso de la leña, hora de encendido de la cocina, hora de colocación de la olla y hora de finalización de la cocción de los alimentos.

Procedimiento para preparación de agua (PPA)

Para cada prueba siempre se aseguró que la cocina estuviera a temperatura ambiente, limpia, libre de cenizas o desperdicios. Se pesaba en una báscula 2 kg de leña de madrecaao o de conacaste blanco según la prueba a realizar. Se encendía la cocina. En una bitácora se anotaban todos los datos. Se medía un litro de agua a temperatura ambiente y se transfirió a un recipiente de aluminio.

Después de 10 minutos de encendido el fuego, cuando el calor ya era intenso y constante (en el quemado de la leña), se colocaba el recipiente con agua. La temperatura del agua se tomó cada 10 minutos hasta el punto de ebullición (100 °C), para ello se introducía un termómetro en el agua. La prueba finalizaba con la ebullición del agua. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar, luego se pesaba en una báscula para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.

Procedimiento para preparación de café (PPC)

Se siguieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego en un recipiente de aluminio se colocaba un litro de agua y se pesaba el café en una báscula digital. Se esperaban 10 minutos para que encendiera la leña y se calentara la cocina, luego se colocaba el recipiente con agua. Cada 10 minutos se tomaba la temperatura con un termómetro hasta llegar al punto de ebullición. Cuando el agua llegaba al punto de ebullición (100 °C) se agregaba el café y se esperaba que hirviera, terminada la cocción se retiraba la olla. En una bitácora se anotaba el tiempo total de cocimiento del café. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar, luego se pesaba en una báscula para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.

Procedimiento para preparación de arroz (PPA)

Para preparar arroz se hicieron siguieron los pasos 1, 2,

3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego se pesaba el arroz y la sal; después el arroz se lavaba. Se pelaba, cortaba y pesaba cada uno de los ingredientes que se utilizaron (chile dulce, cebolla y tomate) y se midió un litro de agua. Se esperaba 10 minutos para que encendiera la leña y se calentara la cocina luego se colocaba la cacerola con aceite para que se calentara. Se colocó una libra de arroz en la cacerola caliente para sofreírlo. Se agregaban los ingredientes: chile dulce, cebolla, tomate y sal. Luego se agregaba un litro de agua a la cacerola. La temperatura se tomó cada 10 minutos, introduciendo un termómetro en el arroz. Se dejó consumir el agua y al terminar la cocción del arroz se retiró inmediatamente la cacerola. En una bitácora se anotaba el tiempo total de cocimiento del arroz. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar, luego se pesaba en una báscula para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.

Procedimiento para preparación de frijoles (PPF)

Se realizaron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego se pesaban los frijoles y la sal, después los frijoles se lavaban. Se pelaba, cortaba y pesaba cada uno de los ingredientes que se utilizaron (ajo, cebolla y tomate). La olla con 2 libras de frijoles y 4 litros de agua se colocaba en la cocina. La temperatura se medía cada 15 minutos introduciendo un termómetro en la olla hasta llegar al punto de ebullición. Se agregaba un litro de agua a la olla (cuando un tercio del agua inicial se había evaporado), para evitar que se quemaran los frijoles. En ese momento se agregaba a la olla el ajo, cebolla, tomate y sal como ingredientes para darle sabor a la sopa. Cuando los frijoles estaban cocidos y blandos se retiraba la olla. Se anotaba en la bitácora el tiempo total de cocimiento. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar, luego se pesaba en una báscula para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.

Procedimiento para preparación de maíz (PPM)

Se siguieron los pasos 1, 2, 3 y 4 de la prueba de cocción de agua; luego se pesó y lavó el maíz. Se colocaba en la cocina la olla con 2 libras de maíz. Se agregó 6 onzas de cal viva a la olla con el maíz y se removió con una paleta de madera para que se homogenice el agua con la cal, para evitar que se pegue el maíz y comenzar el proceso de pelado del grano. La temperatura se medía cada 15 minutos introduciendo un termómetro en la olla hasta llegar al punto de ebullición. Cuando el maíz estaba cocido y blando se retiraba la olla. Se anotaba en una bitácora el tiempo total de cocimiento. La leña que no se había quemado se dejaba enfriar, luego se pesaba en una báscula para determinar cuanta leña se había gastado en cada prueba.

Metodología de laboratorio

El procedimiento para determinar el poder calorífico de la leña utilizada se realizó en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, a través del uso de una bomba calorimétrica

Metodología estadística

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar en Arreglo Factorial 2 x 4, el primer factor fue los tipos de leña (materiales de combustión) y el segundo factor los tipos de cocinas evaluadas, fueron 8 tratamientos con 3 repeticiones, el total de unidades experimentales fue 24 (Tabla 1). Se utilizó la prueba estadística de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, apoyado del software estadístico SPSS versión 25.

Metodología económica

Para el análisis económico se realizó un presupuesto parcial de los costos de inversión de los materiales para la construcción de las 3 cocinas ahorradoras de leña.

Tabla 1.
Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Tipo de leña	Tipo de cocina
Tratamiento 1 (T1)	Madrecacao	Fogón abierto
Tratamiento 2 (T2)	Madrecacao	Lorena Mejorada
Tratamiento 3 (T3)	Madrecacao	Tezulutlán
Tratamiento 4 (T4)	Madrecacao	Finlandia
Tratamiento 5 (T5)	Conacaste blanco	Fogón abierto
Tratamiento 6 (T6)	Conacaste blanco	Lorena Mejorada
Tratamiento 7 (T7)	Conacaste blanco	Tezulutlán
Tratamiento 8 (T8)	Conacaste blanco	Finlandia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Poder calorífico de la leña

El gasto de energía (Kcal) resultó de multiplicar el gasto de leña en cada prueba por el dato del poder calorífico de cada leña. Según los resultados del poder calorífico calculados en el Laboratorio, la leña de madrecaao tiene un poder calorífico de 4,643.91 Kcal/kg y la de conacaste blanco de 4,444.43 Kcal/kg.

Prueba de cocción de agua con leña de conacaste

Según los resultados el menor tiempo para alcanzar el punto de ebullición del agua (100 °C) se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 25 minutos, y el mayor tiempo con la cocina Lorena Mejorada con 51.67 minutos (Cuadro 2). El menor gasto de leña de conacaste blanco para alcanzar el punto de ebullición del agua se obtuvo con la cocina Tezulutlán con 0.9 kg; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 2 kg. El mayor poder calorífico para lograr el punto de ebullición del agua se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 8,888.86 Kcal; el menor con la cocina Tezulutlán con 3,999.99 Kcal (Tabla 2).

Tabla 2.

Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de conacaste blanco.

Cocina	Tiempo de cocción (minutos)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	25	1.1	4,888.87
Tezulutlán	28.33	0.9	3,999.99
Fogón abierto	33.33	1.2	5,333.32
Lorena Mejorada	51.67	2	8,888.86

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña para alcanzar el punto de ebullición del agua, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Los resultados en todas las pruebas, demostraron que la cocina Lorena Mejorada tiene el peor desempeño, ya que lleva mucho tiempo en la cocción de alimentos y consume demasiada leña que eleva los costos para prepararlos.

Prueba de cocción del agua con leña de madrecaao

El menor tiempo para lograr el punto de ebullición del agua fue con la cocina Finlandia con una media de 25 minutos; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 48.33 minutos (Tabla 3). El menor gasto de leña de madrecaao para alcanzar el punto de ebullición del agua se tuvo con la cocina Tezulutlán con 1.2 kg, el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 3.3 kg. El mayor poder calorífico para alcanzar el punto de ebullición del agua se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 15,324.90 Kcal; el menor fue con la cocina Tezulutlán con 5,572.69 Kcal.

Tabla 3.

Resultados de la prueba de cocción de agua con leña de madrecaao.

Cocina	Tiempo de cocción (minutos)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	25	1.6	7,430.26
Tezulutlán	26.67	1.2	5,572.69
Fogón abierto	33.33	1.8	8,359.04
Lorena Mejorada	48.33	3.3	15,324.90

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña para alcanzar el punto de ebullición del agua, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Prueba de cocción del café con leña de conacaste blanco

El menor tiempo de cocción del café con leña de conacaste blanco se tuvo con las cocinas Finlandia y Tezulutlán con una media de 33.33 minutos; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 65 minutos (Tabla 4). El menor gasto

de leña de conacaste blanco se dio con la cocina Finlandia con 1.4 kg; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 4.2 kg. El mayor poder calorífico se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 18,666.61 Kcal; el menor fue con la cocina Finlandia con 6,222.20 Kcal.

Tabla 4.
Resultados de la prueba de cocción de café con leña de conacaste blanco.

Cocina	Tiempo de cocción (minutos)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	33.33	1.4	6,222.20
Tezulutlán	33.33	1.5	6,666.65
Fogón abierto	43.33	2.1	9,333.30
Lorena Mejorada	65	4.2	18,666.61

Según los resultados de la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y consumo de leña en la prueba de cocción del café, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de Fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Prueba de cocción de café con leña de madre cacao

El menor tiempo de cocción del café con leña de madre cacao se registró con las cocinas Finlandia y Tezulutlán con una media de 35 minutos; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 61.67 minutos (Tabla 5). El menor gasto de

leña de madre cacao en la cocción del café se tuvo con la cocina Finlandia con 1.1 kg; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 4.6 kg. El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del café se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 21,361.99 Kcal; el menor fue con la cocina Finlandia con 5,108.30 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo en la prueba de cocción de café, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Tabla 5.
Resultados de la prueba de cocción de café con leña de madre cacao.

Cocina	Tiempo de cocción (minutos)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	35	1.1	5,108.30
Tezulutlán	35	1.7	7,894.65
Fogón abierto	38.33	2.4	11,145.38
Lorena Mejorada	61.67	4.6	21,361.99

Prueba de cocción de arroz con leña de conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción del arroz con leña de conacaste blanco se dio con la cocina Finlandia con una media de 31.67 minutos; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 73.33 minutos (Tabla 6). El menor gasto de

leña de conacaste blanco, en la prueba de cocción del arroz, se registró con la cocina Finlandia con 1.2 kg; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 4.2 kg. El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del arroz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 18,666.61 Kcal; el menor fue con la cocina Finlandia con 5,333.32 Kcal.

Tabla 6.
Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Conacaste blanco.

Cocina	Tiempo de cocción (minutos)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	31.67	1.2	5,333.32
Tezulutlán	33.33	1.4	6,222.20
Fogón abierto	41.67	1.6	7,111.09
Lorena Mejorada	73.33	4.2	18,666.61

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de arroz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao

El menor tiempo para la cocción del arroz con leña de madrecacao fue con la cocina Tezulutlán con una media de 30 minutos; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 50 minutos (Tabla 7). El menor gasto de leña de

madrecacao en la prueba de cocción del arroz se tuvo con la cocina Finlandia con 1.3 kg; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 4.1 kg. El mayor poder calorífico en la prueba de cocción del arroz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 19,040.03 Kcal; el menor fue con la cocina Finlandia con 6,037.08 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de arroz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Tabla 7.

Resultados de la prueba de cocción de arroz con leña de Madrecacao.

Cocina	Tiempo de cocción (min)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	31.67	1.3	6,037.08
Tezulutlán	30	1.5	6,965.87
Fogón abierto	33.33	1.8	8,359.04
Lorena Mejorada	50	4.1	19,040.03

Prueba de cocción de frijol con leña de conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción del frijol con leña de conacaste blanco se tuvo con la cocina Finlandia con una media de 98.33 minutos; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 166.67 minutos (Tabla 8). El menor gasto de leña de conacaste blanco en la prueba de cocción del frijol se dio con la cocina Finlandia con 5.7 kg; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 8.8 kg. El mayor poder

calorífico en la prueba de cocción del frijol se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 39,110.98 Kcal; el menor con la cocina Finlandia con 25,333.32 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de frijol, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Tabla 8.

Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de conacaste blanco.

