

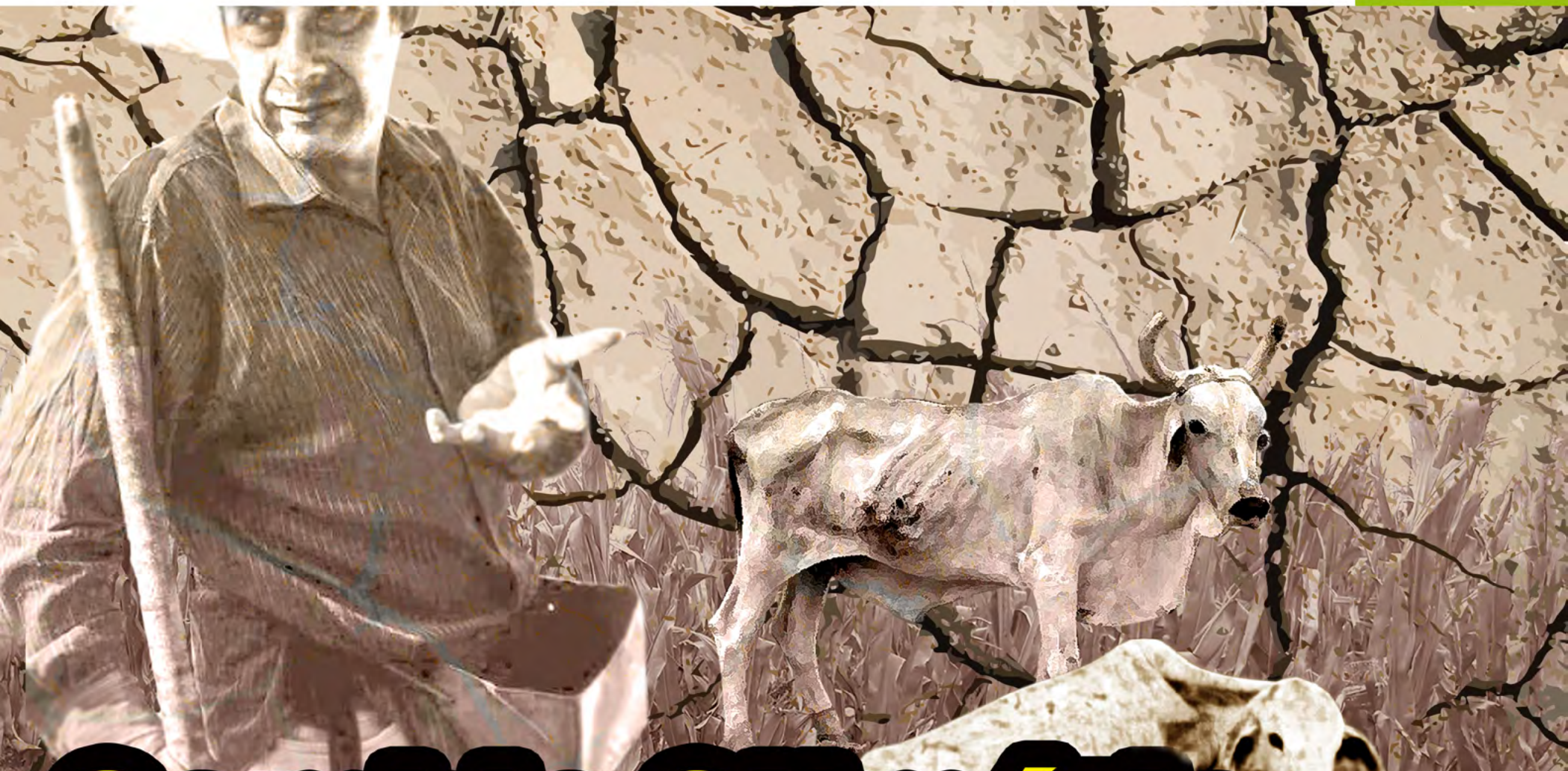


AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año II
No 7



Cambio Climático
Seguridad alimentaria y nutricional



Maestro Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Manuel de Jesús Joya Ábrego
Vicerrector Académico

Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Vicerrector Administrativo

Maestro Cristóbal Hernán Ríos Benitez
Secretario General

Licda. Josefina Sibrián
Presidenta Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
**Secretario de Investigación Científica de la Universidad
de El Salvador (SIC-UES)**
**Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones
Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES)**



Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Decano Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Vicedecano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Luis Fernando Castaneda Romero
Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén
**Jefe de la Unidad de Investigación Facultad de Ciencias
Agronómicas**

Br. Geovany Castillo Salaverría
**Presidente de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**

Br. Luis Urbina Castillo
**Secretario de la Asociación de Estudiantes de la
Facultad de Ciencias Agronómicas (ASECAS)**



Revista Agrociencia, una publicación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.

Agosto - Septiembre 2018

Comité Editorial

Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berrios,
Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Lorena Bonilla de Torres.
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

MVZ. María José Vargas Artiga.
Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Inga. Agr. M.Sc. Blanca Eugenia Torres de Ortiz,
Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ph.D. Lara-Uc Ma. Mónica.
Alumno Posdoctorante Posgrado de Ciencias Marinas y
Costeras de Universidad Autónoma de Baja California Sur
Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja
California Sur, México.

Ing. Agr. Sabas Alberto Argueta Palacios.
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente,
Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El
Salvador.

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

Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Lic. Aisur Ignacio Agudo Padrón.
Gerente Investigador del Proyecto Brasileño Autónomo
“Avulsos Malacológicos - AM, Brasil.

MVZ Rudy Anthony Ramos Sosa.
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Miguel Ángel Hernández Martínez.
Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de
Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén.
Jefe Unidad de Investigación, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas.
Secretario de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
y Director ejecutivo (CIC-UES) Universidad de El Salvador.

Ing. Agr. Rafael Antonio Espino Barahona.
Departamento Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias
Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Carlos Estrada
Director- Editor de la revista Agrociencia, Facultad de
Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Contenido

Caracterización morfoagronómica de cinco variedades de maíz criollo (*Zea mays*) en la zona de San Luis Talpa bajo un manejo orgánico. **Pág. 6**

Evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón /arcilla en la potabilización de agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. **Pág. 20**

Evaluación de la efectividad de la semilla de Teberinto (*Moringa oleífera* Lam.) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano **Pág. 32**

Efecto de probiótico a base de *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp. y *Lactobacillus* sp. en la sobrevivencia y crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei* en la Estación de Maricultura Los Cóbano, Sonsonate. **Pág. 34**



Portada: Imagen del del III Simposio de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES 17-18 de octubre de 2018.

No 7

Año II

Agosto - Septiembre 2018

ISSN 2522-6509

<http://revistas.ues.edu.sv/index.php/agrociencia>

Director- Editor: Carlos Estrada

Correctora de estilo: Yesica Guardado



Inscribete dando click en este botón

Cambio Climático

Seguridad alimentaria y nutricional

III Simposio de investigación científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. 17 y 18 de octubre de 2018.

Ponencias magistrales, presentación de trabajos de investigación científica, exposición de posters y otras actividades.
Lugar: Auditorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
Horario ambas fechas: 8:00 am - 5:00 pm
Entrada gratis



Caracterización morfoagronómica de cinco variedades de maíz criollo (*Zea mays*) en la zona de San Luis Talpa bajo un manejo orgánico

Flores Barahona, E.M.T.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: floresbarahona@hotmail.com

Miranda Vásquez, A.A.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: angel21mv@yahoo.es

Hernández Ramírez, U.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: ulises.hernandezramirez@gmail.com

Parada Berrios, F.A

Docente director

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: faparadaberrios@yahoo.com

Iraheta Villatoro, R.

Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,

Universidad de El Salvador

Correo electrónico: r_irahetavillatoro@yahoo.com

Resumen

El proyecto de investigación Caracterización Morfológica de cinco variedades de maíz criollo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, se realizó durante los meses de agosto 2010 a enero 2011; con el propósito de determinar las características morfológicas que poseen los cinco materiales de maíz criollo: Santa Rosa, Raque, Tizate, Capulín y Catracho. Se realizaron visitas a los productores de la zona del Bajo Lempa junto con la Asociación Mangle, para la recolección de las cinco variedades, las cuales fueron caracterizadas con base a los descriptores de maíz del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y del Trigo), utilizados por CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal).

Las plantas seleccionadas para cada variedad, fueron polinizadas manualmente y analizadas cuantitativa y cualitativamente. Tanto en las mediciones de campo como en las de laboratorio se utilizó estadística descriptiva, basada en valores máximos, mínimos, promedios, desviación estándar, correlación, y coeficiente de variación utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS). Con las curvas de absorción de los principales elementos, se determinaron los puntos críticos de acumulación de N, P, K; la variedad Catracho presentó la mejor asimilación de nutrientes en comparación con las demás variedades.

Morfoagronómicamente la variedad Capulín resultó ser la más homogénea para la variable rendimiento con un coeficiente de variación igual a 9.39%; mientras que para la variable peso de 100 granos, las variedades Tizate y Raque resultaron ser las más homogéneas con coeficientes de variación iguales a 2.16% y 2.74% respectivamente. Con respecto a la variable número de hileras la variedad más homogénea fue Santa Rosa con un coeficiente de variación igual a 2.76%; mientras que la variedad Catracho presentó un bajo coeficiente de variación para la variable diámetro de mazorca igual a 5.27%.

Palabras clave: caracterización, morfoagronómica, homogeneidad, manejo orgánico, variedades, criollas, maíz.

Abstract

The research project Morphological Characterization of five varieties of maize in the Experiment Station and Practices of the College of Agricultural Sciences, University of El Salvador, located in the municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, was conducted during the from August 2010 to January 2011, with the purpose of determining the morphological characteristics that have the five landraces materials: Santa Rosa, Raque, Tizate Capulin and Catracho. Visits were made to producers in the Lower Lempa with the Mangrove Association, for the collection of the five varieties, which were characterized based on the descriptors of maize CIAT (International Center for Tropical Agriculture) and CIMMYT (Centro Internacional Maize and Wheat), used by (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), CENTA.

The selected plants for each variety, were pollinated manually and analyzed quantitatively and qualitatively. Both field measurements in the laboratory as descriptive statistics, based on maximum, minimum, average, standard deviation, correlation, and coefficient of variation using the Statistical Analysis System (SAS). With the absorption curves of the main elements, identified the critical points of accumulation of N, P, K, the variety Catracho presented the better assimilation of nutrients compared to other varieties.

Morfoagronómicamente Capulín variety was the most consistent performance for the variable with a coefficient of variation equal to 9.39%, while for the variable weight of 100 grains, and Raque Tizate varieties were the most homogeneous with coefficients of variation equal to 2.16 % and 2.74% respectively. With respect to the variable number of rows was more homogeneous variety Santa Rosa with a coefficient of variation equal to 2.76%, while the variety Catracho presented a low coefficient of variation for variable ear diameter equal to 5.27%.

Key words: morphoagronomic, characterization, homogeneity, organic management, landraces, corn.

Introducción

Una de las problemáticas en cuanto a la producción de granos básicos es que los productores de maíz en el ámbito nacional no realizan un proceso adecuado de selección de las semillas criollas, no tienen los elementos técnicos para seleccionar las variedades, desconocen los avances de los métodos de mejora genética, así como los métodos de conservación de las semillas nativas para volver a utilizarlas y obtener nuevamente una producción, existiendo un alto grado de contaminación y degeneración genética de los materiales que están siendo propagados, aumentando el grado de heterogeneidad dentro de las variedades, esto debido a la pérdida de su pureza genética, lo que ha generado que las variedades de maíz criollo, produzcan bajos rendimientos en las cosechas de los productores de maíz. (Poehlman, 1987).

Se han evaluado rendimientos de variedades criollas mejoradas y características morfológicas en diferentes zonas a nivel nacional, para que el agricultor elija la variedad de maíz que más le convenga, según la zona donde tenga la parcela, pero dicho trabajo no ha sido suficiente ya que se necesita cubrir muchos lugares donde no ha llegado la asesoría técnica respectiva (Pablo de Rodríguez *et al.*, 2005).

El maíz es uno de los principales alimentos en la familia, al ser producido por gran parte de los agricultores en el ámbito nacional, motiva a seguir generando y transfiriendo tecnologías orientadas a satisfacer las necesidades de los agricultores y consumidores (Guerra y Osorio, 2002).

El alcance de esta investigación será de beneficio para los productores de la zona paracentral de nuestro país, ya que la mayoría de habitantes cultivan maíz.

Al caracterizar cada uno de los cinco materiales de maíz, se identificaran las variedades más homogéneas, además de determinar las curvas de absorción de nutrientes para cada una de las variedades en estudio y recomendar a los agricultores la más homogénea identificada en la investigación para seguir el proceso de purificación, utilizando el método de selección masal.

Materiales y Métodos

Se realizó la caracterización morfológica de cinco variedades de maíz criollo durante el periodo del 10 de agosto de 2010 hasta 20 de enero de 2011, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Material experimental

El germoplasma evaluado fue conformado por las siguientes variedades: Santa Rosa, Raque, Catracho, Capulín y Tizate, estos fueron recolectados en la zona del Bajo Lempa, municipio de Jiquilisco, departamento de Usulután, en coordinación con la Asociación Mangle.

Se entrevistaron a los agricultores que se dedican a la siembra de semillas criollas, en conjunto con los técnicos de la Asociación Mangle para determinar el origen, utilidad y beneficios de cada variedad. Las coordenadas de ubicación para la variedad Raque y Capulín son, LN 13°20'02" y LO 88°42'0" localizado en la comunidad Zamorano, cuyo donante fue el agricultor Eusebio Ortiz Luna, y la variedad Santa Rosa, Tizate y Catracho, se recolectaron en la comunidad La Canoa, siendo el donador el agricultor Gerardo Rubio Núñez, cuya latitud norte corresponde a 13°18'08" y la latitud oeste 88°45'02".

Herramientas para la caracterización

Las cinco variedades de maíz en estudio se caracterizaron con base a los descriptores de maíz del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y del Trigo), tomando las variables cuantitativas y cualitativas, para las primeras, se utilizaron los siguientes aparatos: pie de rey, balanza semi analítica, regla de medir (30cm), cinta métrica (3m) y el integrador del área foliar (L1-3100, Licor), mientras que para las cualitativas se utilizó las Tablas Munsell.

Además se utilizó estadística descriptiva basada en valores máximos, mínimos, promedios, coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de variación y desviación estándar, para determinar el grado de homogeneidad de las variedades en estudio.

Metodología de campo

Establecimiento de la parcela de investigación

Para el establecimiento de la parcela se procedió a la toma de muestras de suelo y abono orgánico (bocashi), las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelo del CENTA, con lo que se determinaron las propiedades físico-químicas del mismo, criterio que fue utilizado para la formulación de la dosis de fertilizante a aplicar (3 onzas por planta), posteriormente se delimitó el área de siembra.

Elaboración de bocashi

La fertilización del maíz se realizó de forma orgánica, aplicando al suelo abono tipo bocashi, la elaboración del mismo se realizó con ayuda de los agricultores de la zona durante una jornada de intercambio de experiencias planificada en la Estación Experimental y de Prácticas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Siembra de las variedades de maíz criollo

En cada una de las variedades se realizó un tratamiento previo a la semilla, para repeler insectos a base de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss).

Cada surco tenía una longitud de 60 m lineales y dos surcos por variedad hacían un total de 480 posturas, a un distanciamiento entre surco de 0.60 m y 0.3 m entre planta, de las cuales se hizo una selección para la toma de datos, se obtuvieron un total de 333 posturas por cada una de las variedades sembradas.

Manejo Agronómico del cultivo de maíz

Dentro de las actividades tradicionales para el manejo del cultivo de maíz se realizaron las siguientes:

Control de malezas

Se realizaron controles de malezas de forma manual, la primera limpieza se realizó a los 8 días después de la siembra, la segunda a los 21 días y la tercera a los 45 días.

Fertilización

Se aplicó un foliar orgánico, elaborado en la Estación Experimental y de Prácticas, la aplicación fue de 200 cc de foliar, diluidos en una bomba de 5 galones de agua. Se aplicó una fertilización al suelo un día antes de la siembra, de manera incorporada con bocashi, tomando como parámetro el análisis de suelo realizado antes de la siembra, la segunda fertilización se realizó a los 15 días y la tercera a los 45 días después de establecido el cultivo.

Control de plagas

El control de plagas se concentra en los insectos comunes que atacan al cultivo de maíz, realizándolo a los 20 días después de la siembra, y ya que la plantación presentó problemas por la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó un control manual sobre la plantación durante dos semanas, aplicando tierra sobre el cogollo de la planta.

Además se aplicó ceniza para controlar el “gusano tierrero” (*Spodoptera ornithogalli*).

Riego

Esta actividad se inició a los 43 días después de la siembra; el método utilizado fue por aspersión, con intervalos de 5 días, totalizando tres aplicaciones.

Etapa reproductiva

Consistió en seleccionar las plantas a polinizar y cubrir la flor femenina de cada planta antes de emerger los estigmas en los jilotes. Se utilizaron bolsas de glisina para el control de la polinización. La polinización se presentó en el periodo de dos a tres días después de tapado el jilote; para la recolección de polen se utilizó bolsa de papel kraft recolectando el polen de varias plantas de la misma variedad, la aplicación de polen consistió en depositarlo sobre los estigmas y luego cubrirlos nuevamente, esta actividad se realizó entre las siete y las nueve de la mañana. Las bolsas de glisina se retiraron una semana después de realizada la polinización y se marcaron las plantas con identificadores de colores, para facilitar la toma de datos hasta finalizar el estudio (Fig.1).



Figura 1. a) Identificación de la flor masculina, b) Flor masculina en emisión de polen. c) y d) Selección y tapado de la flor femenina, e) Recolección de polen, f) Polen depositado sobre la flor femenina.

Toma de datos

Fase vegetativa

- a) Días a germinación. Comprende los días transcurridos desde la siembra hasta la emisión de raíces, por lo que se utilizó la prueba de germinación entre papel, colocando 20 semillas por cada variedad.
- b) Días a emergencia. Comprende los días desde la siembra hasta la emergencia del coleóptilo en la superficie del suelo.
- c) Color predominante del coleóptilo. Se realizó comparando el color del coleóptilo del grano con la tabla Munsell, estableciendo un código para el color de cada una de las variedades evaluadas.
- d) Longitud del coleóptilo. Se realizó en las plántulas utilizando una regla. La unidad de medida que se utilizó fue en centímetros.
- e) Altura de la planta. La toma se realizó durante la emergencia de la planta hasta la pre-floración, y comprende desde el suelo hasta la base de la espiga, la unidad de medida fue en centímetros.
- f) Diámetro del tallo. La toma también comprende desde la emergencia de la planta hasta la prefloración, la unidad de medida fue en centímetros
- g) Número de hojas por planta. Se contabilizaron visualmente en cada planta muestreada, después de la floración.
- h) Ancho de hoja. La toma también comprende desde la emergencia de la planta hasta la prefloración y consiste en medir en el punto medio de su longitud.

Fase de floración

- a) Días hasta anthesis masculina. Para esta variable se considerando el tiempo desde la siembra hasta la emisión del polen con el 50% de las plantas.
- b) Días hasta anthesis femenina. Se tomaron considerando el tiempo transcurrido desde la siembra del cultivo, hasta que la planta presentó filamentos o cabellos jóvenes visibles, por lo menos el 50% de las plantas.
- c) Color predominante de las anteras. Se realizó utilizando la tabla Munsell, tomando las flores estaminadas.
- d) Color predominante de las glumas. Se utilizó la tabla Munsell, tomando las flores estaminadas de la planta.
- e) Color predominante del estigma. Utilizando la tabla Munsell, se determinó el código.

- f) Altura de la planta. Este dato se obtuvo utilizando una cinta métrica y se consideró desde el suelo hasta la base de la espiga.
- g) Altura de la mazorca. Dicha variable se tomó desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta.
- h) Longitud de la lámina foliar. Se tomó desde el nudo de origen de la hoja, utilizando cinta métrica.
- i) Ancho de la lámina foliar. Se midió la parte media de las hojas, utilizando cinta métrica.
- j) Área de la lámina foliar. Se realizó un muestreo destructivo, en el cual se cortaron todas las hojas de una muestra de plantas y se introdujeron en el Integrador de Área Foliar, para determinar el área promedio de cada variedad.
- k) Longitud del pedúnculo de la panoja. Se midió la panícula desde la base de la espiga hasta el comienzo de la primera ramificación de la panoja, utilizando cinta métrica.
- l) Número de ramificaciones secundarias de la panoja. Se contabilizaron los ejes de la panoja que poseían ramificaciones dobles en forma visual.
- m) Tipo de espiga. Se identificaron visualmente si eran primarias, secundarias o terciarias según la figura descrita en el descriptor CIMMYT (1991).
- n) Longitud de la panoja. se midió con cinta métrica desde la base del pedúnculo de la panoja hasta el final del eje central de la panoja, y se toma en cuenta ya que es un factor altamente heredable en el maíz, y es determinante para la producción de polen influyendo directamente en el llenado de granos en la mazorca.
- o) Número total de hojas por planta. Se contabilizaron visualmente las hojas de las cincuenta plantas muestreadas.
- p) Ancho de la hoja. Se utilizó cinta métrica, medición del punto medio de su longitud.
- q) Orientación de las hojas. Visualmente se identificó la posición de las hojas con respecto a la planta.
- r) Número de hojas arriba de la mazorca más alta. Se contabilizaron todas las hojas que estaban arriba de la mazorca más alta.
- s) Días hasta la senescencia de la hoja. Se contabilizaron los días desde la emergencia de la planta hasta el secado del 50% de las mazorcas.

t) Color del tallo. Se realizó utilizando la tabla Munsell, tomando las 50 plantas muestreadas.

u) Pubescencia de la vaina foliar. Se realizó de forma visual al momento de la floración, identificando si era escasa, intermedia o densa.

Fase de cosecha

a) Número de brácteas por mazorca. En forma manual se procedió al conteo de las brácteas por variedad en estudio.

b) Longitud del pedúnculo de la mazorca. Se realizó utilizando cinta métrica, desde la base de la mazorca hasta la yema axilar de la planta.

c) Forma de la mazorca. Se realizó tomando como referencia el descriptor del CIMMYT (1991).

d) Diámetro de la mazorca. Se realizó utilizando un pie de rey, midiendo la parte central de la mazorca.

e) Longitud de la mazorca. Se midió con regla desde la base del pedúnculo hasta el ápice de la mazorca.

f) Índice de prolificidad. Se realizó dividiendo el número total de las mazorcas entre el número total de mazorcas más las 50 plantas muestreadas.

g) Índice de prolificidad =
$$\frac{\text{N}^\circ \text{ total mazorcas}}{\text{N}^\circ \text{ total plantas (más de 20 plantas)}}$$

h) Diámetro del raquis. Se realizó utilizando pie de rey, la unidad de medida es en milímetros, midiendo la parte central más blanda del olote.

i) Color del olote. Se definió de forma visual en las 50 plantas muestreadas.

j) Diámetro del olote. Se utilizó pie de rey, las unidades de medida es en milímetros, midiendo la parte central del olote abarcando el marlo y el raquis.

k) Disposición de hileras de granos. Según las ilustraciones del descriptor CIMMYT (1991).

l) Número de hileras por mazorca. Se hizo un conteo de forma manual.

m) Número de granos por hilera. Se contabilizaron en forma directa desde la base hasta el ápice de la mazorca.

n) Longitud del grano. Se realizó con el pie de rey, de un extremo a otro, la unidad de medida fue en milímetros.

o) Ancho del grano. Se realizó utilizando pie de rey, las unidades de medida fue en milímetros.

p) Grosor del grano. Se utilizó el pie de rey, las unidades de medida es en milímetros, midiendo el espesor del grano.

q) Forma de superficie del grano. Se realizó de forma visual, según el descriptor CIMMYT (1991).

r) Color del pericarpio. Se realizó de forma visual observando la pared que envuelve la semilla.

s) Color de la aleurona. De forma visual, se determinó el color en el interior de la semilla.

t) Color del endosperma. Se realizó en forma visual determinando el tejido de reserva de la semilla.

u) Color del grano. De forma visual, se identificó de cada variedad.

v) Peso de 100 granos. Se utilizó una balanza semianalítica y la unidad de medida gramos.

w) Tipo de grano. Se realizó al tacto, identificando las texturas de las semillas de las variedades en estudio.

x) Rendimiento. El rendimiento se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \left[\frac{\text{Peso maíz desgranado (lb)}}{\text{Número de mazorcas desgranadas}} \right] * \text{n}^\circ \text{ de plantas por mz}$$

Resultados y Discusión

Las variables más representativas según los descriptores del CIMMYT y CIAT utilizados por CENTA, para caracterizar este tipo de materiales, se describen a continuación.

Altura de la planta. En la etapa de floración, la variedad que mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fue Santa Rosa con 1.75, 2.5 y 2.12 metros respectivamente, mientras que la variedad Tizate presentó los menores valores de mínimo, máximo y promedio con 1.3, 1.8 y 1.77 metros respectivamente. Pablo de Rodríguez, *et al.* (2005), evaluó en San José Cortes, Ciudad Delgado la variedad Capulín y obtuvo a los 60 días una altura promedio de 1.8m, y en lugar Sitio del Niño, municipio de San Juan Opico evaluó la variedad Santa Rosa, esta presentó a los 75 días una altura

promedio de 2.0m como mínimo y 2.5m como máximo, también evaluó la variedad Catracho en La Virgen, San Cristóbal, la cual presentó una altura mínima de 2.5m y una máxima de 3.0m a los 75 días, obteniendo similares resultados en este trabajo.

Según CORDES (2005), la variedad Capulín, presentó una altura de 2.69m, mientras que la variedad Raque presentó alturas de hasta 3.12m; en esta investigación los resultados promedio fueron de 2.05m.

En otros estudios, realizados por CENTA (2011), determinaron que la altura máxima de Santa Rosa mejorada fue de 2.5m, obteniendo alturas más bajas en esta investigación, ya que comprenden desde 1.75m y 2.5m. Estos resultados poseen ciertas diferencias con los obtenidos en este trabajo, que puede deberse en gran parte a la deficiencia de agua que se obtuvo durante la etapa de floración del cultivo ya que la precipitación no alcanzó los requerimientos de 700 mm (SNET, 2010) para un buen crecimiento y desarrollo de la planta; además de la variabilidad que pueda presentar la semilla, producto del grado de selección y conservación que se haya realizado por parte de los agricultores; ya que Luchsinger A y Camilo E, (2008), mencionan que la altura de la planta de maíz se ve afectada por las condiciones ambientales y del genotipo. Además según Alas Castro, (2005), menciona que el maíz, por ser de polinización cruzada presenta cierto grado de contaminación, lo que genera una segregación muy alta con el paso del tiempo.

Según sea el destino, muchas personas prefieren plantaciones altas, para la producción de forrajes y para el consumo por animales; por otra parte se tiene que considerar que para la producción de granos, las variedades criollas presentan grandes alturas debido a que son características genéticas de las plantas y por prácticas culturales de fertilización con base a productos con altas concentraciones de nitrógeno (Fuentes López, 1990). Por otra parte la mayoría de productores del Bajo Lempa, prefiere plantaciones con alturas promedio de 2.5m y menores a 3m ya que según ellos las milpas que presentan plantas demasiado altas son susceptibles al acame y las siembras con plantas muy bajas presentan problemas por la humedad de las malezas, además una plantación relativamente grande produce mazorcas de buen tamaño.

Diámetro de mazorca. Las variedades Capulín y Tizate mostraron los mejores valores de mínimo, máximo y promedio con 4.2 cm, 4.9 cm y 4.7 cm respectivamente, mientras que la variedad Catracho presentó los menores

valores con 3.2 cm, 4.6 cm y 4.4 cm respectivamente.

El diámetro de mazorca presentó cierta variación, lo cual podría deberse a la genética de la planta madre (Shenk, *et al.*, 1983). Además existen otros factores que pueden intervenir, como la disponibilidad de agua, ya que según FENALACE (2008) los mayores requerimientos de agua se presentan durante la germinación, la floración y el llenado de granos con valores medios que van de 4,8 a 5,4 mm/día; sin embargo, es muy importante que haya suficiente disponibilidad de agua en el suelo durante todo el ciclo de vida del cultivo, para que se cumplan a cabalidad los procesos fisiológicos. Además el maíz no tolera encharcamientos prolongados pues el estrés hídrico disminuye la longitud de las etapas reproductivas y por lo tanto, el rendimiento.

Número de hileras. La variedad que mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fue Santa Rosa con 10, 18 y 16 hileras respectivamente, mientras que la variedad Catracho presentó los menores valores con 8, 12 y 10 hileras respectivamente.

Según CENTA (2010), los híbridos Platino y Oro blanco presentaron entre 15 y 14 hileras por mazorca en promedio respectivamente, mientras que los maíces criollos evaluados, Catracho y Raque son los que poseen menor número de hileras en promedio con 10 y 12 respectivamente, en comparación con Tizate, Capulín y Santa Rosa que alcanzaron como datos promedio entre 14 los dos primeros y 16 el último mencionado, es decir que no hay diferencias marcadas de los criollos con los híbridos en cuanto al número de hileras por mazorca.

Según Fuentes López (1990), el número de hileras de una mazorca está definido por las características genotípicas, siendo un número que difiere según la planta, puede ir de 6 a 14 hileras por mazorca.

Las variedades Capulín, Catracho y Santa Rosa las mejores correlaciones con valores de $r=0.11$, $r=0.04$ y $r=0.06$ respectivamente con respecto a las variables número de hileras y diámetro de mazorca, lo que indica que a mayor diámetro, mayor número de hileras; además según FAO (1993), el número de granos está determinado por el número de hileras y el número de granos por hilera de la mazorca, también señala que los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1,000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca.

Peso de grano. Según el descriptor de maíz del CIMMYT (1991), constituye un dato de suma importancia para la investigación y caracterización de los materiales. Las variedades que mostraron los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fueron: Santa Rosa con 32.2g, 37.2g y 35.1g respectivamente y Catracho con 31.5g, 36.4g y 34.1g respectivamente, mientras que la variedad Raque obtuvo los menores valores con 19.8 g, 42.64g y 20.8g respectivamente. Para los agricultores el peso es muy importante, ya que ellos cultivan estas variedades porque tienen la característica de ser maíces de granos pesados, lo que favorecido en la ventas. Algunos investigadores como Alas Castro, S. (2005), mencionan que los materiales de maíz criollo presentan alto contenido de carbohidratos y almidones lo cual hace que el peso sea mayor en comparación a las variedades híbridas; aunque esta teoría no ha sido respaldada por otros autores. El peso de los granos se define por la dureza y la cantidad de almidón presente, es así como la herencia tiene mucha influencia en el peso del grano, que no siempre es proporcional al peso, ya que en el caso de la variedad Santa Rosa posee granos de tamaño medio y sobrepasa el promedio del peso en comparación a otros maíces, igualmente la variedad Tizate, presentó granos de gran tamaño pero el peso es menor a las variedades Santa Rosa y Catracho. Alas Castro, (2005), menciona que los maíces tienen cualidades del grano muy característicos, por lo que es necesario iniciar el proceso de mejoramiento y así lograr una variedad homogénea con características deseables.

Rendimiento. La variedad Santa Rosa mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio con 48.36qq/mz, 68.27qq/mz y 56.89qq/mz respectivamente, seguido de la variedad Capulín con valores de 28.31qq/mz, 39.96qq/mz y 33.3qq/mz respectivamente, Catracho con 55qq/mz, 51.6qq/mz y 43qq/mz respectivamente, Tizate con 26.83qq/mz, 37.87qq/mz y 31.56qq/mz respectivamente y finalmente la variedad Raque con los siguientes valores de 30.2qq/mz, 36qq/mz y 35.53qq/mz respectivamente; según investigaciones del CENTA (2011), el potencial de rendimiento de Santa Rosa mejorada oscila entre los 60qq/mz, mientras que en esta investigación se obtuvieron rangos de rendimiento de 56.89 qq/mz en promedio, cabe mencionar que el lote donde se establecieron las variedades en estudio se ha estado trabajando bajo un manejo orgánico, ya que en el análisis químico realizado en CENTA, se obtuvo 2.47 % de materia orgánica. Pablo de Rodríguez, *et al.* (2005) indica que el rendimiento promedio alcanzado de la variedad Santa Rosa en San Juan Opico, San Pablo Tacachico y San Cristóbal, fue de 60-70qq/mz, para la variedad Catracho fue en promedio de

50-60 qq/mz en la zona de la Virgen, San Cristóbal, mientras que para las variedades Capulín y Raque se obtuvieron 48qq/mz en la zona de San José Cortez, Ciudad Delgado y San Juan Opico.