Cocina	Tiempo de cocción (min)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	98.33	5.7	25,333.32
Tezulutlán	101.67	5.9	26,222.14
Fogón abierto	111.67	6.3	27,999.91
Lorena Mejorada	166.67	8.8	39,110.98

Prueba de cocción de frijol con leña de madrecacao

El menor tiempo para la cocción del frijol con leña de madrecacao se dio con la cocina Finlandia con una media de 101.67 minutos; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 168.33 minutos (Cuadro 9). El menor gasto de leña de madrecacao en la cocción del frijol se tuvo con la cocina Finlandia con 5.8 kg; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 9.1 kg. El mayor poder calorífico en la

prueba de cocción del frijol se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 42,259.58 Kcal; el menor con la cocina Finlandia con 26,934.68 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 % y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de frijol, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Tabla 9.
Resultados de la prueba de cocción de frijol con leña de madrecaao.

Cocina	Tiempo de cocción (min)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Finlandia	101.67	5.8	26,934.68
Tezulutlán	115	5.9	27,399.07
Fogón abierto	105	7.0	32,507.37
Lorena Mejorada	168.33	9.1	42,259.58

Prueba de cocción de maíz con leña de conacaste blanco

El menor tiempo para la cocción de maíz con leña de conacaste blanco se tuvo con la cocina Tezulutlán con una media de 43.33 minutos; el mayor con las cocinas de fogón abierto y Lorena Mejorada con 71.67 minutos (Tabla 10). La cocción del maíz se evaluó desde que se encendió la leña hasta que el grano de maíz se descascaró o nixtamalizó. El menor gasto de leña de conacaste blanco en la prueba de cocción del maíz se dio con la cocina Tezulutlán con 5.1

kg; el mayor con la cocina Lorena Mejorada con 6.6 kg. El mayor poder calorífico en la prueba de cocción de maíz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 29,333.24 Kcal; el menor con la cocina Tezulutlán con 22,666.59 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de maíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cuatro cocinas.

Tabla 10.
Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de conacaste blanco.

Cocina	Tiempo de cocción (min)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Tezulutlán	43.33	5.1	22,666.59
Finlandia	46.67	5.6	24,888.81
Fogón abierto	71.67	5.7	25,333.25
Lorena Mejorada	71.67	6.6	29,333.24

Prueba de cocción de maíz con leña de madrecaao

El menor tiempo para la cocción de maíz con leña de madrecaao se tuvo con la cocina Tezulutlán con una media de 43 minutos; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 73 minutos (Tabla 11). El menor gasto de leña de madrecaao en la prueba de cocción del maíz se tuvo con la cocina Tezulutlán con 4.6 kg; el mayor fue con la cocina Lorena Mejorada con 8.3 kg. El mayor poder

calorífico en la prueba de cocción de maíz se obtuvo con la cocina Lorena Mejorada con 38,544.45 Kcal; el menor fue con la cocina Tezulutlán con 21,361.99 Kcal.

Según los resultados de la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95% y $p < 0.05$ en el tiempo y gasto de leña en la prueba de cocción de maíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los resultados obtenidos entre las cocinas Finlandia, Tezulutlán y de fogón abierto; pero si con respecto a la cocina Lorena Mejorada.

Tabla 11.
Resultados de la prueba de cocción de maíz con leña de madrecaao.

Cocina	Tiempo de cocción (min)	Leña gastada (kg)	Poder calorífico (Kcal)
Tezulutlán	43	4.6	21,361.99
Finlandia	45	5.0	23,219.55
Fogón abierto	65	5.9	27,399.07
Lorena Mejorada	73	8.3	38,544.45

Costos de inversión en las cocinas ahorradoras de leña

La cocina ahorradora de leña que tiene el mayor costo de inversión es la cocina Tezulutlán con USD 325.11; seguida por la cocina Lorena Mejorada con USD 237.66; y la cocina que tiene el menor costo de inversión es la cocina Finlandia con USD 224.66.

Ventajas y desventajas de las cocinas ahorradoras utilizadas en la investigación

Cocina Lorena Mejorada

Ventajas:

1. Produce mucha ceniza que se puede utilizar como fertilizante orgánico para las plantas.
2. Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
3. Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas.
4. La temperatura caliente se mantiene en la cámara de combustión de la cocina, por lo que se facilita el encendido de una próxima cocción.

Desventajas:

1. La entrada de la cocina y la cámara de combustión son demasiado reducidas.
2. Solo enciende cuando se utiliza leña de tamaño pequeña como astillas, olote, ocote, gas, papel, otros.
3. Debido a que la cámara de combustión es muy pequeña, produce mucho humo cuando empieza la combustión; se debe soplar o generar viento con una tabla o cartón para agregar oxígeno.
4. El tamaño del comal es muy pequeño para la preparación de tortillas.

Cocina Tezulutlán

Ventajas:

1. La cámara de combustión es más espaciosa lo que permite usar leña gruesa.
2. Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas y porque se pierde menos calor al ambiente.

3. Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
4. Tiene tres hornillas de diferente tamaño (grande, mediana y pequeña) para recipientes de diferentes tamaños.

Desventajas:

1. El valor de la parrilla de hierro incrementa los costos de inversión.
2. Se debe utilizar equipo de soldadura porque la parrilla de hierro debe ir soldada a la cocina y al poyetón para evitar que se levante por las altas temperaturas generadas dentro de la cámara de combustión.
3. Si no se tiene cuidado hay una alta posibilidad de quemadura por la parrilla de hierro durante la cocción de los alimentos.
4. No tiene comal para hacer tortillas.

Cocina Finlandia

Ventajas:

1. Tiene una chimenea para extraer el humo y sacarlo por encima de los techos de las viviendas, y evitar la contaminación del aire dentro de los hogares.
2. Las personas no se exponen a quemaduras por acercarse a las paredes de la cocina, debido al grosor de las mismas.
3. Debido al fuego intenso que se genera la temperatura aumenta rápidamente.

Desventajas:

1. Se raja y se desquebraja sino se prepara bien la mezcla de barro-cemento.
2. La entrada de la cámara de combustión es estrecha.
3. La cámara de combustión es muy profunda lo que dificulta limpiarla.
4. No se pueden hacer tortillas a pesar que tiene un comal, ya que no se puede colocar leña gruesa que es la que mantiene un fuego intenso y constante, por lo que la masa de maíz se pega al comal.

Cocina de fogón abierto

Ventajas:

1. Son económicas y no requiere mayor inversión.
2. Se puede mover de lugar.
3. Se usan diferentes tipos de combustibles y leña de diferente grosor y tamaño.
4. Se adapta a las formas de los recipientes.

Desventajas:

1. Baja eficiencia en la preparación de alimentos como frijoles y maíz.
2. La mayor cantidad del calor generado se pierde por los costados.
3. Genera mucho humo que afecta la salud de las personas (enfermedades respiratorias, de los ojos, quemaduras, artritis, otras), principalmente en mujeres, niñas y niños.
4. Elevado consumo de leña.

Cocina Prototipo

Como producto de la evaluación de las tres cocinas ahorradoras de leña, los tipos de leña, el calor generado y las pruebas de cocimiento de alimentos, se construyó una cocina prototipo ahorradora de leña en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, a la que se le denominó cocina ahorradora de leña "Estación UES". Esta cocina se construyó tomando como base las necesidades que se tienen en la Planta de Procesamiento de Alimentos de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Para construir la cocina prototipo se tomó en cuenta lo siguiente: de la cocina Finlandia se aprovechó los materiales utilizados para la construcción y el diseño de las hornillas, en el prototipo se construyó una sección donde está el comal para mejor manejo y aprovechamiento de la leña en la preparación de las tortillas; de la cocina Tezulutlán se tomó de base el tamaño de la cámara de combustión y de las hornillas; de la cocina Lorena Mejorada se aprovechó el diseño de la entrada de la cámara de combustión y la colocación de ladrillos en medio de la cámara para distribuir de mejor manera el calor; y de la cocina de fogón abierto se tomó la forma de oxigenar la cámara de combustión para que siempre haya fuego y calor.

Los materiales utilizados: ladrillo de barro tipo "calavera", arena, cemento, zacate seco picado, melaza, sal, barro,

varillas de hierro de 3/8 de pulgada y un poyetón. Las dimensiones del poyetón donde está la cocina son 0.70 m de alto, 2.42 m de largo y 1.50 m de ancho; la cocina tiene las siguientes medidas 0.24 m de alto, 2.42 m de largo y 1.13 m de ancho.

La cocina se dividió en tres secciones: la 1ª sección (de izquierda a derecha) mide 0.74 m de ancho por 1 m de largo, en ella se instaló una parrilla de hierro sobre la que se puede cocinar carne asada y también servirá para colocar un comal de 0.65 m de diámetro para hacer tortillas; la 2ª sección mide 0.65 m de ancho por 1 m de largo, se ubica al centro de la cocina y se construyó una hornilla para cocinar alimentos en mayores cantidades, por ejemplo sopa de frijoles, cocer maíz, entre otros; la 3ª sección mide 1 m de ancho por 1.03 m de largo, está ubicada al lado derecho, se construyeron dos hornillas para cocinar alimentos en menores cantidades, por ejemplo arroz, huevo, café, entre otros. La cocina prototipo se va a seguir evaluando hasta encontrar que sea un modelo eficiente en el consumo de leña y tiempo de cocción de los alimentos, en comparación con las cocinas ahorradoras de leña evaluadas. La inversión para construir esta cocina fue de USD 259.76.

CONCLUSIONES

Con la cocina Finlandia se obtuvieron los mejores resultados en las cinco pruebas de cocción de alimentos y en el uso eficiente de la leña, ya que esta enciende con alta intensidad, pero tiene la dificultad de manipulación de la leña por lo estrecho y profundo de la cámara de combustión, el comal no calienta bien por lo que las tortillas se pegan y no se cocinan bien.

Con la cocina Lorena Mejorada se obtuvo el mayor consumo de leña y el mayor tiempo de cocción de los alimentos, debido a que el fuego que llega a las hornillas no es intenso por que los conductos no tienen el espacio necesario para que circule el calor, además, por el poco espacio que posee la cámara de combustión, dificulta el encendido y es necesario reducir el tamaño de los trozos de leña para que encienda más rápido.

El tamaño de la cámara de combustión de la cocina Tezulutlán permitió que toda la leña se consumiera en forma homogénea con fuego intenso, pero es la de mayor costo de inversión por el uso de la lámina de hierro que se debe soldar en el poyetón.

La cocina tradicional o de fogón abierto tiene una combustión incompleta de la leña, pérdida de energía calorífica por procesos de transferencia de calor y expulsa demasiado humo que contamina el ambiente.

El poder calorífico de un kilogramo de leña de madrecaao es de 4,643.91 Kcal/kg y de conacaste blanco de 4,444.43 Kcal/kg, por lo que se puede utilizar menos cantidad de

leña de madrecaao para la preparación de los alimentos.

La inversión más baja en materiales y mano de obra fue en la construcción de la cocina Finlandia con USD 224.00, seguida por la cocina Lorena Mejorada con USD 237.66, la cocina prototipo con USD 259.76 y la cocina Tezulutlán con USD 325.11.

AGRADECIMIENTOS

Al Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL) por su apoyo económico.

BIBLIOGRAFÍA

- Añamisse Ayala, LE. (2015). *Medición de Índices de Adopción de estufas mejoradas en las comunidades de El Chagüite y Cuesta Grande, Honduras* (en línea). Honduras. Zamorano. Consultado 02 de sep. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4481/1/IAD-2015-002.pdf>
- Blanco Rodríguez, JM. (2013). *Estufas mejoradas de leña en Centroamérica: Detonando los mercados*. San José, Costa Rica. 1 ed. 40 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, El Salvador) (2011). *Uso y Construcción de la Estufa Ahorradora Tezulutlán-modificada*. El Salvador. Morazán. 7 p.
- Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. (2005). *Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas*. Tesis Ing. Agr. El Salvador. Universidad de El Salvador. 98 p.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía, Centro América) (2008). *Proyecto apoyo a la matriz de acciones para la integración y desarrollo energético de Centroamérica. Asistencia Técnica sobre lecciones aprendidas y recomendaciones para el desarrollo de proyectos de estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá*. Informe RD Jiménez. Centro América. OLADE. 120 p.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos) (2015). *Lista Oficial Objetivo del Desarrollo del Milenio* (en línea). Consultado 25 febrero 2019. Disponible en: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Home>



Artículo científico

Dinámica poblacional de *Brevipalpus* sp., vector de la leprosis de los cítricos en San Juan Opico, departamento de La Libertad, El Salvador

Serpas-Ortiz, J.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Tesista.