Al determinar el grado de correlación entre el número de hileras y rendimiento se obtuvo los siguientes valores para las variedades: Catracho $r=0.16$, Capulín $r=0.24$, Raque $r=0.80$; mientras que para las variedades Santa Rosa y Tizate fueron negativas las correlaciones. Por lo que, para las variedades Catracho y Capulín indica que a mayor número de hileras de grano se obtienen mayores rendimientos en forma proporcional. Además se tiene una correlación positiva, para las variables peso de granos y rendimiento, obteniendo los siguientes valores: para la variedad Catracho $r=0.33$, Santa Rosa de $r=0.03$ y Tizate $r=0.13$, lo que indica que la relación peso de grano es directamente proporcional al rendimiento de cada una de las variedades evaluadas, entre mayor sea el peso, se obtendrán mayores rendimientos, mientras que para las variedades Capulín y Raque las correlaciones fueron negativas.

Para las variables rendimiento y diámetro de mazorca las mejores correlaciones las mostraron las variedades Catracho y Santa con valores igual a $r=0.14$, $r=0.13$ respectivamente, lo que indica que a mayor diámetro de mazorca, mayor rendimiento; no así para las variedades Tizate, Capulín y Raque, cuyas correlaciones fueron negativas.

Probablemente los resultados obtenidos en esta investigación no alcanzaron los rendimientos descritos por otros autores, debido a la falta de lluvias; ya que según FAO (2001), un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida. En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo y sólo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo cual significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1.000 gramos de agua por cada gramo de grano producido. Cabe mencionar que la falta de lluvias durante la etapa de floración del cultivo y la disminución de horas luz necesarias para un buen llenado de grano de la mazorca, son factores que afectaron en gran medida los rendimientos esperados.

Curvas de absorción

Con las curvas de absorción de nutrientes establecidas para cada variedad de maíz se determinaron los puntos críticos de acumulación de los principales elementos N, P y K para cada variedad según el ciclo fenológico. La variedad Catracho presentó la mejor asimilación de nutrientes en comparación con las demás variedades, ya que el porcentaje de acumulación es mayor y la

asimilación ocurrió en momentos óptimos del cultivo, con los siguientes porcentajes de elementos absorbidos: nitrógeno 50%, 30 días después de la siembra; fósforo 25%, a los 45 días después de la siembra, y potasio 55% días después de la siembra (Fig. 2). Es importante mencionar que algunos cultivos necesitan fechas óptimas de fertilización, ya que de ello depende la mayor absorción que la planta pueda tener y afecta directamente en el rendimiento.

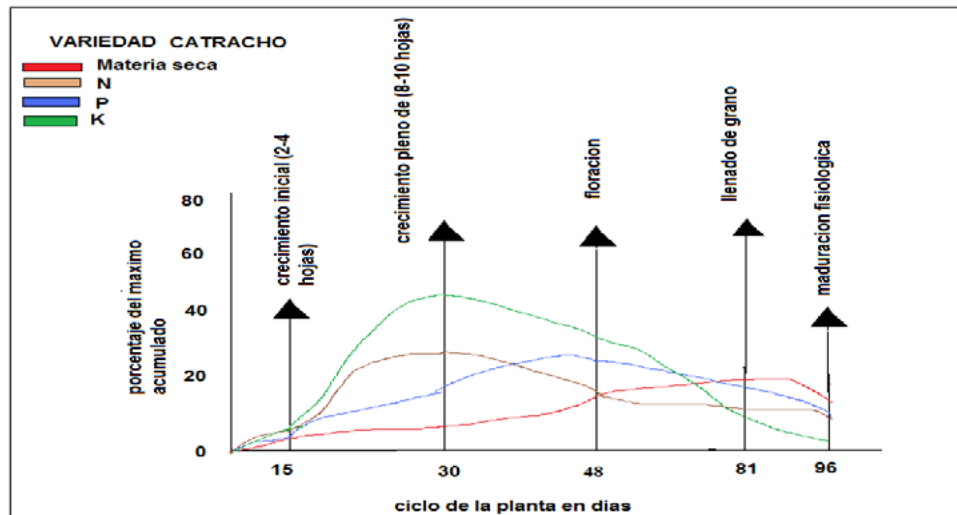


Figura 2. Gráfico de absorción y acumulación de nutrientes de la variedad Catracho.

Porcentaje de homogeneidad

Para determinar el grado de variación de las variables más representativas se utilizó el coeficiente de variación con los valores que se presentan en el cuadro 1.

Los índices de variabilidad se establecen con base al número de variables y se determinó que la mayoría de variables evaluadas presentaron grandes índices de variabilidad.

Para las variables rendimiento, peso de grano, diámetro de mazorca y número de hileras como las principales características a evaluar según CENTA (2010), se obtuvo que la variedad Capulín presentó el coeficiente de variación más bajo para la variable rendimiento en comparación con las demás, con 9.39%, es decir que es la variedad más homogénea con respecto a los datos promedio de rendimiento; mientras que para la variable peso de grano, las variedades con el coeficiente de variación más bajo son: Tizate

y Raque con 2.16% y 2.74% respectivamente, indicando que son las más homogéneas en cuanto a esta variable. Para el número de hileras se obtuvo que la variedad Santa Rosa presentó el coeficiente de variación más bajo de 2.76%, obteniendo la mayor homogeneidad en comparación con las demás en cuanto a esta variable. Para la variable diámetro de la mazorca, las variedades con el coeficiente de variación más bajo son Capulín y Catracho con 5.03% y 5.27% respectivamente, siendo estas las más homogéneas con respecto al promedio del diámetro de mazorcas.

Cuadro 1. Coeficiente de variación de los materiales de maíz criollo evaluados.

Variables Variedades de maíz criollo	Coeficiente de variación (%)			
	Rendimiento	Peso 100 granos	Número de hileras	Diámetro de la mazorca
Tizate	12.25	2.16	5.58	10.66
Catracho	13.64	3.05	7.69	5.27
Santa Rosa	17.88	5.36	2.76	6.05
Raque	38.06	2.74	16.27	13.06
Capulín	9.39	3.34	5.17	5.03

Conclusiones

Con la caracterización morfoagronómica realizada a los cinco materiales de maíz criollo, se determinó que la variedad más homogénea para la variable rendimiento fue Capulín, ya que presentó el más bajo coeficiente de variación igual a 9.39%; mientras que para la variable peso de 100 granos, las variedades Tizate y Raque resultaron ser las más homogéneas con coeficientes de variación iguales a 2.16% y 2.74% respectivamente. Con respecto a la variable número de hileras, la variedad más homogénea fue Santa Rosa con un coeficiente de variación igual a 2.76%; mientras que la variedad Catracho presentó un bajo coeficiente de variación para la variable diámetro de mazorca igual a 5.27%.

Con respecto a las correlaciones, la variedad Catracho fue la que presentó los mejores valores, siendo estos los siguientes: para la variables diámetro de mazorca y número de hileras con un valor $r=0.04$, para diámetro de mazorca y rendimiento con un valor $r=0.14$, para las variables número de hileras y rendimiento con un valor $r=0.16$ y para las variables número de

hileras y peso de grano con un valor $r=0.18$. Seguido de la variedad Capulín con los siguientes valores: para las variables número de hileras y diámetro de mazorca con un valor $r=0.11$ y para las variables número de hileras y rendimiento con un valor $r=0.14$.

Con respecto a las curvas de absorción de nutrientes establecidas para cada variedad de maíz, se concluye que la variedad Catracho presentó un mayor grado de asimilación de nutrientes en comparación de las demás variedades, con los siguientes porcentajes de elementos absorbidos: nitrógeno 50%, 30 días después de la siembra; fósforo 25%, a los 45 días después de la siembra, y potasio 55% días después de la siembra. En un segundo lugar la variedad que presentó los mejores niveles de asimilación de elementos fue Tizate, con los siguientes valores: nitrógeno 30% alcanzando el crecimiento pleno a los 29 días, el 25% de asimilación de fósforo, alcanzando su punto máximo a los 40 días, y obteniendo una asimilación del 50% de potasio a los 29 días de su desarrollo.

Recomendaciones

Aplicar la técnica de selección masal, y polinización manual en las variedades: Capulín y Tizate durante un periodo de cinco años como mínimo con el propósito de lograr una homogeneidad total arriba del 90% de estos materiales, para características morfoagronómicas más deseables para el agricultor; ya que estas contienen un mayor grado de homogeneidad con respecto a las variables rendimiento, peso de 100 granos y diámetro de la mazorca y son las que pueden purificarse más rápidamente que las otras variedades estudiadas.

Continuar evaluando la asimilación de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en las variedades Catracho y Tizate con los manejos que los cultivos exigen para su desarrollo mediante programas de fertilización, para identificar los momentos críticos de aplicación al cultivo y lograr el pleno desarrollo de la planta, al mismo tiempo establecer un programa de riego para la necesidad de agua y poder tener éxito hasta la última etapa del cultivo de maíz.

A las instituciones públicas, privadas y agricultores inmersos en la actividad agrícola de nuestro país, se recomienda continuar los estudios y reproducción de estos materiales: Catracho, ya que obtuvo las mejores correlaciones para las variables: rendimiento, diámetro de mazorca, peso de grano y número de hileras, mientras que la variedad Capulín presentó los más bajos coeficientes de variación para las variables: rendimiento y diámetro de mazorca, para

lograr el 90% de homogeneidad, según lo realiza CENTA (2010) y obtener materiales con mejores características y contribuir a la riqueza genética de nuestra agricultura.

Bibliografía

- Alas Castro, S. 2005. Sistematización para capacitación con los productores(as) en el tema, Rescate y conservación de las variedades de maíz criollo. CORDES, SV. P 18-20.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal SV). 2010. Descriptores varietales para híbridos Platino, Oro blanco y sus progenitores, San Andrés, La Libertad. SV.
- _____ 2011. Santa Rosa: Variedad de maíz para la zona con problemas de achaparramiento en El Salvador. San Andrés La Libertad, SV. P.1.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo).1991. Descriptores de maíz. D.F. MX. P 1-28.
- CORDES (Asociación Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador). 2005. Sistematización, para capacitación con productores/as en el tema, rescate y conservación de variedades de maíz criollo. Chalatenango, SV. P.20-25.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1993. El maíz en la nutrición humana. (En línea). Consultado el 10 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm>
- _____ 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. (En línea). Consultado el 8 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s04.htm>
- FENALCE, (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas). 2008. Fisiología de la planta de maíz. Generalidades de la planta. (En línea) consultado el 07 de febrero de 2012. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/57320368/9-Fisiologia-de-la-Planta-de-Maiz>
- Fuentes López, MR.1990. Descriptores del Maíz, Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica. Managua NI. P. 23

- Guerra, F; Osorio, M. 2002. Híbrido de maíz, híbrido H-61. Importancia social, económica. San Salvador SV. Boletín técnico del maíz, n°21. p 3-15. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador UES. P.6.
- Luchsinger A; Camilo E. 2008. Cultivares de maíz dulce y su comportamiento frente a distintas fechas de siembra en la VI región. Vol. 26, CL. (En línea). Consultado el 08 de febrero de 2012. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718.
- Pablo de Rodríguez A; Bonilla C.R; Reyes C.F, López M.A, Araúz R.E. 2005. Rescate y Mejoramiento del Maíz Criollo: selección y mejoramiento del maíz criollo. 3ª ed. San Salvador, SV. Secretariado Social CARITAS de El Salvador.
- Poehlman, JM. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas: Mejoramiento genético del maíz. Ed Limusa, S.A de C.V. México, MX.P.263-270.
- Shenk, M; 1983. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays*) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Turrialba, CR. CATIE. P. 3-5.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2010. Datos meteorológicos para el departamento de La Paz durante los meses de Julio, agosto, septiembre y octubre del año 2010. San Salvador, SV. P.10.

Proyecto Regional de Formación Aplicada a los Escenarios de Riesgo con la medición y el monitoreo de los fenómenos volcánicos, sismos, geohidrólogos (RIESCA)

Jornada 4 Centroamericana en El Salvador, periodo del 23 al 28 de septiembre 2018.

"Establecimiento de sinergia entre datos técnicos de observación, monitoreo y análisis de fenómenos naturales con los sistemas de protección Civil para la gestión de prevención de riesgo en América Central"







Evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón /arcilla en la potabilización de agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Rodríguez Meza, VS

Estudiante Tesista, Departamento de Desarrollo Rural,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: sarahi95rodriguez@gmail.com

Rodríguez Urrutia, EA

Director de la Estación Experimental y de Prácticas,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: earu_1663@yahoo.com.mx

Arriaza Alfaro, CM

Coordinadora del Centro de Investigación y Desarrollo de la
Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados CIDE-ANDA.
Correo electrónico: claudia.arriaza@anda.gob.sv

Escobar Ponce, JF

Estudiante Tesista, Departamento de Desarrollo Rural,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: franponce94@outlook.es

Carranza Estrada, FA

Docente Director , Departamento de Química Agrícola,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: facekd@yahoo.es

Resumen

Esta investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y en el Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA, con el propósito de evaluar la capacidad de filtración de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos que tienen los filtros de biocarbón/arcilla. Se utilizaron dos fuentes de agua para evaluar los filtros, una ubicada en el municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas, en El Salvador, la cual fue seleccionada por su alto contenido de contaminantes, y la segunda muestra del municipio de San Salvador, en el departamento de San Salvador, la cual fue agua potable obtenida del grifo y preparada a nivel de laboratorio con concentraciones conocidas de metales pesados de Arsénico (As) y Plomo (Pb). Se recolectaron muestras de agua cada 15 días durante un periodo de seis meses, dándoles un uso continuo a los filtros.

Las muestras de agua cruda y filtrada fueron transportadas al Centro de Investigación y Desarrollo del Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (CFI-ANDA), donde se realizaron determinaciones microbiológicas analizando Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*, para lo cual se tomaron cuatro muestras de 100 ml de agua tratada, dos muestras por filtro, y dos muestras de 100 ml de agua cruda, obteniendo resultados en Número Más Probable de bacterias. Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos las muestras se llevaron al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y se analizaron los siguientes parámetros: turbidez en unidades nefelométricas (NTU) a través del método nefelométrico, así mismo, se analizaron los metales pesados: Hierro (Fe), Arsénico y Plomo, utilizando el método de Absorción Atómica y el Manganeseo (Mn) por el método colorimétrico, los cuales expresaron los datos en mg/l, para estas determinaciones se tomaron dos muestras de 500 ml cada una de agua tratada, una por filtro y una muestra de 500 ml de agua cruda.

Los resultados obtenidos de los análisis fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08, para verificar si los filtros tienen la capacidad necesaria de remoción de agentes contaminantes para brindar agua de calidad, apta para consumo humano.

La remoción promedio más alta de metales se obtuvo en el plomo, con un 99.91%, para el arsénico fue de 87.84%, para hierro de 83.21% y el menor fue para manganeso con un 55.78%; en cuanto al parámetro físico de turbidez, el porcentaje de remoción fue de 98.77%; el mejor resultado de remoción microbiológica se obtuvo para *Escherichia Coli*, con un promedio de 95.49%, para Coliformes Totales fue de 54.90% y para *Pseudomona aeruginosa* fue 72.27%.

Palabras clave: Agua, cruda, tratada, filtros, muestreo, parámetros, fisicoquímicos, microbiológicos, remoción, Coliformes, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*.

Abstract

This research was carried out in the Faculty of Agronomic Sciences of the Universidad de El Salvador and in the Integral Training Center of ANDA, with the purpose of evaluating the filtering capacity of physicochemical and microbiological contaminants that biochar / clay filters have. Two water sources were used to evaluate the filters, one located in the municipality of Ilobasco, department of Cabañas in El Salvador, which was selected for its high content of contaminants, and the second sample from the municipality of San Salvador, in the department of San Salvador, which was potable water obtained from the tap and prepared at the laboratory level with known concentrations of heavy metals of arsenic (As) and lead (Pb). Water samples were collected every 15 days for a period of six months, giving continuous use to the filters.

Samples of raw and filtered water were transported to the Centro de Investigación y Desarrollo del Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (CFI-ANDA), where microbiological determinations were made analyzing Total Coliforms, *Escherichia Coli* and *Pseudomona aeruginosa*, for which were taken four samples of 100 ml of treated water, two samples per filter, and two samples of 100 ml of raw water, obtaining results in Probable Number of bacteria. For the analysis of physicochemical parameters the samples were taken to the agricultural chemistry laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador and the following parameters were analyzed: turbidity in nephelometric units (NTU) through the nephelometric method, likewise, the heavy metals Iron (Fe), Arsenic (As) and Lead (Pb) were analyzed, using the method of Atomic Absorption and Manganese (Mn)

by the colorimetric method, which expressed the data in mg / L, for these determinations were taken two samples of 500 ml each of treated water, one per filter and a sample of 500 ml of raw water.

The results obtained from the analyzes were compared with the Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01: 08, to verify if the filters have the necessary capacity to remove pollutants to provide quality water, suitable for human consumption; The highest average removal of metals was obtained in lead, with 99.91%, for arsenic it was 87.84%, for iron 83.21% and for manganese 55.78%, this being the lowest; Regarding the physical parameter of turbidity, the percentage of removal was 98.77%; the best result of microbiological removal was obtained for *Escherichia Coli*, reaching a final average of 95.49%, for Total Coliforms it was 54.90% and for *Pseudomona aeruginosa* was 72.27%.

Key words: Raw, water, treated, filters, sampling, physicochemical, microbiological parameters, removal, coliforms, *Escherichia, coli*, *Pseudomona, aeruginosa*.

Introducción

La situación del recurso hídrico en El Salvador es un tema de gran importancia por ser un recurso indispensable para la vida y el recurso natural renovable más estratégico para el desarrollo económico y el progreso social del país; sin embargo, la degradación y contaminación de este recurso cada día son más evidentes y preocupantes, por lo que buscar alternativas que ayuden a las poblaciones rurales a solucionar estos problemas es indispensable para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas y al desarrollo del país (UNES 2011).

En los tratamientos de agua para consumo humano se presta especial atención a la eliminación de materiales orgánicos como bacterias y parásitos, e inorgánicos como los metales pesados: Mercurio, Cromo, Cobalto, Níquel, Cobre, Cadmio, Plomo, Arsénico, Hierro, entre otros, que son peligrosos y ocasionan daños al organismo (Acosta 2015).

Una alternativa en el tratamiento de agua para consumo humano es el uso del carbón activado, el cual, frente a numerosos adsorbentes orgánicos e inorgánicos, puede utilizarse en filtros para agua potable, donde la unidad de filtración se produce de tres materiales naturales que son la arcilla, el aserrín y la plata coloidal (Marsh y Rodríguez 2006).

La arcilla crea canales microscópicos donde atrapa todos los contaminantes que existan en el agua, incluyendo sólidos, bacterias y parásitos. El aserrín se convierte en carbón activado durante el proceso de horneado, y éste elimina el mal olor, sabor, turbiedad y retiene los metales pesados. La plata coloidal se impregna en la superficie de la unidad filtrante y funciona como un bactericida, generando así agua de buena calidad (Ibarra 2016).

En El Salvador los filtros de biocarbón/arcilla son elaborados de forma artesanal y se desconocía de información científica que asegure que los filtros son efectivos en la remoción de contaminantes, motivo por el cual, se realizó esta investigación, donde los filtros se evaluaron para conocer la capacidad que tienen en la filtración de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, evaluando su capacidad de filtrado durante seis meses de uso continuo.

La Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, aplica en el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados, sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas. El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos (Cuadro 1). (CONACYT 2009).

Cuadro 1. Parámetros microbiológicos, físicos y sustancias químicas según la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08.

Parámetros microbiológicos	Límite máximo permisible	
	Filtración por membranas	Técnicas Tubos múltiples
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	Menos de 1.1 NMP/100 ml
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 ml	Menos de 1.1 NMP/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	Menos de 1.1 NMP/100 ml
Parámetros físicos	Unidad	Límite máximo permisible
Turbidez	UNT	5 ¹⁾
Parámetros de sustancias químicas	Límite máximo permisible (mg/l)	
Hierro total	0.30	
Manganeso	0.1	
Arsénico	0.01	
Plomo	0.01	

Fuente: CONACYT (2009).

1) Para el agua tratada en la salida de la planta de tratamiento de aguas superficiales, el límite máximo permisible es 1.

Esta investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y en el Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA. Se utilizaron dos fuentes de agua para evaluar los filtros, una ubicada en el municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas, la cual fue seleccionada por su alto contenido de contaminantes, y la segunda muestra del municipio de San Salvador, en el departamento de San Salvador, la cual fue agua potable obtenida del grifo y preparada a nivel de laboratorio con concentraciones conocidas de arsénico y plomo. Se recolectaron muestras de agua cada 15 días durante un periodo de seis meses, dando un uso continuo a los filtros. Las muestras fueron analizadas en laboratorios donde se realizaron análisis de Turbidez y metales pesados: Hierro, Arsénico, Plomo, Manganeso, y análisis microbiológicos como Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

Materiales y Métodos

Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y en el Centro de Formación Integral de ANDA.

El método de investigación fue de tipo experimental, para el cual se utilizaron dos fuentes de agua para evaluar los filtros (Fig. 1), una proveniente de un pozo del caserío Guadalupe, cantón San José, municipio de Ilobasco, departamento de Cabañas, El Salvador, la cual fue seleccionada por presentar contaminación, y la otra fuente fue agua potable del municipio de San Salvador en el departamento de San Salvador, proveniente de grifo, a la cual se le adicionó concentraciones conocidas de plomo y arsénico a nivel de laboratorio. En los dos casos se le dio un uso continuo a los filtros de biocarbón/arcilla, ya que todos los días y durante seis meses se vertía agua a los filtros, recolectando muestras de agua cada 15 días con el propósito de ser analizadas en el laboratorio para comprobar si mantienen las características de filtrado y verificar si cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08.

Metodología de campo

Se utilizaron cuatro filtros de biocarbón/arcilla, dos fueron usados con agua del pozo en Ilobasco y dos fueron usados con agua potable de San Salvador, preparada a nivel laboratorio, con concentraciones conocidas de Plomo y Arsénico.

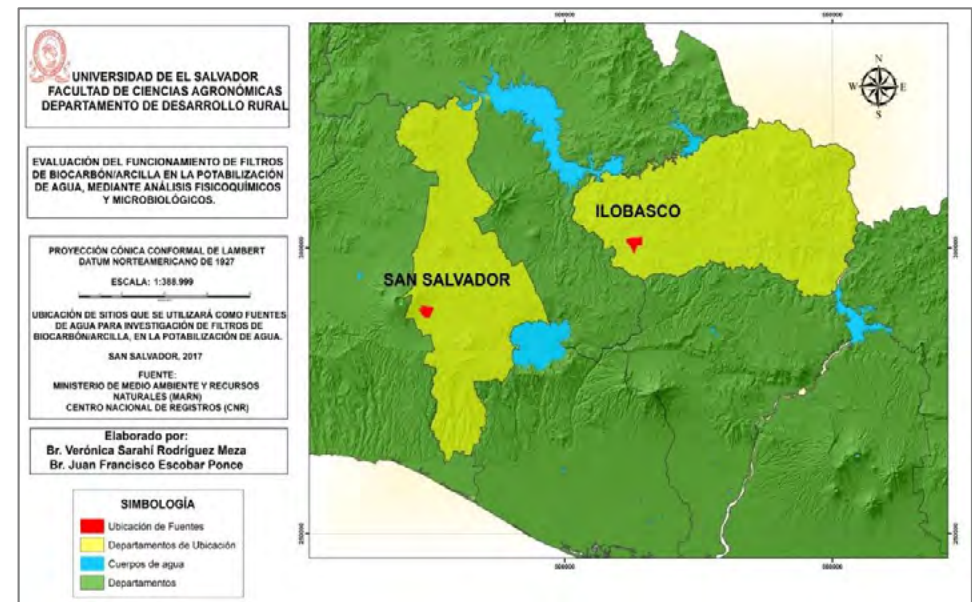


Figura 1. Ubicación de fuentes de agua para evaluación de filtros de biocarbón/arcilla.

Inicialmente se procedió a preparar los filtros, para esto se realizó un lavado con agua de grifo, luego se enjuagaron las unidades filtrantes con agua hervida, los bidones se lavaron con 5 ml de lejía (Hipoclorito de Sodio) para evitar posibles contaminantes que se hayan contraído durante el transporte de los filtros, posteriormente fueron utilizados continuamente durante seis meses para evaluar su funcionamiento.

Las muestras de agua filtrada y de agua cruda fueron tomadas una vez cada 15 días para análisis microbiológicos y fisicoquímicos, para lo cual se utilizó papel toalla con alcohol para limpiar el grifo y se realizó un flameo del área de muestreo para evitar la entrada de agentes contaminantes a la muestra, usando guantes y mascarilla para prevenir cualquier contaminación por manejo del muestreador.

Las muestras que se utilizaron para análisis microbiológicos se colocaron en frascos de polietileno de 100 ml, estériles, herméticos, transportadas en hieleras con bloques refrigerantes (cadena de frío) y entregados al laboratorio antes de 6 horas, desde que se tomaron las muestras. Para el muestreo de parámetros físico-químicos se utilizaron frascos de polietileno de 250 ml y el método de preservación cadena de frío. Al momento de la toma de la muestra se midió la temperatura del agua (Carranza 2015).

Las muestras fueron identificadas con una etiqueta que tenía la siguiente información: nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo, punto de muestreo, tipo de muestra, temperatura del agua y parámetros a determinar para realizar el análisis.

Investigación en Ilobasco

Previo a la selección del lugar del agua a filtrar se envió al laboratorio una muestra del agua de un pozo ubicado en el cantón San José en Ilobasco, para realizar análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos, para evaluar si tenía los metales en estudio y ser utilizada en la investigación.

Todos los días y durante seis meses se tomaron 8 litros de agua del pozo, adicionando 4 litros de agua en cada una de las dos unidades filtrantes, para que se garantizara un uso continuo de los filtros. Los parámetros analizados para la zona de Ilobasco en el agua filtrada y en el agua cruda fueron: Manganeseo, Hierro, Turbidez, Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

Investigación en San Salvador

En los dos filtros se usó agua potable preparada a nivel de laboratorio, ya que se les agregaron concentraciones conocidas de plomo y arsénico. El agua se preparó a una concentración de 1 mg/l de arsénico aproximadamente, agregando un mililitro de Arsenito de Sodio de una concentración de 1,000 mg/l de Arsénico en un litro de agua, además, se adicionó un mililitro de Nitrato de Plomo a una concentración de 1,000 mg/l de plomo en el litro de agua para llegar a una concentración aproximada de 1 mg/l de plomo, obteniendo agua con plomo y arsénico a un nivel de concentración de 1 mg/l (Carranza 2015).

Se prepararon diariamente 8 litros de agua, introduciendo 4 litros de agua por cada una de las dos unidades filtrantes. Los parámetros analizados para la zona de San Salvador en el agua filtrada y en el agua cruda fueron: Plomo, Arsénico, Turbidez, Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

Metodología de laboratorio

En la parte microbiológica se realizaron las determinaciones de Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*, a través del método enzimático, obteniendo resultados en NMP/100 ml. Para las determinaciones físicas de turbidez se utilizó el método nefelométrico, obteniendo resultados en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Para el análisis de los elementos químicos se usó el método de absorción atómica para Hierro, Arsénico y Plomo; en el caso del Manganeseo se utilizó el método colorimétrico. Los resultados obtenidos eran expresados en mg/l.

Metodología estadística

Se realizó una evaluación de los resultados obtenidos del agua cruda y de las muestras de agua filtrada de las dos fuentes, para lo cual se utilizó la prueba “t” de Student, para comparar las medias y las desviaciones estándar de grupos de datos y determinar si las diferencias entre esos parámetros son estadísticamente significativas o si sólo son diferencias aleatorias, se utilizó un nivel de confianza del 95% (Balzarini *et al* 2008).

Para cada zona se utilizaron dos filtros, haciendo un total de 4 unidades. Para las determinaciones fisicoquímicas (turbidez, manganeseo, hierro, arsénico y plomo) se realizaron 2 repeticiones de muestra, es decir, que por muestreo se realizaron 4 determinaciones por cada parámetro para el agua filtrada y dos para el agua cruda. Para los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales, *Escherichia Coli* y *Pseudomona aeruginosa*) se analizaba una muestra de cada filtro, es decir, que se obtuvieron 2 determinaciones de cada parámetro para agua filtrada y una para agua cruda por cada muestreo (Cuadro 2).

Para hacer el análisis de datos se usó el programa estadístico InfoStat, el cual proporcionó un cuadro resumen donde se pudo evaluar, teniendo un criterio de aceptación o rechazo de la hipótesis.

Cuadro 2. Determinaciones por parámetro para cada muestreo.

Zona	Puntos de muestreos	Parámetros físicoquímicos (Repeticiones)	Parámetros microbiológicos (Repeticiones)
Muestreo En Ilobasco	ILO 01	2	1
	ILO 02	2	1
	Agua cruda (pozo)	2	1
Determinaciones por parámetro en cada muestreo		6	3
Muestreo en San Salvador	UES 01	2	1
	UES 02	2	1
	Agua preparada	2	1
Determinaciones por parámetro en cada muestreo		6	3

Resultados y Discusión

Resultados para Ilobasco

Coliformes Totales

Los Coliformes Totales fueron detectados porque poseen la enzima β -galactosidasa, la cual reacciona con el sustrato Ortonitrofenil β -D galactopiranosida (ONPG), formando un complejo, produciendo un viraje de incoloro a amarillo, lo que permitió cuantificar en Número Más Probable/100 ml a las bacterias (Cuadro 3). Los resultados ideales deben ser menor a 1.1 NMP/100 ml, según la Norma Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01:08 (CONACYT 2009).

Cuadro 3. Resultados de Coliformes Totales en Ilobasco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (ILO) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	11/05/2017	2,419.60	193.50	224.70	<1.1	91.36
2	12/06/2017	2,419.60	1,203.30	13.10	<1.1	74.86
3	04/07/2017	2,419.60	517.20	1,986.30	<1.1	48.27
4	11/07/2017	2,419.60	2,419.60	2,419.60	<1.1	0.00
5	26/07/2017	2,419.60	59.10	13.10	<1.1	98.51
6	15/08/2017	2,419.60	1,732.90	224.70	<1.1	59.55
7	30/08/2017	2,419.60	387.30	135.40	<1.1	89.20
8	13/09/2017	2,419.60	307.60	20.10	<1.1	93.23
9	27/09/2017	2,419.60	2,419.60	2,419.60	<1.1	0.00
10	11/10/2017	2,419.60	2,419.60	2,419.60	<1.1	0.00
11	25/10/2017	2,419.60	2,419.60	1,415.60	<1.1	20.75
12	08/11/2017	2,419.60	770.10	48.00	<1.1	83.09
	Promedio	2,419.60	1,237.45	944.98	-	54.90

Los porcentajes de remoción de Coliformes Totales obtenidos en los filtros de biocarbón/arcilla en esta investigación son aceptables para recomendar el uso de los mismos como tratamiento para agua destinada al consumo humano, debido a que a pesar de las altas concentraciones de Coliformes Totales a los que fueron sometidos, los filtros lograron disminuirlas hasta en un 98.51% en el muestreo número 5; sin embargo, se hace necesario utilizar métodos de tratamiento complementarios para cumplir con la normativa.

Lerma (2007) realizó investigaciones sobre la capacidad de potabilización de los filtros cerámicos, los objetivos de su estudio fueron la evaluación de la efectividad microbiológica de los filtros fabricados localmente contra agentes patógenos y virales bajo condiciones de campo y laboratorio. En esta investigación se pudo establecer que en todos los casos los filtros reducen más del 50% de Coliformes Totales.

Escherichia Coli

En el pozo de Ilobasco todos los análisis del agua cruda (ILO cruda) resultaron con valores de *Escherichia Coli* por arriba de la Norma, obteniendo un remanente promedio de 73.08 y 9.75 NMP/100 ml. En el caso del agua filtrada (ILO 01 e ILO 02), la mayoría de los análisis resultaron con valores de *Escherichia Coli* por arriba de 1,1 NMP/100 ml de la Norma, a excepción de los análisis realizados en los muestreos 4, 6, 8 y 12, los cuales cumplieron con la Norma Salvadoreña para Agua Potable NSO 13.07.01:08, ya que los valores de *Escherichia Coli* resultaron por debajo 1.1NMP/100 ml, para ambos filtros, con un porcentaje de remoción de hasta el 99.96% (Cuadro 4).

Según los resultados de laboratorio que demuestran que los filtros de biocarbón/arcilla tuvieron un porcentaje de remoción promedio de la bacteria *E. coli* de 95.49% en esta investigación, los filtros artesanales de biocarbón/arcilla son una alternativa viable para el tratamiento de agua destinada al consumo humano, con la ayuda de un tratamiento complementario que disminuya arriba de 99.99% las bacterias para garantizar agua segura para la población.

En un estudio sobre análisis de filtros caseros se obtuvieron promedios de remoción de *E. coli* mayores de 90%, lo que permitió recomendar dichos filtros para tratamiento de agua destinada al consumo humano (Ibarra 2016).