Rivera-Mejía, F.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Tesista.

Menjívar-Rosa, R.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente director.

Rivas-Flores, A.W.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente director.

RESUMEN

El presente estudio inició en octubre de 2019 y finalizó en febrero de 2021, en el municipio de San Juan Opico, departamento de la Libertad, El Salvador. El objetivo fue determinar la dinámica poblacional de los estadios biológicos del ácaro *Brevipalpus* spp., asociado a la leprosis de los cítricos. Los muestreos se realizaron en árboles de naranja dulce (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*), en donde la copa de los árboles se dividió en cuatro secciones, de las cuales se recolectaban cuatro hojas y frutos. Las variables tomadas en campo fueron, temperatura, humedad relativa y la precipitación promedio del lugar. Las muestras fueron procesadas en laboratorio, utilizando el estereoscopio. Para poder realizar el montaje y preservación de ácaros se utilizó el medio Hoyer y para la identificación fue necesario enviar las muestras a la Unidad de Comunicación y Servicios Taxonómicos del Laboratorio de Entomología Sistemática USDA-ARS, Estados Unidos. Para el análisis de los datos se utilizó la correlación de Pearson, relacionando los factores ambientales humedad relativa, temperatura; además, un análisis descriptivo, tablas resumen, análisis de regresión lineal simple. En los resultados existe una correlación entre la variable temperatura y los promedios de ácaros y promedios de huevos, entre los meses de octubre 2019 a febrero 2020, época lluviosa y seca del año, existe una mayor densidad poblacional de huevos y ácaros, con una densidad promedio de 3.88 ácaros/muestreo y 1.75 promedio huevos/muestreo; asimismo se encontraron las siguientes especies de ácaros de importancia, *Brevipalpus californicus*, *Brevipalpus yothersi*, *Proprioseiopsis* sp. y *Suidasia nesbitti*.

Palabras clave: *Brevipalpus*, leprosis de los cítricos, ácaros asociados a leprosis de los cítricos

ABSTRACT

This study began in October 2019 and ended in February 2021, in the municipality of San Juan Opico, department of La Libertad. The objective was to determine the population dynamics of the biological stages of the *Brevipalpus* spp mite associated with citrus leprosis. The samplings were carried out in sweet orange (*Citrus sinensis*) and mandarin (*Citrus reticulata*) trees, where the canopy of the trees was divided into four sections, of which four leaves and fruits were divided. The variables taken in the field were the temperature, the relative humidity and the average precipitation of the place. The samples were processed in the laboratory, using the stereoscope. To be able to mount and preserve the mites, the Hoyer medium was used and for identification it was necessary to send the samples to the Communication and Taxonomic Services Unit of the USDA-ARS Systematic Entomology Laboratory, United States. For data analysis, Pearson's correlation was used, relating environmental factors, relative humidity, temperature, in addition; a descriptive analysis, summary tables, simple linear regression analysis. In the results there is a correlation between the temperature variable and the averages of mites and averages of eggs, between the months of October 2019 to February 2020, the rainy and dry season of the year, there is a higher population density of eggs and mites, with a density. In addition, the following important mite species were found on average, *Brevipalpus californicus*, *Brevipalpus yothersi*, *Proprioseiopsis* sp., *Suidasia nesbitti*.

Keywords: *Brevipalpus*, citrus leprosis, mites associated with citrus leprosis



Título en inglés:

Population dynamics of *Brevipalpus* sp., vector of citrus leprosis in San Juan Opico, department of La Libertad, El Salvador

Correspondencia:
so14011@ues.edu.sv

Presentado:
22 de noviembre de 2021

Aceptado:
25 de marzo de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

INTRODUCCIÓN.

La producción de cítricos en El Salvador se ve amenazada por una enfermedad llamada leprosis de los cítricos, que es transmitida por ácaros del género *Brevipalpus* spp. En el género *Citrus* se encuentran especies de importancia a cuidar como limón *Citrus limon*, naranjo dulce *C. sinensis*, naranjo agrio *C. aurantium*, lima agria *C. aurantifolia* (Tullo y Gonzales 2019). Los cítricos se desarrollan en un clima entre los 23.5 y 40 grados de latitud norte y sur, puede desarrollarse entre las alturas de 0 a 2000 m s. n. m., la temperatura adecuada para la producción de cítricos es de 18 °C y 30 °C (Universidad Lasallista 2012). Los cítricos son comercializados en los mercados locales, e internacionales, son de importancia en la alimentación de las personas y genera miles de empleos (Corporación Colombia Internacional 2000).

Los ácaros del género *Brevipalpus* spp., fueron encontrados atacando plantas ornamentales y cultivos de cítricos, dispersa por todo el mundo, frecuentemente se encuentra dañando tallos, frutos y hojas (Ochoa y Aguilar 1988). Dentro del género existen tres especies de ácaros falsos de la familia Tenuipalpidae: *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus* y *B. phoenicis*. Las especies están asociadas con la propagación de la enfermedad leprosis de los cítricos (Qureshi *et al.* 2020). La hembra adulto es de color rojo o amarillo rojizo, el adulto macho tiene color rojo anaranjado, el huevo es rojo, anaranjado o amarillento, ovalado, la larva es rojiza, las ninfas, invernan en estado de adulto debajo de la corteza, tiene pocas generaciones anuales y su ciclo es lento. El ácaro suele verse en colonias en plantaciones de cítricos, es una plaga polífaga se le encuentra en numerosas especies, el daño, se produce al inyectar saliva toxica. En los limones aparecen ocasionalmente unas zonas suberificadas, plateadas, agrietadas, entre cuyas grietas suele vivir la colonia, en las hojas pueden observarse zonas plateadas u ocasionar necrosis (Bayer Crops Science 2008). El manejo de ácaros dañinos, exige la aplicación de criterios integrales que se pueden controlar con la siguientes medidas: el control biológico (uso de población de ácaros depredadores que integran la familia Phytoseiidae) y el uso de plaguicidas selectivos, una medida complementaria de control es el mejoramiento genético de las plantas de cítricos (COPEFRUT 2007).

El principal riesgo de no poder controlar el ácaro es el desarrollo de la enfermedad leprosis de los cítricos, producida por un virus tipo baciliforme que afecta principalmente naranjos y mandarinos (León *et al.* 2006). El virus leprosis de los cítricos se transmite a través de los ácaros del género *Brevipalpus* spp. que se encuentran principalmente en climas tropicales y subtropicales (Childers *et al.* 2001). El *Citrus leprosis virus* variante citoplasmática no interfiere en la biología del ácaro. Estudios de microscopía electrónica indican que el *Citrus*

leprosis virus no se replica en el ácaro, sólo circula en el interior del mismo (SENASICA 2019). Tipos de virus de leprosis de los cítricos: virus de la leprosis de los cítricos C (CiLV-C), virus de la leprosis C2 (CiLV-C2), virus de la mancha verde del hibisco, virus de la leprosis de los cítricos N (CiLV-N) y el virus de la mancha necrótica de los cítricos. Estos virus causan infecciones de lesiones locales en todos los hospederos conocidos, el mejor control del virus es el uso y búsqueda de especies resistentes (Roy *et al.* 2015).

Por lo tanto, conocer la dinámica poblacional de *Brevipalpus* spp, es importante para el sector cítrico, ya que este tipo de plagas y enfermedades son desconocidas y pueden producir pérdidas económicas en el sector. Por ello se estudiaron las variaciones que experimentó el desarrollo de la población de ácaros del género *Brevipalpus* spp. Este trabajo busca determinar la dinámica poblacional de los estadios biológicos del ácaro *Brevipalpus* en los árboles de cítricos

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización

El estudio se realizó en el municipio de San Juan Opico zona de Los Bajíos, en el departamento de La Libertad, El Salvador a una altura de 506 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 25 °C con coordenadas geográficas 13°51'52" latitud norte -89°22'19" longitud oeste. La fase de campo se desarrolló de octubre del 2019 a marzo 2020 con un número de ocho muestreos realizados cada 15 días. La fase de laboratorio inició una vez realizado el primer muestreo de hojas y frutos con su respectivo resguardo y preservación de las muestras, contabilizando el número de ácaros encontrados en diferentes estadios.

Metodología de campo

Se delimitaron 1.4 hectáreas de cítricos, se seleccionaron ocho árboles de manera aleatoria entre *Citrus reticulata* y *Citrus sinensis*, los cuales quedaron definidos e identificados con un listón rojo y un nudo; el nudo representaba el número de árbol seleccionado, estos se llevaron a cabo dividiendo el árbol en cuadrantes (Norte, Sur, Este y Oeste). Por cada uno se tomaron cuatro hojas jóvenes, y se colocaban en bolsas plásticas debidamente identificadas y agrupadas por cada árbol, cuadrante y fecha; en el caso de los frutos que estaban en el cuadrante se colocaban en bolsas plásticas y hielera.

La recolección de cada una de las muestras en los árboles seleccionados se realizó de manera manual y aleatoria, recolectando 4 hojas jóvenes por cuadrante en horas frescas (6:00 a 9:00 a. m.). Para el corte de las hojas se utilizó una escalera que permitía alcanzar correctamente las muestras (Figura 1). Después, las muestreas se trasladaban al

Laboratorio del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, para procesar el material biológico con la ayuda de un microscopio (Figura 2), para el sellado y secado de la muestra (Figura 3). La temperatura y humedad relativa, fueron tomadas a través de un higrómetro que se colocaba en un árbol ubicado al centro de la parcela de muestreo y que servía como punto de toma de temperatura y humedad relativa. El higrómetro se colocaba a una altura aproximada

de dos metros, generalmente a las 6:00 a. m. (hora de entrada a los muestreos) y se retiraba a las 9:00 a. m. (hora de finalización del muestreo). Luego se registraba el valor final que el higrómetro medía en ese lapso. Los datos registrados de temperatura y humedad relativa se utilizaron para analizar la relación que estos tienen sobre la dinámica poblacional de *Brevipalpus* spp, mediante el análisis de correlación de Pearson.

Figura 1.

Recolección de las muestras en la parcela.



Figura 2.

Procesamiento e identificación del ácaro en el microscopio.



Figura 3.

Sellado y secado de muestra.



Metodología de laboratorio.

Consistió en la identificación taxonómica de los organismos recolectados durante los muestreos; cada muestra era sacada del refrigerador para ser procesada. Con un microscopio estereoscópico, se revisaba minuciosamente cada hoja (haz y envés) donde se observaban los diferentes estadios del ácaro. Los ácaros eran extraídos delicadamente con una aguja fina y depositados en viales con alcohol etílico 70 %, los viales eran identificados con número de muestra, número de árbol, cuadrante, fecha y si eran obtenidos de hojas o fruto. El resto de estadios solo era contabilizado y anotado en la hoja de registro. Los viales se resguardaban para mantener salvaguardados los especímenes encontrados, además fueron agrupados por número de muestreo. Esta metodología de muestrear en el laboratorio era constante para reducir la acumulación entre otras muestras posteriores y también para que las muestras no perdieran calidad. Cada estadio del ácaro se registró y se detalló en cuadros de muestreo previamente elaborados donde se detallaban desde el número de muestreo uno al ocho.

Montaje de las muestras.

Se depositó alcohol etílico al 70 % en una siracusa y se observaron los ácaros en el microscopio estereoscópico, posteriormente con agujas de disección se transfirieron los mejores especímenes adultos en una lámina con una gota de medio Hoyer sobre la lámina para colocarle el cubreobjeto. Luego, se dejaba secar por dos horas a temperatura ambiente, después las láminas se secaban en una estufa a 44 °C, para fijar el montaje y cubreobjeto sobre la lámina durante 24 horas. Las láminas secadas se colocaron en una portaláminas.