Cuadro 4. Resultados de *Escherichia coli* en Ilobasco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (ILO) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	11/05/2017	2,419.60	82.00	35.00	<1.1	97.58
2	12/06/2017	2,419.60	648.80	43.70	<1.1	85.69
3	04/07/2017	2,419.60	86.20	10.90	<1.1	97.99
4	11/07/2017	2,419.60	1.00	1.00	<1.1	99.96
5	26/07/2017	2,419.60	3.10	1.00	<1.1	99.92
6	15/08/2017	117.20	1.00	1.00	<1.1	99.15
7	30/08/2017	365.40	3.10	6.30	<1.1	98.71
8	13/09/2017	307.60	1.00	1.00	<1.1	99.67
9	27/09/2017	1,119.90	36.90	13.10	<1.1	97.77
10	11/10/2017	30.40	10.80	1.00	<1.1	80.59
11	25/10/2017	21.30	2.00	2.00	<1.1	90.61
12	08/11/2017	57.80	1.00	1.00	<1.1	98.27
	Promedio	1,176.47	73.08	9.75	-	95.49

Pseudomona aeruginosa

En el caso del agua filtrada (ILO 01 e ILO 02), la mayoría de los análisis resultaron con valores de *Pseudomona aeruginosa* por arriba 1.1 NMP/100 ml de la Norma, a excepción de los análisis realizados en los muestreos 2, 7, 9 y 11, los cuales cumplieron con la Norma Salvadoreña para Agua Envasada NSO 13.07.02:08, debido a que los valores de *Pseudomona aeruginosa* resultaron por debajo de la Norma, para ambos filtros, con un porcentaje de remoción de hasta el 99.96% (Cuadro 5), por lo que este tipo de tratamiento es recomendable para la disminución de dicha bacteria.

Cuadro 5. Resultados de *Pseudomona aeruginosa* en Ilobasco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (ILO) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (ILO 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	12/06/2017	2,419.60	3.10	37.30	<1.1	99.17
2	04/07/2017	2,419.60	1.00	1.00	<1.1	99.96
3	11/07/2017	2,419.60	4.10	24.60	<1.1	99.41
4	26/07/2017	2,419.60	14.80	1.00	<1.1	99.67
5	15/08/2017	2,419.60	12.10	1.00	<1.1	99.73
6	30/08/2017	47.30	4.10	1.00	<1.1	94.61
7	13/09/2017	2,419.60	1.00	1.00	<1.1	99.96
8	27/09/2017	2,419.60	19.70	2,419.60	<1.1	49.59
9	11/10/2017	100.60	1.00	1.00	<1.1	99.01
10	25/10/2017	4.10	5.20	14.60	<1.1	0
11	08/11/2017	21.30	1.00	1.00	<1.1	95.31
Promedio		1,555.50	6.10	227.55	-	85.58

Resultados de Manganeso

El análisis de manganeso se realizó por colorimetría, a través de un fotómetro que generó los siguientes datos: En el pozo de Ilobasco todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de Manganeso por arriba 0.1 mg/l de la Norma. En el caso del agua filtrada, todos los análisis resultaron con valores de Manganeso por arriba de la Norma, pero menores que el agua cruda, obteniendo un porcentaje de remoción de hasta el 96.15%, por lo que este tipo de tratamiento con filtros de biocarbón/arcilla es recomendable para la disminución de dicho elemento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de Manganeso.

Datos promedio de Manganeso					
Muestreo	Fecha	Norma (mg/l)	Agua cruda (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	Remoción (%)
1	11/5/2017	0.1	8.110	0.312	96.153
2	12/6/2017	0.1	8.121	1.100	86.455
3	4/7/2017	0.1	2.530	0.638	74.783
4	11/7/2017	0.1	4.720	0.988	79.068
5	26/7/2017	0.1	4.435	1.310	70.462
6	15/8/2017	0.1	4.590	1.335	70.915
7	30/8/2017	0.1	1.515	1.558	0.000
8	13/9/2017	0.1	0.815	0.663	18.650
9	27/9/2017	0.1	0.870	0.723	16.897
10	11/10/2017	0.1	1.915	0.870	54.569
11	25/10/2017	0.1	2.256	0.696	69.149
12	8/11/2017	0.1	0.498	0.323	35.141
Promedio		0.1	3.365	0.876	55.784
Desviación estándar		0	2.663	0.394	31.409

Resultados de Hierro

En el pozo de Ilobasco todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de Hierro por arriba de la Norma. En el caso del agua filtrada el 50% de todos los análisis de Hierro cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, obteniendo porcentajes de remoción de hasta el 98.93%, por lo que este tipo de tratamientos con filtros de biocarbón/arcilla es recomendable para la disminución de dicho elemento. Los filtros obtuvieron un promedio de remoción de Hierro de 83.20% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de análisis de laboratorio de Hierro.

Datos promedio de Hierro (Fe)					
Muestreo	Fecha	Norma (mg/l)	Agua cruda (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	Remoción (%)
1	11/5/2017	0.3	2.58	0.049	98.101
2	12/6/2017	0.3	2.475	0.118	95.232
3	4/7/2017	0.3	1.696	0.564	66.745
4	11/7/2017	0.3	4.046	0.043	98.937
5	26/7/2017	0.3	4.046	0.403	90.040
6	15/8/2017	0.3	4.217	0.142	96.633
7	30/8/2017	0.3	0.477	0.018	96.226
8	13/9/2017	0.3	0.943	0.409	56.628
9	27/9/2017	0.3	0.682	0.134	80.352
10	11/10/2017	0.3	2.277	0.401	82.389
11	25/10/2017	0.3	3.966	0.333	91.604
12	8/11/2017	0.3	2.846	1.549	45.573
Promedio		0.3	2.521	0.347	83.205
Desviación Estándar		0	1.366	0.419	17.795

Turbidez

En el pozo de Ilobasco todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de Turbidez por arriba 5 NTU de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08. En el caso del agua filtrada de Ilobasco la mayoría de los análisis de Turbidez no cumplen con la Norma, porque solo los análisis de los muestreos 1, 4 y 9 cumplieron con la Norma, obteniendo porcentajes de remoción de hasta el 98.77%, por lo tanto, a pesar que los filtros de biocarbón/arcilla no lograron cumplir con la Norma establecida, es recomendable por la disminución de dicho elemento, debido a que obtuvieron un promedio de remoción de Turbidez de 89.37% (Fig. 2).

Resultados de San Salvador

Coliformes Totales

El agua potable proveniente de grifo en San Salvador, la cual fue preparada con plomo y arsénico en el laboratorio, tenía bajas poblaciones de Coliformes Totales antes de filtrar, siendo la mayor de 16 NMP/100 ml (Cuadro 8); sin embargo, en el agua filtrada (UES 01 y UES 02) se determinó altas poblaciones de Coliformes Totales en los muestreos 1, 5 y 8, probablemente

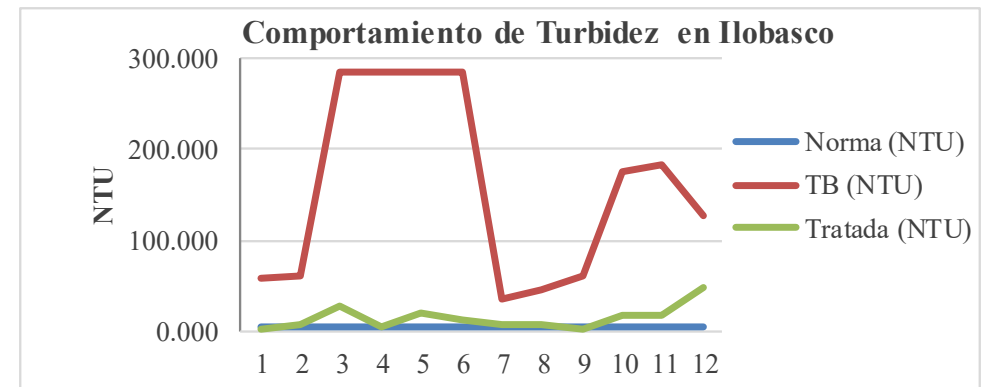


Figura 2. Turbidez en Ilobasco.

Cuadro 8. Resultados de Coliformes Totales en San Salvador.

Coliformes Totales						
Muestreo	Fecha	Agua preparada (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	04/07/2017	14.80	35.50	93.30	<1.1	0.00
2	11/07/2017	16.00	1.00	14.60	<1.1	51.25
3	26/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
4	15/08/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
5	30/08/2017	6.30	179.30	816.40	<1.1	0.00
6	13/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
7	27/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
8	11/10/2017	4.10	21.80	5.20	<1.1	0.00
9	25/10/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
10	08/11/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
Promedio		4.72	24.36	93.55	-	5.125

por acumulación de bacterias de tratamientos anteriores, siendo el quinto muestreo el que mayor porcentaje obtuvo, lo que indica que el filtro es susceptible a crecimiento microbiano al ser contaminado. Para los filtros de biocarbón/arcilla utilizados en San Salvador se obtuvieron porcentajes de remoción de hasta 5.125%, esto debido a que el contenido de Coliformes Totales en el agua potable es casi nula.

Escherichia Coli

Todos los resultados de los análisis de agua cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08 para *Escherichia Coli* (Cuadro 9), a excepción del filtro de biocarbón/arcilla UES 01 que en el primer muestreo reportó un dato de 2 NMP/100 ml, lo que indica que el agua potable posee una excelente calidad para el consumo humano.

Pseudomona aeruginosa

Todos los resultados de los análisis de agua cumplen con la Norma Salvadoreña obligatoria para Agua Envasada NSO 13.07.02:08 para *Pseudomona aeruginosa* (Cuadro 10), lo que indica que el agua potable posee una excelente calidad para el consumo humano.

Como el agua potable utilizada en San Salvador no presentó *Pseudomona aeruginosa*, los filtros de biocarbón/arcilla no tuvieron nada que remover, lo que indica también que no hubo contaminación por manejo.

Resultados de Arsénico

El análisis de arsénico realizado mediante generación de hidruros por absorción atómica, permitió obtener datos más confiables, debido a que se incrementa la sensibilidad en el análisis, logrando los siguientes resultados: En el agua preparada en San Salvador todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de Arsénico por arriba de la Norma. En el caso del agua filtrada, solo en el primer análisis realizado al agua cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, en todos los demás análisis del agua filtrada el contenido de arsénico es mayor que lo permitido en la Norma, pero son menores que los valores encontrados en el agua cruda, obteniendo porcentajes de remoción de hasta el 98.76%. El porcentaje promedio de remoción de arsénico fue de 87.99%, demostrando que el filtro de biocarbón/arcilla es una buena alternativa en la disminución de dicho elemento (Cuadro 11).

Carranza (2015) evaluó dos tecnologías para la remoción de arsénico, la primera por el método de oxidación solar (RAOS), obteniendo un 81.5% de remoción y la segunda por el método de dos cubetas, con un 83.5% de remoción, en ambos casos las cantidades de arsénico remanente en las muestras no cumplieron con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, esto a pesar de tener altos porcentajes de remoción.

Cuadro 9. Resultados de *Escherichia coli* en San Salvador.

<i>Escherichia coli</i>						
Muestreo	Fecha	Agua preparada (UES) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	04/07/2017	1.00	2.00	1.00	<1.1	0.00
2	11/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
3	26/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
4	15/08/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
5	30/08/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
6	13/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
7	27/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
8	11/10/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
9	25/10/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
10	08/11/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
Promedio		1.00	1.10	1.00	-	0.00

Cuadro 10. Resultados de *Pseudomona aeruginosa* en San Salvador.

<i>Pseudomona aeruginosa</i>						
Muestreo	Fecha	Agua preparada (UES) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 01) (NMP/100 ml)	Agua filtrada (UES 02) (NMP/100 ml)	Norma (NMP/100 ml)	Remoción (%)
1	04/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
2	11/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
3	26/07/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
4	15/08/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
5	30/08/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
6	13/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
7	27/09/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
8	11/10/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
9	25/10/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
10	08/11/2017	1.00	1.00	1.00	<1.1	0.00
Promedio		1.00	1.00	1.00	-	0.00

Cuadro11. Resultados para Arsénico.

Muestreo	Fecha	Datos promedio de As			
		Norma (mg/l)	Agua preparada (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	Remoción (%)
1	11/5/2017	0.01	0.73	0.009	98.767
2	12/6/2017	0.01	0.73	0.108	85.205
3	4/7/2017	0.01	0.504	0.106	78.968
4	11/7/2017	0.01	0.647	0.107	83.462
5	26/7/2017	0.01	0.775	0.106	86.323
6	15/8/2017	0.01	0.835	0.105	87.425
7	30/8/2017	0.01	0.74	0.105	85.811
8	13/9/2017	0.01	0.853	0.099	88.394
9	27/9/2017	0.01	0.955	0.088	90.785
10	11/10/2017	0.01	1.013	0.096	90.523
11	25/10/2017	0.01	0.881	0.093	89.444
12	8/11/2017	0.01	1.045	0.096	90.813
Promedio		0.01	0.809	0.093	87.993
Desviación estándar		0	0.155	0.027	4.844

Resultados de Plomo

Para la realización de los análisis de plomo se utilizó un horno de grafito, obteniendo los siguientes resultados: En el agua preparada en San Salvador todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de Plomo por arriba de la Norma, y todos los análisis del agua filtrada cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, ya que sus valores estuvieron por debajo de la Norma, obteniendo porcentajes de remoción de hasta el 99.91%. El porcentaje promedio de remoción de Plomo fue de 99.86%, demostrando que el filtro de biocarbón/arcilla es una buena alternativa en la disminución de dicho elemento.

Según Carranza (2015), el porcentaje promedio de remoción de Plomo obtenido por el método asistido por luz solar (RAOS) fue del 99.98% (0.0002 mg/l de plomo remanente) y por la Unidad de tratamiento con dos cubetas fue del 99.92% (0.0008 mg/l de plomo remanente), en ambos casos la cantidad de plomo remanente en las muestras cumple con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, que establece un límite máximo para plomo de 0.01 ppm en agua para consumo humano. Esto concuerda con los datos obtenidos en esta investigación (Cuadro12).

Cuadro12. Resultados para Plomo.

Muestreo	Fecha	Datos promedio de Plomo (Pb)			
		Norma (mg/l)	Agua Preparada (mg/l)	Agua Filtrada (mg/l)	Remoción (%)
1	11/5/2017	0.01	0.66	0.001	99.848
2	12/6/2017	0.01	0.65	0.001	99.846
3	4/7/2017	0.01	0.327	0.001	99.694
4	11/7/2017	0.01	0.762	0.001	99.869
5	26/7/2017	0.01	0.86	0.001	99.884
6	15/8/2017	0.01	0.86	0.001	99.884
7	30/8/2017	0.01	0.86	0.002	99.767
8	13/9/2017	0.01	0.832	0.001	99.880
9	27/9/2017	0.01	0.906	0.001	99.890
10	11/10/2017	0.01	1.099	0.001	99.909
11	25/10/2017	0.01	1.003	0.001	99.900
12	8/11/2017	0.01	1.129	0.001	99.911
Promedio		0.01	0.829	0.001	99.86
Desviación estándar		0	0.217	0.000	0.064

Turbidez

En el agua preparada en San Salvador todos los análisis de Turbidez del agua cruda y del agua filtrada cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08, obteniendo porcentajes de remoción de hasta el 75%.

El porcentaje promedio de remoción de Turbidez fue de 55.69%, lo cual es muy bueno debido a que los niveles de turbidez a los que fueron sometidos los filtros de San Salvador oscilaron entre 2 a 4 NTU, y aunque estas concentraciones eran bajas los filtros lograron disminuir hasta llegar a niveles casi indetectables de 1 NTU (Fig. 3).

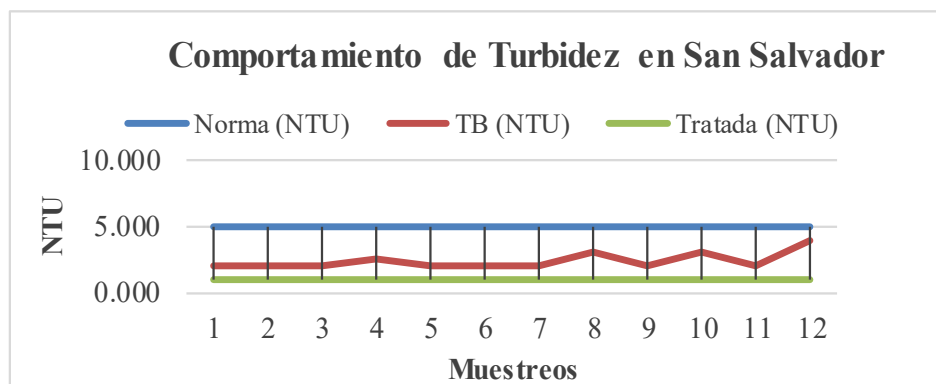


Figura 3. Turbidez en San Salvador.

Conclusiones

Con los filtros de biocarbón/arcilla en Ilobasco se obtuvo una remoción promedio de 72.27% de *Pseudomona aeruginosa* y 95.49% de *Escherichia Coli*, lo que indica que este tipo de tratamiento del agua es efectivo para disminuir las concentraciones de bacterias.

Los filtros de biocarbón/arcilla usados en San Salvador removieron en promedio el 99.9% de Plomo, el cual se encuentra por debajo del límite permisible de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08.

Los filtros de biocarbón/arcilla removieron el Arsénico hasta en un 87.84%, y queda un remanente promedio de 0.027 mg/l, por lo que se hace necesario un tratamiento complementario para el agua filtrada, debido a que el límite permisible por la Norma para agua de consumo humano es de 0.01 mg/l.

El Hierro fue removido por los filtros de biocarbón/arcilla en 83.21%, dejando un remanente de 0.37 mg/l en el agua filtrada, lo cual está cerca del límite permisible por la Norma que es de 0.3 mg/l, aunque el agua no es apta para consumo humano.

El Manganeseo fue removido en 55.78% por los filtros, a pesar de que este se comportó de forma fluctuante durante la investigación, ya que el agua cruda variaba sus concentraciones de metales.

La eficiencia de remoción de los filtros artesanales depende mucho de la calidad del agua que se utiliza para filtrar, ya que un agua con altas concentraciones de contaminantes microbianos y de metales pesados puede sobrepasar la capacidad de remoción de los filtros.

Los años de vida útil de los filtros dependen de la calidad y de la cantidad de agua a filtrar por día.

Recomendaciones

Fomentar el uso de los filtros artesanales de biocarbón/arcilla, especialmente en aquellas comunidades donde se carece de suministro de agua potable y de alternativas para el tratamiento del agua para consumo humano, ya que estos poseen un bajo costo y son una alternativa para reducir contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos.

Si el agua a filtrar contiene altas concentraciones de contaminantes microbianos y de metales pesados, se pueden utilizar dos filtros, el primero para tratar el agua cruda y el segundo para tratar el agua que ya ha sido filtrada, para remover la mayor cantidad de agentes contaminantes.

Si el agua a tratar contiene agentes contaminantes de gran tamaño es necesario filtrar previamente el agua con una manta o colador que retenga las partículas de mayor tamaño, para evitar la suciedad excesiva en los filtros artesanales.

En los filtros de biocarbón/arcilla es necesario mantener siempre el nivel del agua en la unidad filtrante por encima de la mitad de la altura de la misma.

Los filtros de biocarbón/arcilla evaluados en esta investigación son efectivos en la remoción de *Escherichia Coli*, *Pseudomona aeruginosa*, Plomo y Arsénico, pero es necesario hacer análisis al agua filtrada para determinar si se elimina la cantidad suficiente para cumplir con la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable NSO 13.07.01:08 y otras relacionadas.

Bibliografía

- Acosta Orellana, DC. 2015. Determinación de la calidad del agua del río San Sebastián y su impacto en la salud y calidad de vida de los habitantes del caserío San Sebastián, municipio de Santa Rosa de Lima, departamento de La Unión. San Salvador, El Salvador. Tesis Maestría. Universidad de El Salvador. 142 p.
- Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. Manual del Usuario. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. 336 p.

- Carranza Estrada, FA. 2015. Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano. Tesis Maestría. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 111 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08: Agua, Agua Potable. Diario Oficial, San Salvador, El Salvador. 20 p.
- Ibarra Peñaranda, NE. 2016. Análisis de Filtros Caseros como Técnica de Potabilización del Agua en el Sector Rural. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. 75 p.
- Marsh, H; Rodríguez Reinoso, F. 2006. Activated Carbon. Elsevier Science & Technology Books. San Vicente, España. University of Alicante. 542 p.
- UNES (Unidad Ecológica Salvadoreña, El Salvador). 2011. El Salvador crisis hídrica (En línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 5 julio de 2017. Disponible en www.unes.org.sv/

Evaluación de la efectividad de la semilla de Teberinto (*Moringa oleífera* Lam.) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano

Hernández-Sánchez, ML.
Estudiante Tesista
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: mlore_ck@hotmail.com

Ventura-Bolaños, GB
Estudiante Tesista
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: gventura0209@gmail.com

Bonilla de Torres, BL
Docente Director
Departamento de Química Agrícola
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: lorenab_torres@hotmail.com

Rivas-Zamora, HC
Estudiante Tesista
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: helen.zamora@outlook.com

Carranza-Estrada, FA
Docente Director
Departamento de Química Agrícola
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: facekd@yahoo.es

Palacios, DJ
Docente Director
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Universidad de El Salvador
Correo electrónico: adejota@gmail.com

Resumen

El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de química agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el periodo de junio 2016 a abril 2017.

Para evaluar la efectividad de la semilla de *Moringa oleifera* Lam. en la remoción de arsénico y plomo, a nivel de laboratorio se prepararon muestras de agua con una concentración aproximada de 1.00 mg/l de arsénico (27 repeticiones) y 1.00 mg/l de plomo (27 repeticiones), a las cuales se le adicionaron tres dosis: 0.25, 0.50 y 1.00 g de harina de semillas de *Moringa oleifera* Lam. por cada litro de muestra de agua preparada. Para la obtención de la harina, las semillas se secaron y posteriormente se trituraron, luego se pasaron por un tamiz de 0.5 mm y se obtuvo un polvo fino homogéneo, similar al de una harina, y tres tiempos de reacción: 1, 2 y 3 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reacción, se procedió a filtrar el agua tratada, utilizando un filtro casero para remover los flóculos formados posterior al tratamiento. El filtro casero fue elaborado con: frascos plásticos de grado alimenticio que constaba con capas de: grava y algodón de 6 cm cada una.

Se determinó la concentración de los metales en las muestras de agua, antes y después de los tratamientos, calculando el porcentaje de remoción de dichos metales y comparando los resultados obtenidos con la normativa para agua potable NSO 13.07.01:08 (As 0.01 mg/l y Pb 0.01 mg/l).

El análisis de las variables en estudio se rigió por el Diseño Factorial, utilizando el Programa Estadístico InfoStat 2014-E y el Software IBM PASS SPSS 22 Statistics, a un nivel de confianza del 95%. Los factores en estudio fueron: dosis de harina de semilla de *Moringa oleifera* Lam.: 0.25, 0.50 y 1.00 g y tiempo de remoción: 1, 2 y 3 horas; las variables dependientes fueron: porcentaje de remoción de arsénico y porcentaje de remoción de plomo expresadas en porcentaje (%). En el estudio se concluye que la harina a partir de semillas de *Moringa oleifera* Lam. es efectiva en la remoción de metales pesados, para el caso del arsénico el porcentaje de remoción más alto fue de 82.11% (1.00 g en 1 hora) y para el plomo el porcentaje de remoción más alto fue de 99.90% (0.50 g en 3 horas y 1.00 g en 2 y 3 horas).

A pesar de haber removido más del 80% de arsénico, concentración inicial de 1.025 mg/l, no se cumplió con los valores establecidos por la normativa NSO 13.07.01:08 (0.01 mg/l As) para agua potable, obteniendo una concentración final (0.183 mg/l); en el caso del plomo las concentraciones removidas arriba del 98%, cumplieron con los límites máximos exigidos por normativa para agua potable NSO 13.07.01:08 (0.01 mg/l Pb), e incluso presentaron valores inferiores al máximo permitido por dicha norma.

Palabras clave: *Moringa, oleifera*, arsénico, plomo, agua, consumo, bioadsorción, metales, pesados.

Abstract

The present study was developed in the chemistry agricultural laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, from June 2016 to April 2017.

To evaluate the effectiveness of *Moringa oleifera* Lam. In the removal of arsenic and lead, at the laboratory level samples of water were prepared with a concentration of approximately 1.00 mg/l of arsenic (27 replicates) and 1.00 mg/l of lead (27 replicates), to which were added Three doses: 0.25, 0.50 and 1.00 g of *Moringa oleifera* Lam. seed meal per liter of prepared water sample. To obtain the flour, the seeds were dried and then crushed, then passed through a 0.5 mm sieve and a fine flour-like homogeneous powder was obtained and three reaction times: 1, 2 and 3 hours. After the reaction time had elapsed, the treated water was filtered, using a home filter to remove the flocs formed after the treatment. The homemade filter was made with: plastic bottles of alimentary grade that consisted of layers of: gravel and cotton of 6 cm each.

The concentration of the metals in the water samples, before and after the treatments, was determined by calculating the percentage of removal of these metals and comparing the results obtained with the regulations for drinking water NSO 13.07.01: 08 (As 0.01 mg/l and Pb 0.01 mg/l).

The analysis of the variables under study was governed by the Factorial Design, using the InfoStat 2014-E Statistical Program and the IBM PASS SPSS 22 Statistics Software, at a 95% confidence level. The factors studied were: *Moringa oleifera* Lam. Seed dose: 0.25, 0.50 and 1.00 g and removal time: 1, 2 and 3 hours; The dependent variables were: percentage of removal of arsenic and percent removal of lead expressed in percentage (%). The study concludes that the flour from *Moringa oleifera* Lam. Is effective in the removal of heavy metals. In the case of arsenic, the highest removal rate was 82.11% (1.00 g in 1 hour) and for lead the highest removal percentage was 99.90% (0.50 g in 3 Hours and 1.00 g in 2 and 3 hours).

In spite of having removed more than 80% of arsenic, initial concentration of 1,025 mg/l, the values established by the NSO regulation 13.07.01: 08 (0.01 mg/l As) for drinking water were not met, obtaining a concentration Final (0.183 mg/l); In the case of lead, the concentrations removed above 98%, complied with the maximum limits required by regulations for drinking water NSO 13.07.01: 08 (0.01 mg/l Pb), and even presented values lower than the maximum allowed by said standard.

Key words: *Moringa, oleifera* Lam., arsenic, lead, drinking water, bioadsorption, heavy metals.

Introducción

El agua es un elemento fundamental y determinante para la vida. La escasez y el uso abusivo del agua dulce plantean una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. Además, la contaminación de las aguas por metales pesados procedentes de los vertidos de efluentes residuales, industriales y agrícolas se ha convertido en un problema ambiental a nivel mundial. (Blanco 2008).

En la actualidad, el agua recibe contaminaciones originadas por diversas fuentes, entre las que destacan: suelo contaminado, lodos residuales, industria, fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en agricultura; aunado a esto la actividad volcánica alta en el país permite la presencia común de metales pesados en algunos mantos acuíferos y en ríos; la presencia de metales pesados en el agua puede causar un efecto tóxico a quien la consume (Carranza 2015).

Entre los metales pesados, el plomo (Pb) es ampliamente usado en la producción de acero, hierro, baterías y pinturas; el arsénico (As) se asocia a actividades de vulcanismo terciario y cuaternario. Estos metales pueden ser encontrados en aguas naturales en la forma más reducida como Pb (II) y As (III) y son gradualmente oxidados a la forma insoluble como Pb (III) y As (V) generando problemas relacionados con la calidad del agua, tales como turbidez y sabor metálico, entre otros. Adicionalmente, estos metales en concentraciones elevadas son considerados como tóxicos para la salud humana, afectando el cerebro, sistema nervioso, y piel. Por lo tanto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha fijado límites específicos de plomo y arsénico en aguas de consumo humano de 0.01 mg/l (Blanco 2008).

Actualmente, el principal tratamiento químico utilizado para el agua con alta turbiedad en El Salvador es el coagulante sintético de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) que representa altos costos para las plantas potabilizadoras urbanas y es inaccesible en sistemas rurales. El uso de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua resulta en grandes cantidades de lodos producidos durante el tratamiento y un alto nivel de aluminio que permanece en el agua tratada. Esto puede presentar un problema de salud ya que se ha demostrado que la ingesta de grandes cantidades de sales de aluminio está relacionada con la enfermedad de Alzheimer (SNET 2006).

Por otra parte, los estudios comparativos de la *Moringa oleífera* Lam y el sulfato de aluminio para el tratamiento de agua demuestran que es una alternativa viable como coagulante para el tratamiento de agua potable en

países en vías de desarrollo. Una de las ventajas de la *Moringa oleífera* Lam es, que no se necesita controlar el pH a diferencia de los tratamientos con sulfato de aluminio, además es de bajo costo y de fácil acceso para familias que viven en zonas rurales pobres (Gómez 2010).

Hoy en día, existen tratamientos convencionales para la remoción de iones de plomo y arsénico basados principalmente en: filtración por membrana, intercambio iónico, adsorción, precipitación química, coagulación-floculación. Estos procesos son costosos e ineficientes, especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja. Recientemente, la bioadsorción ha sido propuesta como un procedimiento de tratamiento alternativo. Entre las ventajas que presenta, en comparación con las técnicas convencionales son: bajo costo, alta eficiencia, minimización de productos químicos y lodos biológicos, no requieren nutrientes adicionales, regeneración de los biosorbentes y posibilidad de recuperación de metales (Das 2010, citado por Tejada *et al.* 2014).

La investigación tiene como finalidad “evaluar la efectividad de las semillas de Teberinto, *M. oleífera* como método para la remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano”, brindando alternativas sencillas, económicas y fáciles para descontaminar el agua a la cual tienen acceso los habitantes del sector rural.

Materiales y Métodos

Ubicación, Duración y Unidades Experimentales

Esta Evaluación de la efectividad de la semilla de Teberinto (*Moringa oleífera* Lam.) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano, se desarrolló en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el periodo comprendido de junio 2016 a abril 2017.

En el estudio las unidades experimentales fueron las muestras de agua de un litro que contenían 1.0 mg/l de arsénico (3 repeticiones por tratamiento) y 1.00 mg/l de plomo (3 repeticiones por tratamiento), bajo dos factores de estudio, siendo el factor “a” las dosis de harina de semillas de *M. oleífera* (0.25, 0.50 y 1.00 g/l de agua) y el factor “b” los tiempos de remoción de dichos metales (1, 2 y 3 horas), y la interacción entre ellos (dosis – tiempo).

Metodología de campo

a) Recolección de vainas de *M. oleífera*.

Se recolectó la cantidad de vainas (con madurez fisiológica) necesarias para completar aproximadamente 1,000 g de semillas del árbol de *M. oleífera*.

La recolección tuvo lugar en el Municipio de Aguilares del departamento de San Salvador con georreferencia de: 13°56'32.1"N y 89°11'30.9"O, a una altura aproximada de 299 msnm.

b) Elaboración de filtros caseros (Fig. 1).

Los materiales utilizados para la elaboración de los filtros caseros fueron los siguientes:

- Frascos plásticos de bebidas carbonatadas transparentes, cuyo material de fabricación sea a partir de PET (Tereftalato de polietileno) de 2.5 litros de capacidad.
- Algodón natural
- Grava de río

El procedimiento para la construcción del filtro se realizó de la siguiente manera: se tomó el recipiente plástico transparente previamente lavado con agua del grifo y enjuagado con agua destilada y bidestilada. Luego se cortó por la parte superior a una altura de 25.0 cm de la boca a la base, creando una especie de embudo, colocando la boca del recipiente plástico con su tapón hacia abajo.

Posteriormente, se rellenó el interior del recipiente plástico con una capa de algodón de 6.0 cm, a esta capa se le adicionaron pequeñas cantidades de agua destilada para que quedara bien comprimido. Después se colocó en la parte superior una capa de 6.0 cm de grava lavada, con la intención de proveer soporte al algodón y garantizar que este no se moviera al momento de filtrar. Además de retener los sólidos suspendidos en esta zona.

Como soporte para el filtro y para la recolección de la muestra filtrada, se utilizó otro frasco plástico y se cortó hasta el hombro del mismo aproximadamente 15.0 cm de altura.

Finalmente se colocó el filtro encima del recipiente contenedor. Al recipiente contenedor se le perforó un agujero con la ayuda de una varilla metálica (acero inoxidable) caliente, aproximadamente 3.0 cm por debajo del corte realizado, para evitar que se generará vacío al momento de filtrar.