Identificación taxonómica de las muestras de ácaros

La identificación taxonómica, se realizó en la Unidad de Comunicación y Servicios Taxonómicos del Laboratorio de Entomología Sistemática USDA-ARS con atención al Dr. Ronald Ochoa. Para la identificación de especies, se hizo un envío de preparaciones de ácaros en láminas; este se realizó por Deutsche Post World Net (DHL) con todos los permisos fitosanitarios y de envío requeridos por el

operador logístico, además de ir debidamente cumpliendo con los requisitos de presentación estándar de Systematic Entomology Laboratory (SEL). Incluyendo una copia completa del formulario de solicitud de identificación de SEL, ARS-748. Las muestras incluían una descripción que detalla toda la información de las circunstancias en que fueron recolectadas: país, departamento, municipio, ubicación específica del hospedero, fecha de recolección y nombre del recolector.

Metodología estadística

La investigación fue de tipo exploratoria, ya que es el modelo estadístico más adecuado para representar la población en la que proceden los datos. El muestreo es no probabilístico, porque estuvo en función de su accesibilidad o criterio personal e intencional de los investigadores. Se midió el efecto de los factores ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitación) con respecto a la población del ácaro. Estos datos fueron analizados con el método de correlación de Pearson, para determinar qué variables tienen correlación; además, un análisis descriptivo, tablas resumen, análisis de regresión lineal simple. Los

resultados obtenidos en campo fueron analizados y tabulados mediante el programa Microsoft Excel® 2019, mientras que las variables establecidas en la investigación fueron procesadas con el programa estadístico SPSS-V25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación taxonómica de los ácaros encontrados

Se encontraron 4 especies de ácaros (Tabla 1), que incluyen a *Brevipalpus californicus* Banks, *Brevipalpus yothersi* Baker (antes *Brevipalpus phoenicis*) que pueden transmitir la enfermedad de la leprosis de los cítricos, siendo el principal vector el ácaro *Brevipalpus yothersi* Baker. Por otro lado, se reportan ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae (*Proprioseiopsis* sp.) y la familia Acaridae (*Suidasia nesbitti* Hughes) que son utilizados en el control biológico de ácaros fitófagos. Además, para fortalecer la investigación se enviaron muestras al Laboratorio de Diagnóstico Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería donde encontraron la especie de *Brevipalpus* sp.

Tabla 1.
Identificación taxonómica de los ácaros.

Familia	Género	Especie	Hospedero
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus</i>	<i>californicus</i> Banks	<i>Citrus reticulata</i>
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus</i>	<i>yothersi</i> Baker	<i>Citrus sinensis</i>
Phytoseiidae	<i>Proprioseiopsis</i>	sp.	<i>Citrus sinensis</i>
Acaridae	<i>Suidasia</i>	<i>nesbitti</i> Hughes	<i>Citrus sinensis</i>

Las identificaciones han sido proporcionadas por acarólogos del Laboratorio de Entomología Sistemática, USDA, y representan un informe final sobre las muestras enviadas con su solicitud de 2020-11-16. El Dr. Ronald Ochoa estudió e identificó un total de 25 ácaros.

Densidad poblacional de ácaros y sus condiciones climáticas

Los registros obtenidos en la estación climatológica (San Andrés), permitieron determinar que los muestreos que presentaron las mayores densidades poblacionales (Tabla 2) de especímenes (huevos y adultos) de ácaros fueron muestreo (1) con una densidad promedio de 3.88 ácaros/muestreo y muestreo (8) de 2.69 huevos/muestreo. Y los muestreos realizados que presentaron las menores densidades poblacionales de ácaros fueron muestreo (2) con una densidad promedio de 1.13 ácaros/muestreo y muestreo (2) con una densidad de 0.56 huevos/muestreo (Figura 4).

Durante el tiempo del estudio se abarcó la época lluviosa y seca del año (octubre 2019 a febrero 2020) y se determinó que existe una mayor densidad poblacional de huevos y ácaros durante la época seca, siendo estable en los muestreos 7 y 8, lo cual concuerda con Ruíz *et al.* (2006), documentando que los ácaros se desarrollaron en clima cálido

Los meses que presentaron un pico promedio de poblaciones altas de ácaro adulto correspondieron a octubre y diciembre de 2019, enero y febrero 2020; los meses que presentan un pico promedio de huevos de ácaros fueron octubre y diciembre de 2019, enero y febrero de 2020 (Figura 5). Según Quirós *et al.* (2011), la fluctuación poblacional de *B. phoenicis*, varía en promedios entre 0,03 y 4,11 ácaros por órgano de la planta. Cuando se presentan picos poblacionales varían de 4 a 8 a lo largo de un año.

Tabla 2.
Densidad poblacional de ácaros en la zona de Los Bajíos, municipio San Juan Opico, La Libertad, El Salvador.

Muestreros	HR (%)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Promedio ácaros/muestreros	Promedio huevos/muestra
1	73.58	25.6	14.29	3.88	2.59
2	79.07	24.4	0.2	1.13	0.56
3	79.07	24.4	0.2	1.47	1.04
4	66.48	24.6	0.1	2.03	1.75
5	66.48	24.6	0.1	1.44	0.84
6	70.38	24.7	0	1.25	1.13
7	70.38	24.7	0	3.72	2.44
8	69.9	25.6	0.1	3.38	2.69

Figura 4.
Población promedio de ácaros y condiciones climáticas registradas en la Finca Los Bajíos, municipio San Juan Opico, La Libertad, El Salvador.

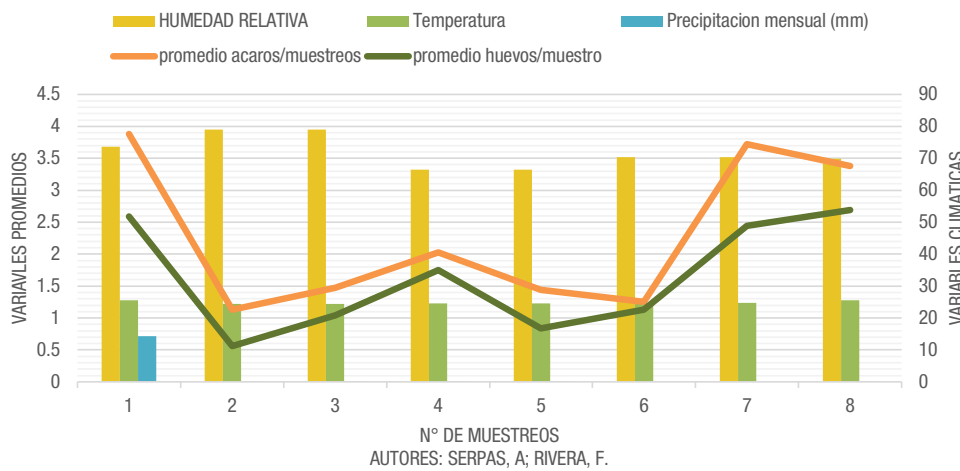
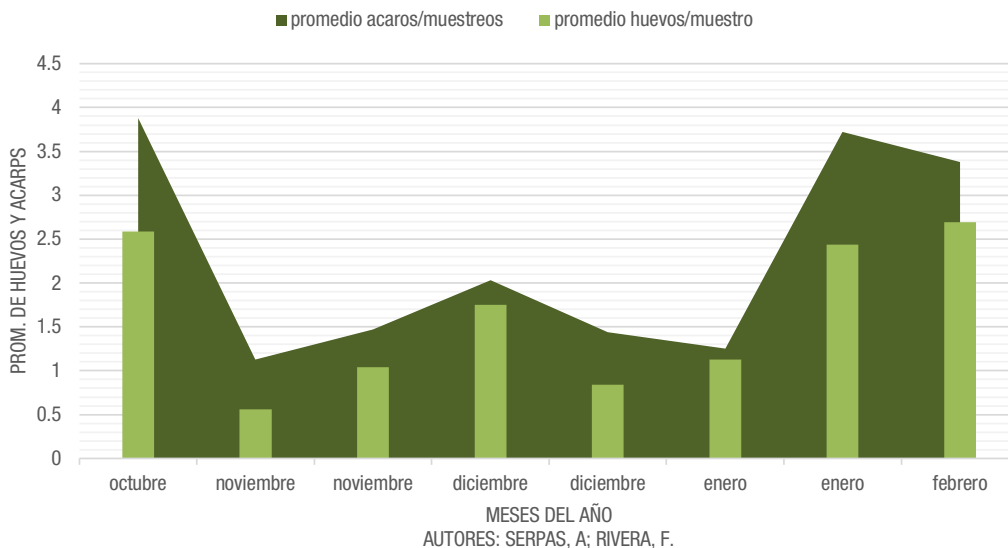


Figura 5.
Población promedio de huevos y ácaros durante los meses de octubre 2019 a noviembre 2020 en la Finca Los Bajíos, municipio San Juan Opico, La Libertad, El Salvador.



Resultados de factores bióticos y abióticos

De acuerdo con los registros obtenidos de la estación climatológica, en el muestreo 1 y 2 se observó que los árboles estaban en temporada de cosecha, y en los muestreos 3 y 4 en estado de senescencia y comienzo del reposo (limpieza y riego), mientras que en el muestreo 5 se encontraron brotes nuevos; en los muestreos 6 y 7

se encontraban en desarrollo de las flores y por último en el muestreo 8 ya presentaban desarrollo del fruto. Con respecto a los factores físicos, durante el muestreo 1 y 8 presentaron la mayor temperatura promedio con 25.6 °C; mientras que durante los muestreos 2 y 3 se registró la mayor humedad relativa promedio con 79.07 % y la mayor precipitación (Tabla 3).

Tabla 3.

Factores biológicos y físicos para la zona de Los Bajíos, municipio de San Juan Opico, La Libertad, El Salvador.

Muestreos	Fenología	HR (%)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
1	Cosecha	73.58	25.6	14.29
2	Cosecha	79.07	24.4	0.2
3	Senescencia y reposo	79.07	24.4	0.2
4	Senescencia y reposo	66.48	24.6	0.1
5	Brotos nuevos	66.48	24.6	0.1
6	Desarrollo de flores	70.38	24.7	0
7	Desarrollo de flores	70.38	24.7	0
8	Desarrollo del fruto	69.9	25.6	0.1

Análisis de correlación de Pearson y regresión lineal simple (Tabla 4). Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, y resultaron altamente significativas las variables promedio de ácaros y promedio de huevos, teniendo una correlación directa. Las variables temperatura junto al promedio de ácaros y huevos, resultaron significativas con una correlación directa. Por tanto, se procede a estimar una ecuación de regresión lineal simple. Se verificó el supuesto de distribución normal con el estadístico kolmogov-smirnov que se cumple con el supuesto de distribución normal de los residuos, porque el p-valor=0.200 mayor que el nivel de significancia del 5 %. Se verificó el supuesto de linealidad con el análisis de varianza, ya que el p-valor de la fuente de variación resultó significativa. Con los supuestos antes descritos se procedió a estimar la ecuación de regresión lineal simple con el método de mínimos cuadrados usando la tabla de coeficientes. Por lo tanto, obtenemos la ecuación de regresión lineal simple que expresa por cada incremento de unidad de postura de huevos de ácaros en "X" aumentará el número de ácaros en 1.323. Según el coeficiente de determinación, el 92.22 % de la variación existente de la producción promedio de ácaros está siendo explicada por la ecuación de regresión. Y el error cuadrático medio, RMSE=0.4654, siendo esta una ecuación de regresión relativamente predictivo.

En el diagrama de dispersión lineal simple se puede visualizar el comportamiento de las variables, donde cada caso aparece representado por la dispersión o nube de puntos definidos por las variables x,y (Figura 6).