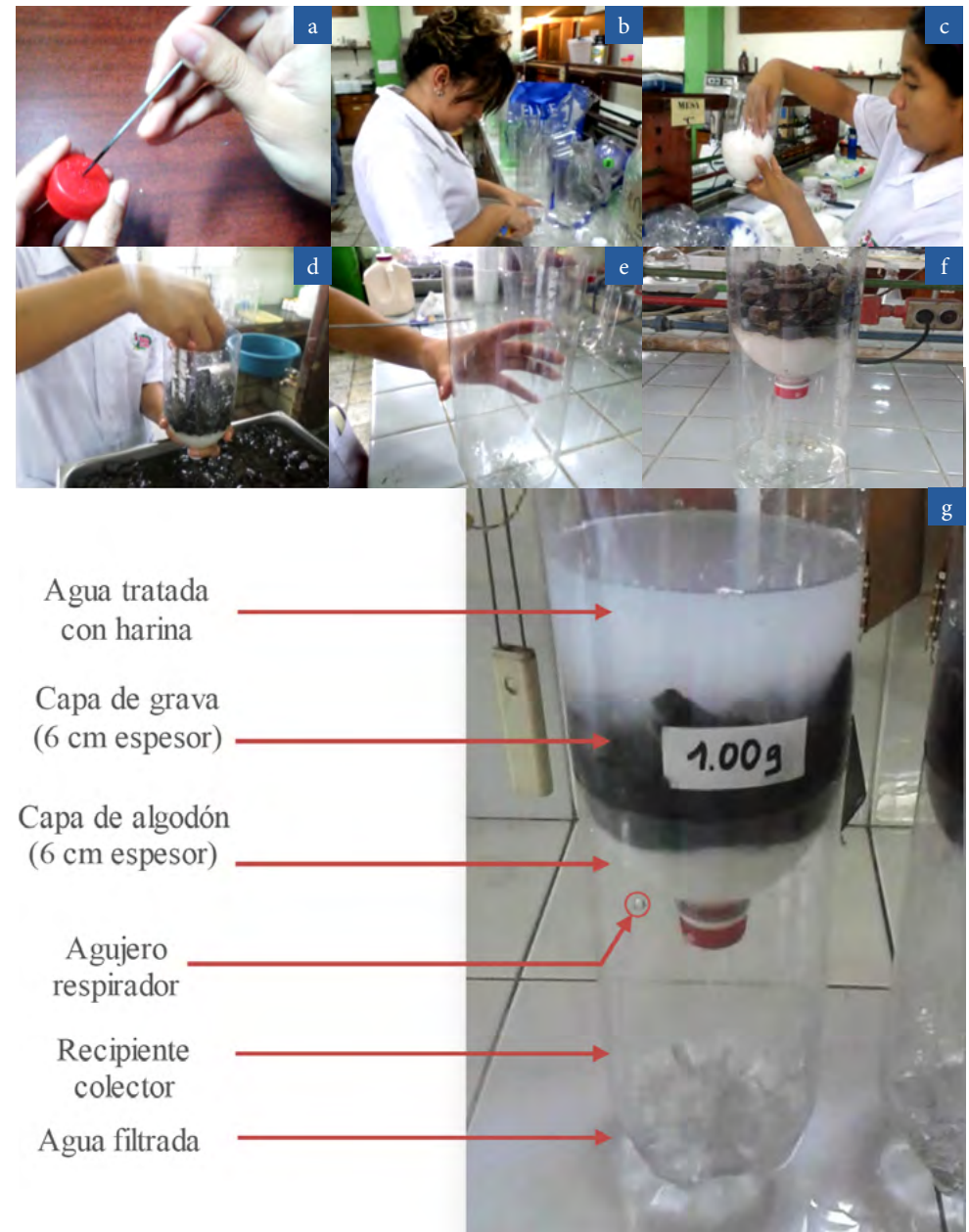


Figura 1. Construcción del filtro casero. a) Perforación del tapón; b) Recorte de los recipientes plásticos; c) Colocación de capa de algodón; d) Colocación de capa de grava; e) Perforación del recipiente contenedor; f) Filtro casero elaborado; g) Filtro con carga de prueba de agua y harina.

Metodología de laboratorio

Procesamiento de la semilla de *M. oleifera* como bioadsorbente

Se recolectaron 2,000 g aproximados de vainas, de las cuales se obtuvieron 812.38 g de semillas con testa de *M. oleifera* con un rendimiento de 627.37 g de harina.

Las semillas de *M. oleifera* se secaron y posteriormente se trituraron, se pasaron por un tamiz de 0.5 mm y se obtuvo un polvo fino homogéneo, similar al de una harina.

La harina se almacenó en bolsas de sello hermético y posterior se guardó en un desecador para su conservación. (Fig. 2).

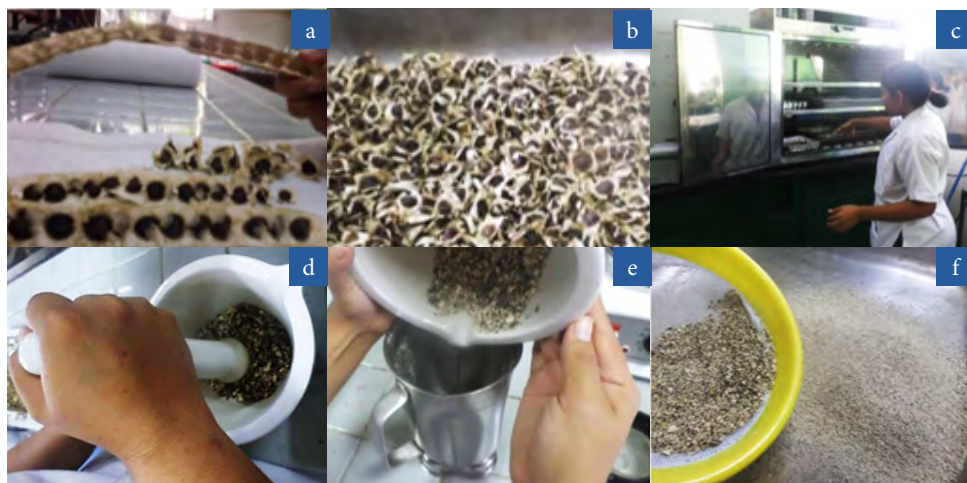


Figura 2. Procesamiento de la semilla de *M. oleifera* como bioadsorbente. a) Extracción de las semillas de la vaina; b) Semillas con testa; c) Secado de las semillas; d) Triturando semillas; e) Semillas pulverizadas; e) Tamizado de la harina.

Preparación de muestras

Se prepararon dos muestras con 40.0 litros de agua cada una, la primera con una concentración aproximada de 1.0 mg/l de arsénico utilizando como fuente de arsénico, el arsenito de sodio (NaAsO_2). La segunda muestra con una concentración aproximada de 1.0 mg/l de plomo utilizando como fuente de plomo, el nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$).

Las muestras de agua enriquecidas con los metales As y Pb, se dosificaron a frascos plásticos limpios y secos de 1.0 litro, que fueron las muestras utilizadas para evaluar cada uno de los tratamientos en estudio.

Preparación de los tratamientos

Se prepararon los respectivos tratamientos de la siguiente forma:

- Se adicionaron dosis de 0.25 g, 0.50 g y 1.00 g de harina de *M. oleifera* (bioadsorbente) a los frascos con muestras de un litro de agua preparadas con As y Pb, luego se agitaron constante durante un minuto, para evitar la formación de grumos. Se dejaron reposar en tiempos de 1 hora, 2 horas y 3 horas, para lograr la sedimentación de los flóculos (grumo de materia orgánica) formados (Cuadro 1).

- Transcurrido el tiempo de reposo, se procedió a filtrar (filtro casero) con el propósito de remover los flóculos formados posterior al tratamiento.

- Finalmente, se realizó el proceso de digestión (método que se usa para reducir interferencias debido a la presencia de materia orgánica y convertir los metales a una forma en que se puedan analizar) de las muestras filtradas y se depositaron en viales, para su conservación se almacenaron en refrigeración.

Cuadro 1. Distribución de tratamientos y repeticiones.

Replicas	Tratamientos	Dosis: 0.25 g/l			Dosis: 0.50 g/l			Dosis: 1.00 g/l		
		Tiempo								
		1 H	2 H	3 H	1 H	2 H	3 H	1 H	2 H	3 H
R ₁	D ₁ T ₁	D ₁ T ₂	D ₁ T ₃	D ₂ T ₁	D ₂ T ₂	D ₂ T ₃	D ₃ T ₁	D ₃ T ₂	D ₃ T ₃	
R ₂	D ₁ T ₁	D ₁ T ₂	D ₁ T ₃	D ₂ T ₁	D ₂ T ₂	D ₂ T ₃	D ₃ T ₁	D ₃ T ₂	D ₃ T ₃	
R ₃	D ₁ T ₁	D ₁ T ₂	D ₁ T ₃	D ₂ T ₁	D ₂ T ₂	D ₂ T ₃	D ₃ T ₁	D ₃ T ₂	D ₃ T ₃	

Análisis de laboratorio

Los análisis de las muestras se realizaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica, con un aparato modelo AA-, marca Shimadzu, utilizando para la determinación de arsénico la metodología de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros y para la cuantificación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

Este análisis se utilizó para medir la concentración de los metales antes y después del tratamiento con el objetivo de verificar la efectividad de las semillas de *Moringa oleifera* en la remoción de dichos metales.

Metodología estadística

Las variables independientes o factores en estudio fueron:

- Dosis de harina de semilla de *M. oleifera*: 0.25, 0.50 y 1.00 g/l
- Tiempo de remoción: 1, 2 y 3 horas

Las variables dependientes o respuesta fueron:

- Porcentaje de remoción de arsénico
- Porcentaje de remoción de plomo

El efecto de tres dosis de harina de semilla de *M. oleifera* y de tres tiempos de remoción fue evaluado por medio de un diseño factorial de tres por tres, dando lugar a nueve tratamientos, se realizaron tres réplicas por tratamiento, con un total de 27 observaciones. Los tratamientos se conformaron de la siguiente manera: (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos (dosis – tiempo).

N° Tratamientos	Dosis (g)	Tiempo (H)
1	0.25	1.00
2		2.00
3		3.00
4	0.50	1.00
5		2.00
6		3.00
7	1.00	1.00
8		2.00
9		3.00

El análisis de las variables en estudio se rigió por el Diseño Factorial, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + FA + FB + AxB + \epsilon$$

Dónde:

- μ = Representa la media de los factores
- FA = Representa al factor Dosis
- FB = Representa al factor Tiempo
- AxB = Representa la interacción entre Dosis y Tiempo
- ϵ = Representa el margen de error del 5% (Gutiérrez y De la Vara 2008).

Para analizar estadísticamente los resultados obtenidos se utilizó el Programa Estadístico InfoStat 2014-E y el Software IBM PASS SPSS 22 Statistics a un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$).

Inicialmente se determinó si el conjunto de datos cumplía con los supuestos del Análisis de la Varianza (ANVA) mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, para los análisis de remoción de As y Pb. A los datos que cumplieron con el supuesto de normalidad se les aplicó un análisis de varianza paramétrico, y para comparar si existían diferencias entre las dosis y tiempo de remoción se utilizó la Prueba de Duncan. A los datos que no cumplieron con el supuesto, se les aplicó un análisis de varianza no paramétrico, utilizando la Prueba de Kruskal-Wallis, y para determinar la existencia de diferencia entre factores se aplicó la prueba de comparación de pares.

Resultados y Discusión

Fase Pre-tratamiento: Se determinó la concentración inicial de arsénico y plomo presente en las muestras de agua antes del tratamiento, obteniendo los resultados reflejados en el Cuadro 3:

A pesar de no ser muestras de agua provenientes de ríos contaminados se adecuaron a una concentración mayor 88% en arsénico y 31.07% en plomo, ya que las concentraciones encontradas en los ríos de El Salvador, en un estudio realizado por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2006) el valor más alto reportado para el contaminante arsénico en agua de río fue de 0.1230 mg/l encontrado en el río Jiboa; mientras que para plomo se reporta el valor más alto en el río Acahuapa, con una concentración de 0.667 mg/l de plomo.

Cuadro 3. Concentración inicial de As y Pb en agua pre-tratamiento.

Concentración inicial muestras de agua		n	Desviación estándar	
Arsénico (As)	Plomo (Pb)		Arsénico (As)	Plomo (Pb)
1.025 mg/l	0.9676mg/l	27	0.0184	0.0016

Fase de post-tratamiento arsénico

A partir de los resultados obtenidos se determinó la remoción final de arsénico, obteniendo los resultados que se muestra en el cuadro 4:

El análisis de varianza para arsénico indica que el modelo estadístico se ajustó correctamente, al igual que para los factores de dosis, tiempo y la interacción entre ellos, aceptando la hipótesis alterna que tanto la dosis como el tiempo por individual, así como su interacción si influyeron en la remoción de arsénico, a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 4. Análisis de varianza paramétrico para As.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.18	8	0.02	35.50	<0.0001
Dosis (g)	0.12	2	0.06	91.86	<0.0001
Tiempo (H)	0.04	2	0.02	30.14	<0.0001
Dosis (g)*Tiempo (H)	0.03	4	0.01	10.00	0.0002
Error	0.01	18	0.00065		

Remoción porcentual de Arsénico

La remoción de arsénico (Fig. 2) experimentó un rango de remoción entre 60.98% a 82.11%, respecto a la concentración inicial obtenida; siendo el tratamiento de 1.00 g – 1 hora el de mayor remoción con un porcentaje de 82.11%. A pesar que este tratamiento presenta una mayor remoción, la diferencia entre tratamientos es mínima, por lo el tratamiento de mejor respuesta es de 0.50 g y 3 horas.

Los resultados obtenidos se comparan con estudios realizados por Vásquez (2016) en la remoción de arsénico en agua para consumo a partir de dosis de hojas de *M. oleífera* (0.25, 0.50 y 0.75 g), donde obtuvo resultados estadísticamente similares en la efectividad de bioadsorción del arsénico, removiendo en promedio hasta un 89% la cantidad inicial en el agua contaminada.

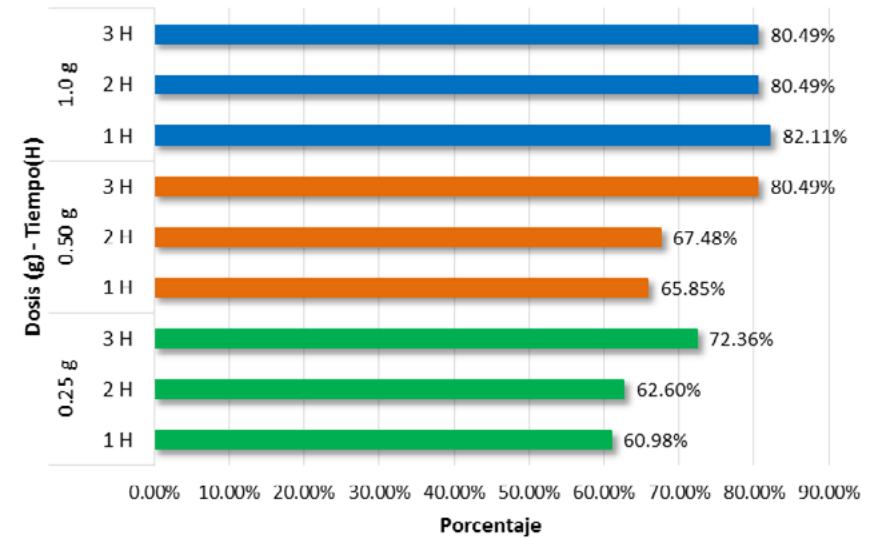


Figura 2. Remoción porcentual arsénico (%).

Resultados de arsénico comparados con normativa NSO 13.07.01:08 para agua potable

En la figura 3 se observa detalladamente el comportamiento de las medias de los tratamientos, respecto a la concentración exigida por normativa.

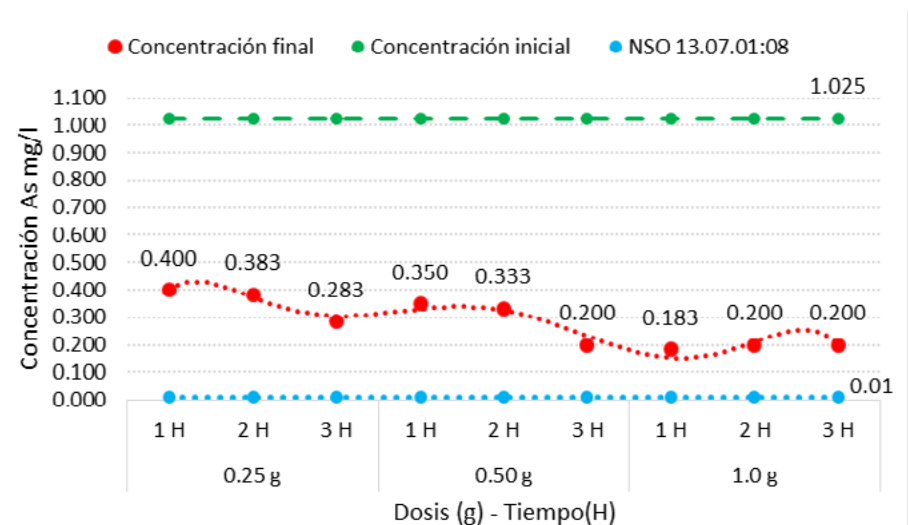


Figura 3. Comparación de la remoción de arsénico según normativa para agua potable.