El Análisis para las variables promedio de ácaros y

promedios de temperaturas, nos indica que existe una correlación directa entre las variables promedio de ácaros y promedio de temperatura. El coeficiente de correlación de Pearson indica que las variables promedio de ácaros y promedio de temperatura son significativas teniendo una correlación directa. La ecuación de regresión lineal simple con el método de mínimos cuadrados, usando la tabla de coeficientes, da como resultado la ecuación de regresión lineal simple que expresa por cada incremento unitario en la temperatura (°C) en "X" aumentará el número de ácaros en 1.840. El análisis para las variables promedio de huevos y promedios de temperaturas indica que existe una correlación directa entre las variables promedio de huevos y promedio de temperatura.

Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson y resultaron significativas las variables promedio de huevos y promedio de temperatura con una correlación directa según el signo de la correlación. La estimación de la ecuación de regresión lineal simple con el método de mínimos cuadrados usando la tabla de coeficientes da como resultado la siguiente ecuación que expresa por cada incremento unitario en temperatura (°C) en "X" aumentará el número de huevos de ácaros en 1.406. De acuerdo con Hernández *et al.* (2015), en un estudio realizado en Nayarit, México, se evaluó el efecto que tiene la humedad relativa en el crecimiento de los ácaros que son plagas para el cultivo de limón, el objetivo principal fue conocer la fluctuación poblacional del ácaro. La fluctuación poblacional presentó una correlación positiva con temperatura y correlación negativa con humedad relativa, por tanto, esta investigación realizada en San Juan Opico, Finca los Bajíos, La Libertad,

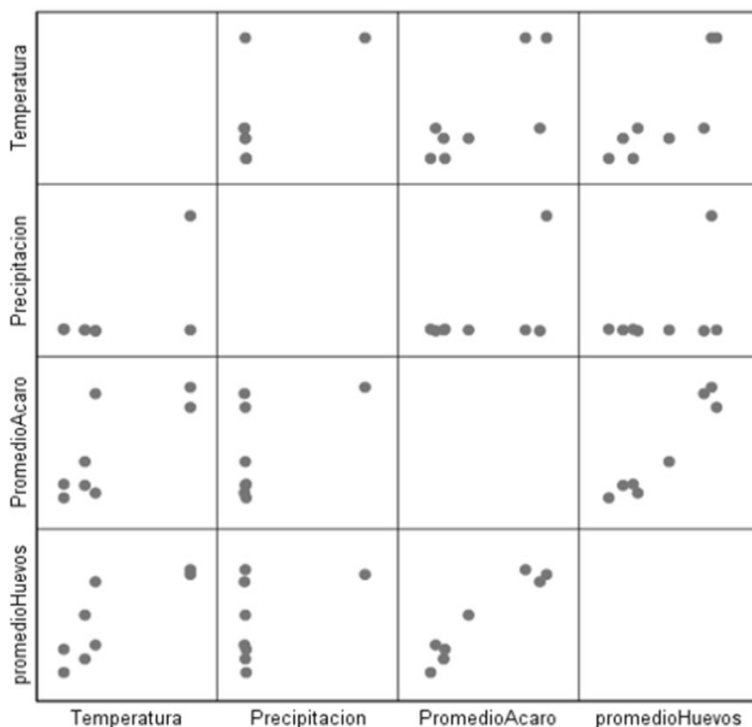
Tabla 4.
Análisis de correlación de Pearson.

		Correlaciones				
		HR	Temperatura	Precipitación	Promedio Ácaro	Promedio Huevos
HR	Correlación de Pearson	1	-.206	.145	-.203	-.312
	Sig. (bilateral)		.625	.732	.630	.452
	N	8	8	8	8	8
Temperatura	Correlación de Pearson	-.206	1	.633	.771*	.812*
	Sig. (bilateral)	.625		.092	.025	.014
	N	8	8	8	8	8
Precipitación	Correlación de Pearson	.145	.633	1	.542	.449
	Sig. (bilateral)	.732	.092		.165	.265
	N	8	8	8	8	8
Promedio Ácaro	Correlación de Pearson	-.203	.771*	.542	1	.960**
	Sig. (bilateral)	.630	.025	.165		.000
	N	8	8	8	8	8
Promedio Huevos	Correlación de Pearson	-.312	.812*	.449	.960**	1
	Sig. (bilateral)	.452	.014	.265	.000	
	N	8	8	8	8	8

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

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Figura 6.
Diagrama de dispersión lineal simple.



El Salvador, contrasta con nuestros resultados en relación a las variables ambientales, que la temperatura presenta una correlación positiva con la población de ácaros.

CONCLUSIONES

Brevipalpus sp., estuvo presente en la Finca los Bajíos durante octubre a febrero y de acuerdo a los estadios del vector se presentó de mayor a menor densidad promedio de ácaro adulto (1° muestreo: 3.88 ácaros/muestreo – 2° muestreo: 1.13 ácaros/muestreo) y de mayor a menor densidad promedio de huevos (8° muestreo: 2.69 huevos/muestreo – 2° muestreo: 0.56 huevos/muestreo).

Existe una mayor densidad poblacional de huevos y ácaros durante la época seca y aumenta a partir del mes de enero a febrero 2020.

Existe una correlación directa entre las variables promedio de ácaros y promedio de huevos.

Existe una correlación directa entre las variables temperatura con el promedio de ácaros y promedio de huevos.

Los ácaros recopilados durante los ocho muestreos pertenecen a las especies: *Brevipalpus californicus* Banks, *Brevipalpus yothersi* Baker, *Propreseiosis* sp. *Suidasia nesbitti* Hughes.

La temperatura influye directamente en la densidad poblacional de ácaros transmisores de la leprosis de los cítricos.

Las especies de Tenuipalpidae que están asociadas a la leprosis de los cítricos en la zona de San Juan Opico, La Libertad, El Salvador, son *Brevipalpus yothersi-californicus*.

Los factores ambientales determinan el desarrollo completo del ciclo biológico de los diferentes estadios de los ácaros transmisores de la leprosis de los cítricos.

Se reporta para El Salvador la presencia del ácaro *Suidasia nesbitti* Hughes.

Propreseiosis spp, es un ácaro depredador de otros ácaros, el cual pudiera tener potencial para controlar las especies de *Brevipalpus* spp.

BIBLIOGRAFÍA

Bayer Crops Science (2008). *Principales especies de Ácaros en los cultivos de cítricos y su control*. Valencia. España. 72p.

CCI (Corporación Colombia Internacional) (2000). *Acuerdo de competitividad de la cadena productiva de los cítricos* (en línea). Instituto Interamericano

de Cooperación para la Agricultura Colombia. Consultado el 5 de marzo del 2019. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0120e/B0120e.pdf>

- Childers, C; Kitajima, E; Welbourn, C; Rivera, C; Ochoa, R. (2001). *Brevipalpus como vectores de la leprosis de los cítricos*. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular. San José, Costa Rica.
- COPEFRUT S.A. (2007). *Revista frutícola* volumen 28. Chile. 48 páginas. COLORAMA S. A. 38p
- Hernández, Z; Flores, C; Isiordia, A; Robles, B; López, G; Sotelo, M. (2015). *Temperatura y humedad relativa en poblaciones de ácaros fitófagos asociados al cultivo de limón (Citrus limon Burm) en Xalisco, Nayarit*. Acarología y Aracnología, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. 14p.
- León, G; Freitas, A; Kitajima, W; Meza, C. (2006). *Detección del virus de la leprosis de los cítricos tipo citoplasmático en los Llanos Orientales de Colombia*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria.
- Ochoa, R; Aguilar, H. (1988). *Brevipalpus Californicus* (Bank) (Acari: Tenuipalpidae) nueva plaga del cardamomo en Costa Rica, Agronomía Costarricense. 2p.
- Quirós, G; Lofego, C; Poleo, N; Petit, Y; Dorado, I; Aponte, O; Ortega, J; González, C. (2011). *Fluctuaciones poblacionales de Brevipalpus phoenicis (Geijskes), ácaros fitoseidos y stigmatididos en Psidium guajava L.* (en línea). Universidad del Zulia, Venezuela. Consultado el 10 de julio del 2019. Disponible en https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_diciembre_2011/v28supl1a2011pv_322.pdf
- Qureshi, J; Stelinski, L; Martini, X; Diepenbrock, M. (2020). *Guía de producción de cítricos de Florida: ácaros de la roya, Arañas rojas y otros ácaros fitófagos* (en línea). Consultado el 1 de julio 2019. Disponible en <https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/production-guide/production-guide-20202021/Rust-Mites.pdf>
- Roy, A; Hartung, JS; Schneider, WL; Shao, J; León, MG; Melzer, MJ; Beard, JJ; Otero, G; Bauchan, GR; Ochoa, R; Brlansky, RH. (2015). *Relaciones complejas entre virus, huéspedes y vectores relacionados con la lepra de los cítricos, una enfermedad emergente*. Fitopatología. Consultado 19 de julio de 2019. Disponible en (<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0375-F1>)
- Ruiz, C; Coronado, B; Myartseva, N. (2006). *Situación actual del manejo de las plagas de los cítricos en Tamaulipas, México*, Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica).
- SENASICA (El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (2019). *Leprosis de*

los Cítricos (en línea). Citrus leprosis virus. Ficha Técnica No. 35, SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) México. Consultado el 4 de marzo del 2020. Disponible en <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Leprosis%20de%20los%20c%C3%ADtricos.pdf>

Tullo, A; Gonzales, S. (2019). *Guía técnica de cultivos de los cítricos* (en línea), JICA (Agencia Japonesa de Cooperación Internacional). Universidad de El Salvador. San Lorenzo Paraguay. (Consultado el 5 de febrero del 2019). Disponible en https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf

Universidad Lasallista. (2012). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización Caldas: Corporación* (en línea). El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y con la participación de Corpoica C.I. La Selva, Itagüí, Colombia. Editorial Artes y Letras S.A.S Consultado el 27 de jun. 2020. Disponible en <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/452/1/citricos.pdf>

Caracterización, servicios ecosistémicos del arbolado y lineamientos generales para la arborización en aceras de la ciudad de San Salvador, El Salvador

Aguilar-Rincán, K.N.

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

Cruz-Cruz, M.E.

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

Salmerón-Rodríguez, N.L.

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

Castaneda-Romero, L.F.

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

Tejada-Asencio, J.M.

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

RESUMEN

La investigación se realizó de octubre 2019 a diciembre de 2020 en el segmento de la calle Rubén Darío, 1.ª calle poniente y la calle Arce, desde la Avenida España y finalizando en la 25 Avenida Norte, en el municipio de San Salvador, El Salvador. Con coordenadas 13°41'54"N 89°11'27"O; 13°42'01"N 89°12'21"O, con un área de 351,000 m² y una elevación media de 711 m s. n. m. El estudio consistió en la caracterización del arbolado, la determinación de los servicios ecosistémicos que estos brindan y la elaboración de lineamientos para la arborización en aceras de áreas urbanas. Para la caracterización, se tomaron parámetros como diámetro a la altura del pecho, altura total, altura y diámetro de copa, presencia de plagas, daños, estado fenológico, entre otros. Para la determinación de los servicios ecosistémicos se utilizó el programa i-Tree Eco®, desarrollado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América (USFS por sus siglas en inglés), el cual permite caracterizar la estructura del bosque urbano, así como cuantificar y valorar los servicios ambientales, esto facilita el procesamiento y análisis de la información de campo, y permite la organización y control del arbolado de un área determinada. Con el análisis socioeconómico y ambiental de la arborización, y los aspectos técnicos y legales del manejo de especies, se elaboraron lineamientos generales que servirán de base para los tomadores de decisiones relacionados con la arborización de aceras en áreas urbanas, para obtener beneficios ambientales, económicos y sociales; a fin de mejorar la capacidad de adaptación y resiliencia de las ciudades. En el área de estudio se encontraron 301 individuos, 21 familias, 34 géneros y 37 especies; entre las cuales *Calophyllum brasiliense* es una de las que presentaron mayor incidencia en aceras con un 82.35 % y *Magnolia champaca* obtuvo mayor problema con el alumbrado eléctrico en 53 %. El secuestro bruto de carbono capturado del arbolado de San Salvador es 6.495 toneladas por año con un valor asociado de USD 1,046.37, y anualmente se producen 17.32 toneladas de oxígeno por año. Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles (el costo de tener que reemplazar un árbol con otro similar), para el arbolado de San Salvador el valor estructural es de USD 548,081.72.

ABSTRACT

The research was carried out from november 2019 to december 2020 in the segment of Rubén Darío Street, 1st Poniente Street and Arce Street, from Spain Avenue and ending at 25 North Avenue, in the municipality of San Salvador, El Salvador. With coordinates 13°41'54"N 89° 11'27"W; 13°42'01"N 89°12'21"W, with an area of 315,000 m² and an average elevation of 711 m s. n. m. The study consisted of the characterization of the trees on the sidewalks, the determination of the ecosystem services that they provide and the elaboration of guidelines for the arborization of sidewalks in urban areas. For the characterization of the trees, height parameters such as diameter at breast height, total height, and crown diameter, presence of pests, damage, phenological status, among others, were taken. To determine the ecosystem services, the i-Tree Eco® program was used, developed by the Forest Service of the United States of America (USFS), which characterizes the structure of the urban forest, as well as quantifies and assess environmental services, facilitating the processing and analysis of field information, allowing the organization and control of trees in a given area. With the socioeconomic and environmental analysis of arborization, technical and legal aspects of species management, general guidelines were developed that will serve as a basis for decision makers related to arborization of sidewalks in urban areas, to obtain environmental, economic and social benefits; improving the adaptability and resilience of cities. In the study area, 301 individuals, 21 families, 34 genera and 37 species were found; Among which *Calophyllum brasiliense* is one of those with the highest incidence on sidewalks with 82.35 % and *Magnolia champaca* had the greatest problem with electric lighting in 53 %. The gross sequestration of carbon captured from the trees of San Salvador is 6,495 tons per year with an associated value of USD 1,046.37, and 17.32 tons of oxygen are produced annually per year. Urban forests have a structural value based on the same trees (the cost of having to replace a tree with a similar one), for the trees of San Salvador the structural value is USD 548,081.72.

Keywords: urban trees, sidewalk trees, i-Tree Eco®, characterization, ecosystem services



ACCESO ABIERTO

Título en inglés:

Characterization, ecosystem services of the trees and general guidelines for the trees on sidewalks of the city of San Salvador, El Salvador

Correspondencia:

luis.castaneda@ues.edu.sv

Presentado:

08 de febrero de 2022

Aceptado:

03 de abril de 2022



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras clave: arbolado urbano, arborización en aceras, i-Tree Eco®, caracterización, servicios ecosistémicos

INTRODUCCIÓN

El bosque urbano está conformado por los árboles y vegetación que se encuentra a lo largo de las aceras de calles, avenidas, parques, jardines, cementerios, derechos de vía y en las zonas cercanas a las ciudades que están bajo la influencia de los habitantes y actividades urbanas (Benavides 1989). La arborización urbana es definida como «el manejo de los árboles para su contribución al bienestar fisiológico, sociológico y económico de la sociedad urbana. Tiene que ver con los bosques, otras agrupaciones menores de árboles y los árboles individuales presentes donde vive la gente». Cuando se habla de plantar árboles en las ciudades, el término más correcto a utilizar es el de «arborización» en espacios públicos y privados: plazas, áreas recreativas, frentes y fondos de escuelas y colegios, casas y centros comerciales, cualquier lugar donde exista espacio suficiente para plantar y cuidar un árbol. En el caso de la reforestación, se realiza en zonas agrícolas o boscosas que han sufrido algún impacto y requieran de ser reforestadas (Barboza 2016).

La emisión de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, por el uso de combustibles fósiles (petróleo con sus derivados), la deforestación y degradación de los suelos, es la principal causa de los cambios en el clima del planeta. Las plantas a través de la fotosíntesis, absorben el CO_2 de la atmósfera y lo fijan como carbono en su biomasa (madera, hojas, ramas y raíces). La permanencia de este carbono en la biomasa vegetal depende del ciclo de vida de las plantas (Andrade y Segura 2008). La vegetación presente en las zonas urbanas puede mitigar la contaminación atmosférica, principalmente del dióxido de carbono (CO_2), ya que gracias al proceso de la fotosíntesis se produce un intercambio gaseoso, donde se captura CO_2 y se libera oxígeno. Las partículas en suspensión contaminantes del aire pueden ser captadas y acumuladas en la superficie de las hojas, tallos y troncos de la vegetación (USFS 2021).

Existen métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de un bosque. El método directo consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa directamente, para luego determinar su peso seco. Una forma de estimar la biomasa, con el método indirecto, es a través de ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre las variables recolectadas en terreno y en inventarios forestales. También, se puede estimar la biomasa a través del volumen del fuste, utilizando la densidad básica para determinar el peso seco y un factor de expansión para encontrar el peso seco total. Un método indirecto para estimar biomasa es por medio del uso de ecuaciones alométricas de la forma $Y=a \cdot X^b$ con transformación logarítmica e incluyen variables de diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de tocón (DAT) y altura total (HT) (Schlegel 2001).

El programa i-Tree® es un software desarrollado por el

Servicio Forestal de los Estados Unidos, que proporciona herramientas de análisis de evaluación de la silvicultura urbana y sus beneficios. Las herramientas de i-Tree® ayudan a las comunidades a fortalecer sus esfuerzos en el manejo forestal y desarrollo urbano sostenible, mediante la cuantificación de la estructura de los árboles de la trama y los servicios ambientales que brindan. Desde el lanzamiento inicial del programa i-Tree® en agosto de 2006, numerosas comunidades, organizaciones sin ánimo de lucro, consultores, voluntarios y estudiantes, han utilizado i-Tree® para informar sobre árboles singulares, barrios, ciudades e incluso los estados o regiones enteras. Este programa permite la comprensión de los servicios de los ecosistemas locales y tangibles que brindan los árboles; los usuarios de i-Tree® pueden vincular las actividades de manejo forestal urbano con la calidad ambiental y calidad de vida del ámbito. El programa permite caracterizar la estructura del bosque urbano, así como cuantificar y valorar los servicios ambientales que provee. Para determinar con precisión la cuantificación y valoración de los servicios ambientales generados por el bosque urbano, es necesaria la realización de inventarios de arbolado, que incluyan su diagnóstico. Existen diversos modelos de i-Tree: Canopy; Design; Hydro; Landscape; Streets; Eco. El modelo i-Tree Eco®, utiliza datos compilados en campo de inventarios totales de árboles o de parcelas asignadas al azar, así como la información de clima y contaminantes atmosféricos, para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee (González 2017).

El objetivo del estudio fue la caracterización y valoración de los servicios ecosistémicos por medio del programa i-Tree Eco® en el área de estudio de la ciudad de San Salvador, El Salvador; y la elaboración de lineamientos generales para el establecimiento y manejo de especies en aceras.

MATERIALES Y METODOS.

Descripción del lugar de estudio

La investigación se realizó en el segmento formado por la calle Rubén Darío, 1.ª calle poniente y la calle Arce, desde la Avenida España y finalizó en la 25 Avenida Norte cerca del parque Cuscatlán, de la ciudad y municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, El Salvador, con coordenadas $13^{\circ}41'54''\text{N}$; $89^{\circ}11'27''\text{O}$; $13^{\circ}42'01''\text{N}$; $89^{\circ}12'21''\text{O}$, en un área de 351,000 m², elevación promedio de 711 m s. n. m., precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual de 22 ° a 27 °C, humedad relativa de 82 % y velocidad del viento de 15 km/h. La zona de vida es Bosque Húmedo Subtropical (bh-ST(c)) (MARN 2015).

Metodología de campo

La caracterización de las especies arbóreas, se inició con un recorrido general por la zona de estudio, con el apoyo del personal de la municipalidad de San Salvador, a fin de conocer las condiciones generales del sitio y las especies existentes, para definir las estrategias de trabajo y los aspectos metodológicos para la recopilación de la información.

Para el registro de la información, se utilizó una hoja de campo en la cual se incluyeron datos morfológicos, fenológicos y dasométricos. Se tomó en cuenta únicamente árboles con diámetro altura del pecho (DAP) mayores o iguales a 5 cm. Las variables evaluadas se describen a continuación:

- Número de referencia y coordenadas geográficas de cada árbol con GPS.
- Identificación taxonómica.
- Dimensiones del árbol: DAP a 1.3 m del suelo, altura total y características de la copa.
- Estado físico: raíz, fuste, copa y fenología.
- Porcentaje de superficie impermeable y copa expuesta a la luz.

f) Afectación de infraestructura: daño en alcantarillas, aceras, techos, tendido eléctrico y viviendas.

g) Aspectos sobre el manejo.

h) Archivo fotográfico.

Determinación de servicios ecosistémicos

La determinación de los servicios ecosistémicos y su valoración en términos económicos, se realizó con el programa i-Tree Eco® del Servicio Forestal de los Estados Unidos, el cual utiliza los datos de campo, información climática y contaminantes atmosféricos, para estimar las características estructurales de la población arbórea y los servicios ecosistémicos que provee.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las especies arbóreas

Composición florística

La composición florística está integrada por 301 individuos, 21 familias, 34 géneros y 37 especies (Tabla 1). El 3 % son especies nativas y el 97 % exóticas.

Tabla 1.
Composición florística del área muestreada

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos
Bignoniaceae	<i>Tabebuia donnell smithii</i>	cortez blanco	4
	<i>Tabebuia rosea</i>	maquilishuat	6
	<i>Tecoma stans</i>	san andrés	3
Fabaceae	<i>Inga punctata</i>	guamita	1
	<i>Andira inermis</i>	almendro de río	3
	<i>Pithecellobium dulce</i>	mangollano	1
	<i>Cassia grandis</i>	carao	1
	<i>Acacia mangium</i>	mangium	1
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	almendro de playa	10
Dilleniaceae	<i>Magnolia champaca</i>	magnolia del himalaya	100
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	veranera	2
Arecaceae	<i>Dyopsis lutescens</i>	palmera egipcia	35
	<i>Brahea salvadorensis</i>	palmera de rancho	1
	<i>Roystonea regia</i>	palmera regia	1
	<i>Cocos nucifera</i>	cocotero	2
	<i>Adonidia merrilli</i>	palmera miami	25
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	barío	17
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	jocote	3
	<i>Mangifera indica</i>	mango	3
	<i>Anacardium occidentale</i>	marañón	1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	nance	1
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	naranja	2
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	caoba	4
Borraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	laurel	10
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	uva de playa	1
Annonaceae	<i>Polyalthia longifolia</i>	polyalta	4
Cupressaceae	<i>Thuja occidentale</i>	tuya	1
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i>	chilindrón	2
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	amate negro	1
	<i>Ficus benjamina</i>	laurel de la india	37
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	caimito	3
Sapindaceae	<i>Blighia sapida</i>	seso vegetal	1
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>	calistemo limpiatubos	2
	<i>Psidium guajava</i>	guayabo	1
	<i>Syzygium cumini</i>	cerezo de belice	3
	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	arrayán	7
Chrysobalanaceae	<i>Couepia poliandra</i>	zapotillo	1
Total de especies			301

La familia con mayor número de individuos es Dileniácea y dentro de esta, *Magnolia champaca* con 100 árboles, entre las familias con solo un árbol encontrado, están: Malpighiaceae, Polygonaceae, Cupressaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae.

Interacción con aceras, postes y tendido eléctrico

Una cantidad significativa de árboles encontrados, están causando algún daño a las aceras y al tendido eléctrico. El 46.18 % causan problemas a cables del tendido eléctrico debido a su tamaño y falta de manejo. Entre las especies que más predominan se encontraron *Magnolia champaca* con 53 árboles, *Calophyllum brasiliense* con 12, *Dyopsis lutescens* con 12 y *Ficus benjamina* con 10. El 13.95 % están dañando las aceras, entre las de mayor predominancia están *Calophyllum brasiliense* con 14, *Tabebuia donnell smithii* y *Swietenia humilis*, ambos con 4, son especies maderables no recomendadas para la arborización en aceras por el tamaño que alcanzan, tanto de sus raíces como del follaje. Entre las especies con menor predominancia, se encuentra *Ficus cotinifolia*, el cual se puede considerar plantarlo, siempre y cuando se le brinde el mantenimiento adecuado de poda para controlar su crecimiento (Tabla 2).

Según Alvarado *et al.* 2014, al decidir plantar un árbol en aceras en zonas urbanas, se debe prestar atención al tipo de raíz, tamaño de los árboles, el origen y si la especie es fructífera o no. En espacios públicos no se debe plantar

especies con frutos pesados, porque pueden causar accidentes a los peatones, dañar los cables eléctricos y el pavimento.

Las raíces de árboles de gran tamaño como *Calophyllum brasiliense* y *Swietenia humilis*, causan el levantamiento de las aceras al dañar su estructura y causan accidentes en los transeúntes que circulan en la zona (Figura 1), también pueden causar averías en las estructuras subterráneas como las tuberías. Son especies maderables no recomendadas para plantarlas en aceras.

Figura 1.

Daño de acera por raíces de *Swietenia humilis* en la calle Rubén Darío.



Los árboles que crecen demasiado y no reciben ningún mantenimiento como *Magnolia champaca*, *Calophyllum brasiliense* y *Ficus benjamina*, interfieren directamente con el tendido eléctrico (Figura 2), y presentan un riesgo para los transeúntes ya que al ser influenciados por el viento, pueden generar cortes de energía.

Tabla 2.
Listado de árboles que interfieren con el tendido eléctrico y aceras

Especie	Cantidad			
	Tendido eléctrico	%	Aceras	%
<i>Ficus benjamina</i>	10	27	3	8.1
<i>Swietenia humilis</i>	4	100	4	100
<i>Ficus cotinifolia</i>	1	100	1	100
<i>Mangifera indica</i>	2	66.66	1	33.33
<i>Calophyllum brasiliense</i>	12	70.58	14	82.35
<i>Syzygium cumini</i>	2	66.66	2	66.66
<i>Coccoloba uvifera</i>	1	100	1	100
<i>Cordia alliodora</i>	2	20	1	10
<i>Pithecellobium dulce</i>	1	100	1	100
<i>Acacia mangium</i>	1	100	1	100
<i>Thevetia peruviana</i>	1	50	1	50
<i>Blighia sapida</i>	1	100	1	100
<i>Couepia polyandra</i>	1	100	1	100
<i>Andira inermis</i>	3	100	2	66.66
<i>Polyalthia longifolia</i>	4	100	1	25
<i>Tabebuia rosea</i>	6	100	3	50
<i>Tabebuia donnell smithii</i>	4	100	4	100
<i>Tecoma stans</i>	2	66.66	0	0
<i>Callistemon citrinus</i>	1	50	0	0
<i>Psidium guajava</i>	1	100	0	0
<i>Citrus sinensis</i>	2	100	0	0
<i>Terminalia catappa</i>	1	10	0	0
<i>Spondias purpurea</i>	1	33.33	0	0
<i>Magnolia champaca</i>	53	53	0	0
<i>Adonidia merrilli</i>	1	100	0	0
<i>Brahea salvadorensis</i>	1	100	0	0
<i>Cocos nucifera</i>	2	100	0	0
<i>Adonidia merrilli</i>	5	20.83	0	0
<i>Roystonea regia</i>	1	100	0	0
<i>Dyopsis lutescens</i>	12	34.28	0	0
Total	139		42	
Porcentaje	46.18		13.95	

Figura 2.
Interferencia con el tendido eléctrico por *Calophyllum brasiliense* calle Rubén Darío



Características fenológicas

El 26.58 % de las especies poseen flores, generan un atractivo visual y mejoran el paisaje. Entre ellas están, *Magnolia champaca* con 61 árboles y *Terminalia catappa* con 5.

El 15.61 % se encuentran con frutos, que pueden ser consumidos por las personas o por animales silvestres. Por ejemplo: *Cocos nucifera* con 2, *Terminalia catappa* con 5 y *Citrus sinensis* con 1 (Tabla 3). Sin embargo, son especies no recomendadas para la arborización en aceras por sus

características fisionómicas y estructurales, como el caso de *Cocos nucifera* por producir frutos pesados que pueden causar accidentes a las personas. Ayma 2021, recomienda no plantar sin ningún tipo de criterio, ya que es necesario seleccionar especies apropiadas para evitar pérdida de tiempo y recursos.

Tabla 3.
Listado de árboles con flores y frutos.

Especies	Cantidad			
	Flores	%	Frutos	%
<i>Cocos nucifera</i>	2	100	2	100
<i>Adonidia merrilli</i>	2	8.33	1	4.16
<i>Terminalia catappa</i>	5	50	5	50
<i>Thevetia peruviana</i>	2	100	1	50
<i>Roystonea regia</i>	1	100	1	100
<i>Syzygium cumini</i>	1	33.33	1	16.66
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	1	14.29	2	28.57
<i>Magnolia champaca</i>	61	61	29	29
<i>Tabebuia rosea</i>	0	0	1	16.66
<i>Ficus benjamina</i>	0	0	1	2.70
<i>Dyopsis lutescens</i>	0	0	1	2.86
<i>Citrus sinensis</i>	0	0	1	50
<i>Brahea salvadorensis</i>	0	0	1	100
<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	17.64	0	0
<i>Bougainvillea glabra</i>	1	50	0	0
<i>Couepia polyandra</i>	1	100	0	0
Total	80		47	
Porcentaje	26.58		15.61	

Servicios ecosistémicos

Características de los árboles

Las especies más comunes son *Magnolia champaca* (33.6 %), *Ficus benjamina* (12.0 %) y *Dyopsis lutescens* (11.6 %). El aumento en la diversidad de los árboles puede minimizar el impacto general o la destrucción por un insecto o enfermedad específica de una especie, pero también puede presentar un riesgo para las plantas nativas, si alguna de las especies exóticas son plantas invasivas con el potencial de ser más competitivas y desplazarlas. Las especies de plantas introducidas, a menudo se caracterizan por su vigor, habilidad de adaptarse, capacidad de reproducción y falta general de enemigos naturales. Dichas habilidades

les permiten desplazar a las plantas nativas y convertirlas en una amenaza para las áreas naturales (USFS 2021).

Cobertura del bosque urbano y área foliar

El bosque urbano de las tres calles de San Salvador tiene 301 árboles, solo el 46 % del área total está ocupado por el área foliar, esto equivale a 1.48 ha; el 54 % restante corresponde al espacio de afluencia vehicular y peatonal; para el porcentaje total de área foliar, solo el 4.22 % es de área verde saludable, debido a que se consideró el espacio de copa faltante y copa muerta en cada especie.

En el arbolado bajo estudio, las especies más dominantes en términos de área de las hojas son *Magnolia champaca*, *Calophyllum brasiliense* y *Swietenia humilis*. Los valores de importancia se calculan como la suma del porcentaje de la población y porcentaje del área de las hojas (USFS 2021).

Eliminación de la contaminación del aire

Se estima que los árboles eliminaron 63.51 libras de la contaminación del aire (ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), material particulado menor a 2.5 micrones ($PM_{2.5}$), y dióxido de sulfuro (SO_2) con un valor asociado de USD 4.69/año.

En 2020, los árboles del área de estudio emitieron aproximadamente 36.64 libras/año de los compuestos orgánicos volátiles (COV) (26.72 libras de isopreno y 9.925 libras de monoterpenos). Las emisiones varían entre las especies con base a las características de las mismas (por ejemplo, algunos géneros como los robles son altos emisores de isopreno) y cantidad de biomasa de las hojas. El 29 % de las emisiones de COV del bosque urbano fueron de *Calophyllum brasiliense* y *Acacia mangium*. Estos COV son sustancias químicas precursoras de la formación de ozono (USFS 2021).

Almacenamiento y secuestro de carbono

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmósfera, capturándolo en el crecimiento nuevo cada año. Esta cantidad anualmente aumenta con el tamaño y la salud de los árboles. El secuestro bruto de los árboles del área de estudio es de 6.495 toneladas con un valor asociado de USD 1,046.37/año. Se calcula que 313 toneladas de carbono (USD 49,825.61) se encuentran almacenadas; de las especies encontradas, *Magnolia champaca* captura y secuestra la mayor cantidad (aproximadamente 78.1 % y 51.1 %, respectivamente).

Producción de oxígeno

El oxígeno anual producido de un árbol está directamente relacionado con la cantidad de carbono secuestrado

por árbol, la cual está vinculada con la acumulación de biomasa. Se calcula que el arbolado en estudio produce 17.32 toneladas de oxígeno al año. Las especies más importantes son *Magnolia champaca* con 8,377,303 kg y *Calophyllum brasiliense* con 1,851,236 kg.

Escurrimiento evitado

Los árboles ayudan a reducir el escurrimiento por 3.28 m³ al año con un valor asociado de USD 7.37 (USFS 2021). El escurrimiento evitado se calculó con base a las condiciones meteorológicas de la localidad de la estación meteorológica de Ilopango interpolada con datos de la estación meteorológica del estado de Tuxtla Gutiérrez (México), ya que ambas presentan características similares en cuanto a temperatura, altura sobre el nivel del mar, precipitación y fauna.

Influencia de los árboles en el uso de la energía eléctrica en los edificios

Según el Servicio Forestal de Estados Unidos (USFS), se calcula que el arbolado reduce los costos relacionados con la energía de los edificios residenciales por USD 961.63 anualmente. Los árboles también brindan USD 326.85 adicional en valor, al reducir la cantidad de carbono liberado por las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles (una reducción de 1.96 toneladas de las emisiones de carbono).

Valores estructurales y funcionales

Los bosques urbanos tienen un valor estructural basado en los mismos árboles (por ejemplo, el costo de tener que reemplazar un árbol por otro similar); también tienen valores funcionales (ya sea positivos o negativos) basados en las funciones que desempeñan los árboles. El valor estructural del bosque urbano tiende a subir cuando aumenta el número y tamaño de los árboles saludables.

Los árboles en estudio de la ciudad de San Salvador, El Salvador, tienen los siguientes valores:

Estructurales

- Carbono almacenado, 313 toneladas/año (USD 49,825.61/año)
- Valores estructurales, USD 548,081.72

Funcionales

- Secuestro de carbono, 6.495 toneladas (USD 1,046.37/año)
- Escurrimiento superficial, 116.2 pies cúbicos/año (USD 7.37/año)
- Eliminación de la contaminación, 28.80 kilogramos/

año (USD 4.69/año)

- Ahorros de energía de edificios, USD 961.63/año (USFS 2021).

Comparación de resultados con otras investigaciones

El valor de un servicio ecosistémico en un área geográfica es específica de un contexto dado y no puede simplemente extrapolarse a otras áreas, por lo que hace difícil las comparaciones entre estudios de otros países (Guarín *et al.* 2015). Por tanto, la comparación entre ciudades debe hacerse con precaución, ya que existen muchas características de una ciudad que afectan la estructura y las funciones del bosque urbano (USFS 2021).

Investigaciones realizadas en Mérida estado de Yucatán, México (De la Concha 2018), utilizando el programa i-tree (Tabla 4) en un área aproximadamente 10 veces más grande, que la de esta investigación, tiene un porcentaje de cobertura arbórea menor y un número de árboles del doble de la cantidad que se analizó en San Salvador, El Salvador, sin embargo, el carbono almacenado y secuestrado, la remoción de contaminantes, la producción de escorrentía y los COV son mucho más altos, ya que en las aceras de San Salvador hay menor cantidad de árboles y bastantes son de porte pequeño y con poca biomasa, lo que puede indicar que el estado de un árbol que se encuentra plantado en un parque es completamente diferente a uno que está en las aceras, siendo afectado negativamente por diversos factores. El valor en la reducción de escorrentía es mucho más alto, ya que se debe considerar que es un parque, por lo tanto, debe existir más superficie permeable que la que hay en una acera en donde el espacio es bastante reducido, debido al pavimento que se encuentra en el suelo.

Lineamientos generales para arborizar aceras:

- Plantar árboles de porte pequeño y follaje disperso, preferiblemente arbustos para las áreas donde este el cableado eléctrico.
- Considerar como mínimo una distancia entre el eje del árbol y la fachada al edificio de 2.5 m.
- Dejar un espacio mínimo 1.50 m para la libre circulación accesible y sin obstáculos.
- Evitar plantar especies anuales o de ciclo corto que mueren o se deterioran rápidamente.
- Al seleccionar las especies para arborizar aceras, se debe elegir un individuo representativo de las características de la especie, planta de aspecto vigoroso y saludable, libre de plagas, enfermedades y libre de daños mecánicos, tallo fuerte y vigoroso capaz de mantenerse por sí solo.

Tabla 4.
Comparación de resultados con otras investigaciones.

Comparación de datos obtenidos en dos investigaciones realizadas utilizando el programa i-Tree®									
Nombre de la investigación	Área	Nº de árboles	Cobertura arbórea %	Carbono almacenado (t)	Carbono secuestrado (t/año)	Remoción de contaminantes (lb/año)	Reducción de escorrentía (m³/año)	Producción de oxígeno (t/año)	Compuestos orgánicos volátiles (lb/año)
Arbolado de 3 calles de San Salvador	351,000 m²	301	46	313	6.5	63.5	3.28	17.3	36.6
Estudio-diagnóstico del arbolado urbano en parques públicos de Mérida, 2018	29,000 m²	675	24.8	356.3	15.6	401.2	447.5	40	145.5

Nota: Fuente: De la Concha (2018).

Recomendaciones para el establecimiento de especies

Transporte:

- Proporcionar protección y soporte al tallo durante el viaje.
- Evitar levantar la planta desde el tallo (para plantas en bolsa o macetas)
- No sobrecargar el vehículo utilizado para el transporte de las plantas.

Plantación:

- Se puede realizar en cualquier época del año, siempre que se cuente con riego.
- Hacer un hoyo de siembra adecuado para que las raíces de la planta no queden muy ajustadas.
- Deben ser plantadas de 2 a 4 pulgadas más altas que la profundidad original.

- Proporcionar un espacio adecuado pensando en cómo será el desarrollo de la especie.

Riego:

- El suelo se debe mantener siempre húmedo en sus capas superficiales, procurando no hacer charcos al regar.
- Se debe hacer cada tres días por semana, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y realizarse en horas frescas del día, ya sea por la mañana o tarde tras la puesta del sol.

Podas:

Realizar las podas a finales del invierno para no intervenir en el crecimiento, debido a que no hay una necesidad de producción de savia y se reduce el riesgo de diseminación de hongos que puede entrar en la zona afectada. Pero es importante tener en cuenta las especies de plantas recomendadas en áreas urbanas (Tabla 5).

Tabla 5.
Listado de especies recomendadas para su plantación en áreas urbanas (aceras).

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Anturio corazón	<i>Anthurium scherzerianum</i> (Figura 3)	Cola de ratón	<i>Piper tuberculatum</i> (Figura 10)
Azalea	<i>Rhododendron indicum</i> (Figura 4)	Coleus	<i>Coleus blumei</i> (Figura 11)
Cabello de ángel	<i>Calliandra calothyrsus</i> (Figura 5)	Corona de cristo	<i>Euphorbia milii var. splendens</i> (Figura 12)
Camarón	<i>Pachystachys lutea</i> (Figura 6)	Corona de reina	<i>Petrea volubilis</i> (Figura 13)
Chamal	<i>Dioon edule</i> (Figura 7)	Crotos	<i>Codiaeum variegatum</i> (Figura 14)
Chichipince	<i>Hamelia patens</i> (Figura 8)	Flor barbona	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (Figura 15)
Clavel	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (Figura 9)	Flor de San José	<i>Allamanda cathartica</i> (Figura 16)

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Florifundio	<i>Brugamsia aurea</i> (Figura 17)	Pacaya	<i>Chamaedorea elegans</i> (Figura 30)
Galatea	<i>Calathea crocata</i> (Figura 18)	Palma tornillo	<i>Pandanus utilis</i> (Figura 31)
Icaco	<i>Chrysobalanus icaco</i> (Figura 19)	Palmera egipcia	<i>Dypsis lutescens</i> (Figura 32)
Ixora	<i>Ixora coccinea</i> (Figura 20)	Palo de agua	<i>Dracaena fragans</i> (Figura 33)
Jazmín del cabo	<i>Gardenia jasminoides</i> (Figura 21)	Petate de caballo	<i>Beaucarnea inermis</i> (Figura 34)
Júpiter	<i>Lagerstroemia indica</i> (Figura 22)	Pie de venado	<i>Bauhinia unguolata</i> (Figura 35)
Lluvia de estrellas	<i>Cuphea hyssopifolia</i> (Figura 23)	Pigmea	<i>Phoenix roebelenii</i> (Figura 36)
Mala madre	<i>Chlorophytum comosum</i> (Figura 24)	Plumero	<i>Cordyline fruticosa</i> (Figura 37)
Malvavisco	<i>Malvaviscus arboreus</i> (Figura 25)	Rapis	<i>Raphis excelsa</i> (Figura 38)
Mano de tigre	<i>Monstera deliciosa</i> (Figura 26)	Teresita	<i>Solanum rantonnetii</i> (Figura 39)
Mirto	<i>Murraya paniculata</i> (Figura 27)	Tuya	<i>Thuja</i> sp. (Figura 40)
Narciso	<i>Nerium oleander</i> (Figura 28)	Veranera	<i>Bougainvillea</i> spp (Figura 41)
Navidad o calanchoes	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> (Figura 29)	Yacarta	<i>Allamanda violacea</i> (Figura 42)

Figura 3.
Anturio corazón (Anthurium scherzerianum).



Figura 6.
Camarón (Pachystachys lutea).



Figura 4.
Azalea (Rhododendron indicum).



Figura 7.
Chamal (Dioon edule).



Figura 5.
Cabello de ángel (Calliandra calothyrsus).



Figura 8.
Chichipince (Hamelia patens).



Figura 9.
Clavel (Hibiscus rosa-sinensis).



Figura 10.
Cola de ratón (Piper tuberculatum).



Figura 11.
Coleus (Coleus blumei).



Figura 12.
Corona de cristo (Euphorbia milii var. splendens).



Figura 13.
Corona de reina (Petrea volubilis).



Figura 14.
Crotos (Codiaeum variegatum).



Figura 15.
Flor barbona (Caesalpinia pulcherrima).



Figura 16.
Flor de San José (Allamanda cathartica).



Figura 17.
Florifundia (Brugamsia aurea).



Figura 18.
Galatea (Calathea crocata).



Figura 19.
Icaco (Chrysobalanus icaco).



Figura 20.
Ixora (Ixora coccinea).



Figura 21.
Jazmín del cabo (*Gardenia jasminoides*).



Figura 22.
Júpiter (*Lagerstroemia indica*).



Figura 23.
Lluvia de estrellas (*Cuphea hyssopifolia*).



Figura 24.
Mala madre (*Chlorophytum comosum*).



Figura 25.
Malvavisco (*Malvaviscus arboreus*).



Figura 26.
Mano de tigre (*Monstera deliciosa*).



Figura 27.
Mirto (*Murraya paniculata*).



Figura 28.
Narciso (*Nerium oleander*).



Figura 29.
Navidad o Calanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana*).



Figura 30.
Pacaya (*Chamaedorea elegans*).



Figura 31.
Palma tornillo (*Pandanus utilis*).



Figura 32.
Palmera egipcia (*Dypsis lutescens*).



Figura 33.
Palo de agua (Dracaena fragans).



Figura 34.
Petate de caballo (Beaucarnea inermis).



Figura 35.
Pie de venado (Bauhinia unguolata).



Figura 36.
Pigmea (Phoenix roebelenii).



Figura 37.
Plumero (Cordyline fruticosa).



Figura 38.
Rapis (Raphis excelsa).



Figura 39.
Teresita (Solanum rantonnetii).



Figura 40.
Tuya (Thuja sp.).



Figura 41.
Veranera (Bougainvillea spp.).



Figura 42.
Yacarta (Allamanda violacea).



CONCLUSIONES.

La especie que presentó más conflicto con las aceras fue *Calophyllum brasiliense*, y con el tendido eléctrico *Magnolia champaca*.

La especie con mayor predominancia en las aceras del área de estudio es *Magnolia champaca*, con un 33.22%.

Los árboles del área de estudio de la Ciudad de San Salvador, El Salvador, emitieron 36.64 libras/año de los compuestos orgánicos volátiles (COV), siendo los más importantes *Calophyllum brasiliense* y *Acacia mangium*.

Magnolia champaca almacena y secuestra la mayor cantidad de carbono debido a que fue la especie con mayor representatividad y por ende con mayor cantidad de biomasa.

La mayoría de las especies encontradas no son recomendadas para plantar en aceras. La arborización realizada en el área de estudio no responde a lineamientos adecuados según características del lugar y de las especies utilizadas.

BIBLIOGRAFÍAS

- Alvarado Ojeda, AJ; Guajardo Becchi, FG; Devia Cartes, SA. (2014). *Manual de plantación de árboles en áreas urbanas* (en línea). Chile. p. 22-65. Consultado 5 nov. 2019. Disponible en https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf
- Andrade, HJ; Segura, M. (2008). *Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca* (en línea). Costa Rica. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en https://www.worldcocoafoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/segura2008b.pdf
- Ayma Romay, AI. (2021). *Guía de selección de especies para el arbolado urbano de Cochabamba*. Consultado 20 may. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/353046096_Guia_de_seleccion_de_especies_para_el_arbolado_urbano_de_Cochabamba_Criterios_de_seleccion_de_especies_basado_en_la_morfologia_de_copas_y_raices
- De la Concha, H. (2018). *Estudio-diagnóstico del arbolado urbano en parques públicos de Mérida*. (en línea). México. Consultado 17 sep. 2021. Disponible en <https://inventario.parque/2018-merida-m/e/x/i/c/o>
- Barboza Guzmán, R. (2016). *Selección de especies para el arbolado urbano a partir del análisis de 10 parques urbanos municipales del cantón de Curridabat* (en línea). Tesis Lic. Manejo de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. UED. Consultado 25 oct. 2019. Disponible en [file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Especies_para_arbolado_urbano_Analisis%20\(2\).pdf](file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Especies_para_arbolado_urbano_Analisis%20(2).pdf)
- Benavides Meza, HM. (1989). *Memorias. Congreso Forestal Mexicano de Bosque urbano: La importancia de su investigación y su correcto manejo* (en línea). México. 27 p. Consultado 26 oct. 2019. Disponible en <file:///E:/tesis%20-%20copia/marco%20teorico/Bosque-Urbano.pdf>
- González Domínguez, CE. (2017). *Taller de Capacitación i-Tree® Eco para México* (en línea). Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal en Mesoamérica. Adaptación de i-Tree Eco a México. Consultado 26 jun. 2020. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/taller-capacitacion-i-tree-eco-mexico/>
- Guarín, A; Hotz, H; Stappert, N; Vargas, S; Dávalos, L; González, LA; Drayer, A; López, S. (2015). *El análisis de servicios ecosistémicos forestales como herramienta para la formulación de políticas nacionales en el Perú* (en línea). Perú. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://www.servicioecosistemicosperu/forestales-serfor>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador) (2015). *Descripción de climas en San Salvador* (en línea). Consultado 17 oct. 2019. Disponible en <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>
- Schlegel, B. (2001). *Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde*. (en línea). In Simposio internacional de medición y monitoreo de la captura de carbón en ecosistemas forestales, Valdivia. Chile. Consultado 15 oct. 2019. Disponible en https://www.uach.cl/procarbono/pdf/docs_publicaciones/schlegel_simposio.pdf
- USFS (United States Forest Service) (2021). *Informe general del análisis del ecosistema Arbolado de San Salvador, efectos y valores del bosque urbano*. Washington, DC, Estados Unidos de América. 40 p.



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