Esta comparación al igual que en los valores porcentuales, el tratamiento de 1.00 g – 1 hora fue el de mayor remoción con concentración final más baja (0.183 mg/l) respecto al resto de tratamientos; sin embargo no logró cumplir con los requerimientos de normativa.

Comparaciones estadísticas entre tratamientos de arsénico

A continuación se expresa gráficamente el comportamiento estadístico de los tratamientos de arsénico determinando la existencia o no de las diferencias entre tratamientos:

La figura 4 refleja el comportamiento de las medias de los tratamientos, donde indica que el tiempo y la dosis presentan un efecto significativo a un nivel de confiabilidad del 95% sobre la remoción del arsénico, este efecto se presenta de forma inversamente proporcional, ya que a medida se aumenta la dosis, el tiempo de contacto disminuye para obtener una mayor remoción, en cambio al disminuir la dosis, el tiempo de aumentarse para obtener mayor remoción. Por lo que en la presente investigación se define que el tratamiento ideal recomendado para lograr los resultados deseados es de 0.50 g y 3 horas.

Similares resultados obtuvo Vásquez (2016) en su investigación sobre bioadsorción de arsénico utilizando la hoja de *M. oleifera*, consiguió que todos los tratamientos fueron estadísticamente similares en efectividad en la bioadsorción de arsénico. Sin embargo, observó una tendencia de reducción de arsénico en el agua al incrementar la dosis de polvo de hoja.

Fase de post-tratamiento plomo

A partir de los resultados obtenidos se determinó la remoción final de plomo, obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 5.

El análisis de varianza no paramétrico para plomo indica que el modelo estadístico se ajustó correctamente, y a pesar que sus medias presentan efectos similares en todos los tratamientos, se acepta la hipótesis alterna que indica que existen diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Remoción porcentual de plomo

En el caso del plomo las concentraciones se removieron arriba del 98%, cumpliendo los límites máximos exigidos por normativa para agua potable NSO 13.07.01:08, e incluso se presentaron valores inferiores al máximo permitido por dicha norma, según se detalla en la figura 5.

La remoción de plomo expresó un rango de remoción entre el 98% y el 99.90% comparados con los valores iniciales; a pesar que las diferencias entre tratamientos es mínima, los que obtuvieron mejores resultados fueron

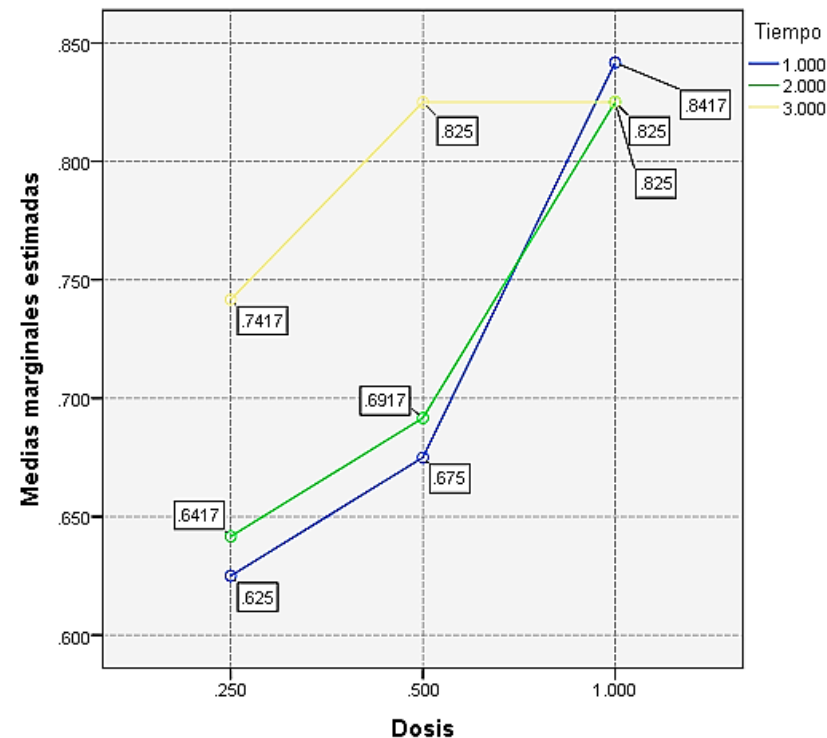


Figura 4. Efecto dosis-tiempo en la remoción de arsénico.

Cuadro 5. Análisis de varianza no paramétrico para Pb.

Variable	Dosis (g)	Tiempo (H)	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Remoción final	0.25	1.00	3	0.96	0.01000	0.96	19.29	0.0089
	0.25	2.00	3	0.96	0.00120	0.96		
	0.25	3.00	3	0.96	0.00120	0.96		
	0.50	1.00	3	0.96	0.00100	0.96		
	0.50	2.00	3	0.96	0.00058	0.96		
	0.50	3.00	3	0.97	0.00000	0.97		
	1.00	1.00	3	0.96	0.00058	0.96		
	1.00	2.00	3	0.97	0.00000	0.97		
	1.00	3.00	3	0.97	0.00000	0.97		

el tratamiento de 0.50 g – 3 horas y los tratamientos de 1.00 g para 2 y 3 horas, removiendo hasta un total de 99.90%.

En un estudio realizado en semillas de *M. oleifera* para la eliminación de iones de manganeso a partir de soluciones acuosas, se determinó que las semillas de *M. oleifera* son muy eficientes en la eliminación de iones de manganeso a partir de suministros de agua potable que tienen niveles de este metal por encima de los límites legales. Las eficiencias de extracción del metal fueron mayores que 95% a partir de muestras de agua (Marqués *et al.* 2013).

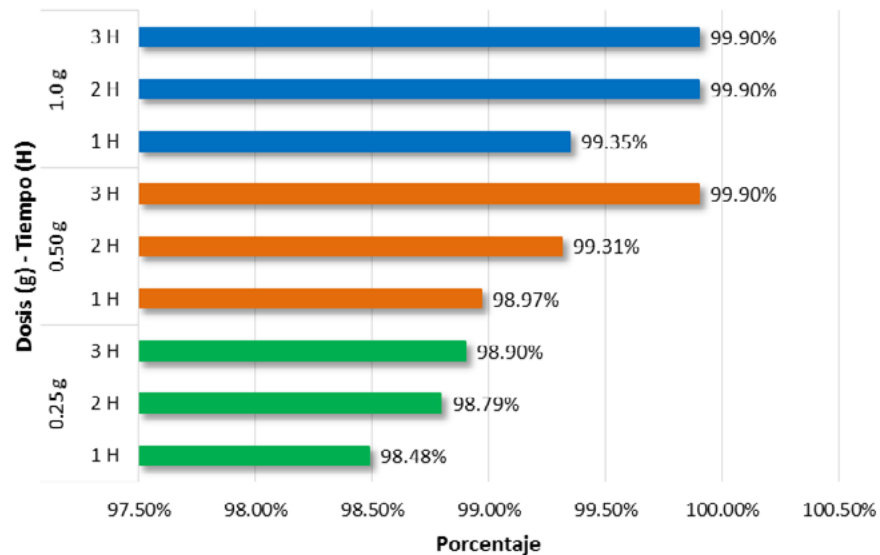


Figura 5. Remoción porcentual de plomo (%).

Resultados de plomo comparados con normativa NSO 13.07.01:08 para agua potable

Al comparar la remoción de los metales con los valores exigidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08 (CONACYT 2009), se obtuvieron los siguientes resultados:

El arsénico a pesar de haber removido más del 80%, no obtuvo valores similares o cercanos a los exigidos por la normativa NSO 13.07.01:08 para agua potable. En el cuadro 6 se detallan los resultados de medias obtenidas en los tratamientos.

Cuadro 6. Comparación de resultados de plomo con valores exigidos por normativa NSO 13.07.01:08.

Dosis	Tiempo (H)	NSO 13.07.01:08 Arsénico	Concentración inicial	Concentración final
0.25	1	0.01 mg/l	0.9676 mg/l	0.015
	2			0.012
	3			0.011
0.50	1			0.010
	2			0.007
	3			0.001
1.00	1			0.006
	2			0.001
	3			0.001

Las medias de los tratamientos de 0.50 g y 1.00 g para los tres tiempos indican que cumplen con la concentración exigida por normativa, lo que hace más confiable el uso de dichos tratamientos para el agua de consumo.

En la figura 6 se describe dicho comportamiento, en donde la concentración inicial se redujo incluso por debajo del límite exigido.

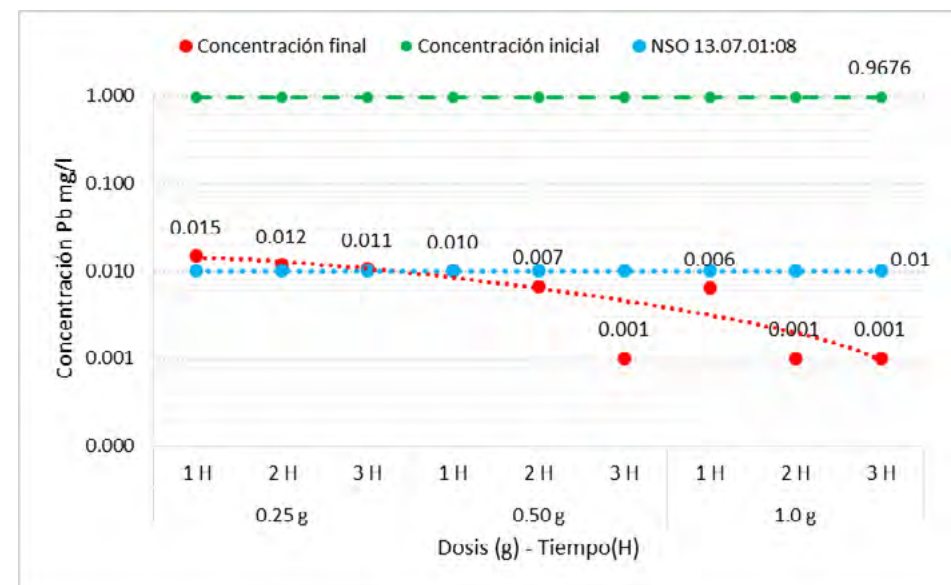


Figura 6. Comparación de la remoción de plomo según normativa para agua potable.

Recientemente, la bioadsorción ha sido propuesta como un procedimiento de tratamiento alternativo en la remoción de metales pesados en sistemas acuosos. En este sentido, los estudios de investigación en torno al Teberinto se han centrado en estudiar su potencial para resolver esta problemática medioambiental (Rodríguez *et al.* 2015), y sobre todo ofrecer alternativas económicas, efectivas y seguras en la obtención de agua de calidad incluso en lugares que no se tiene el acceso a agua potabilizada.

Dentro de las ventajas de la bioadsorción encontramos que pueden ser aplicados tanto en soluciones individuales como en sistemas comunitarios; la operación y el mantenimiento son más sencillos, ya que no se requiere adicionar químicos, junto con el hecho de que pueden ser modificados para incrementar la eficiencia (Acuña *et al.* 2016).

Para el plomo todos los tratamientos evaluados resultaron positivos; la diferencia de remoción entre tratamientos es mínima.

Comparaciones estadísticas entre tratamientos de plomo

En la Figura 7 se observa que tanto las dosis como el tiempo influyen significativamente sobre la remoción de plomo a un nivel de confianza del 95%, dicha influencia es directamente proporcional, ya que a medida se incrementa la dosis, el tiempo de contacto para remoción aumenta, sin embargo la tendencia en la gráfica indica que se alcanza un pico máximo de remoción en dosis de 0.50 g y 3 horas, a pesar de seguir incrementando la dosis, la remoción se mantendrá constante y no seguirá removiendo más concentración de metal, por eso se determina como tratamiento ideal para la remoción de plomo 0.50 g – 3 horas en comparación con los demás tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (2015), se evidencia el potencial bioadsorbente de las cápsulas de *M.oleifera* en la remoción de Mn (II) en sistemas acuosos bajo las condiciones experimentales usadas de 25 ml de solución de 4 mg/l Mn (II) y 0.25 g de cápsulas de *Moringa* natural, tratadas hidrotérmicamente y con NaOH 0.1 mol/l. El porcentaje óptimo de remoción fue alcanzado a los 5 min (79%, 97% y 98% respectivamente).

Por tanto, con estas investigaciones queda demostrado que los tratamientos de agua utilizando las partes como semillas y las hojas del árbol de *Moringa oleifera* Lam. incrementa la capacidad de adsorción de especies metálicas. Además, el empleo de este bioadsorbente de metales pesados ofrece un proceso de bajo costo, fácil adquisición, eficiente en tiempo, amigable al ambiente y a pH relativamente neutros.

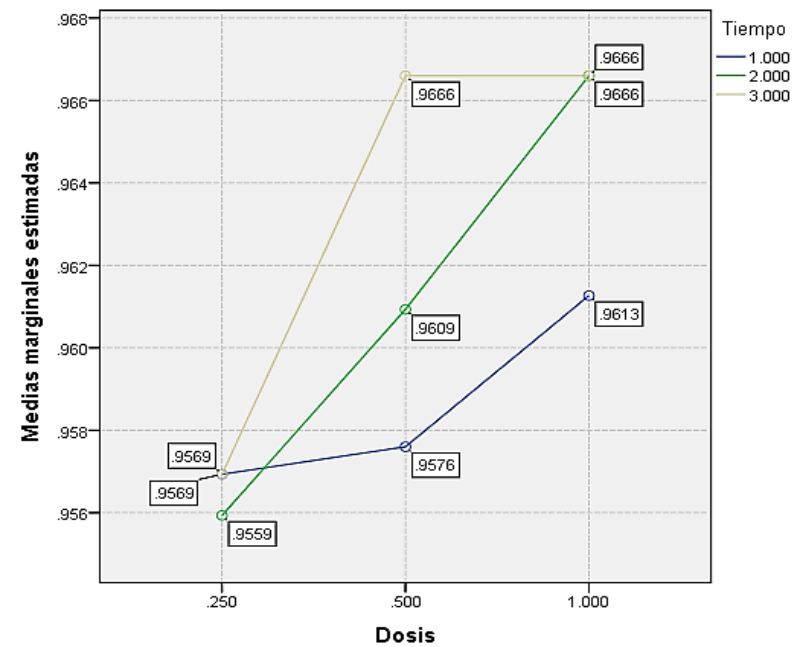


Figura 7. Efecto dosis-tiempo en la remoción de plomo.

Conclusiones

Las concentraciones de arsénico se redujeron hasta en un 82.11% a partir de la concentración inicial, mientras que las de plomo se redujeron hasta en un 99.90%; lo anterior es debido al proceso de adsorción que permite la captación activa o pasiva de los iones metálicos.

Los efectos dosis y tiempo presentan diferencias significativas sobre la remoción de arsénico, indican un comportamiento inversamente proporcional, a medida se incrementa la dosis, el tiempo de contacto se reduce y viceversa.

Para la remoción de plomo, los efectos presentan diferencias significativas con un comportamiento directamente proporcional, ya que a medida se incrementa la dosis, el tiempo de contacto aumenta.

Al comparar los resultados de remoción de arsénico con los valores exigidos por normativa para agua potable NSO 13.07.01:08 se determinó que no cumplen con dichos valores, pues el rango de concentración final de arsénico (0.18 – 0.40 mg/l) es superior a los límites máximos permisibles para agua potable (0.01 mg/l).

Comparando los resultados obtenidos en plomo con la normativa para agua potable NSO 13.07.01:08 se determinó que todos los tratamientos lograron remover la concentración de plomo a niveles iguales o inferiores a los exigidos por dicha normativa.

Recomendaciones

Se recomienda como tratamiento ideal la dosis de 0.50 g con tiempo de 3 horas, pues los resultados indican que este tratamiento se mantiene estable y garantiza obtener resultados más confiables al momento de su aplicación.

El método de remoción de metales pesados en agua destinada al consumo humano usando como bioadsorbente la semilla de *Moringa oleifera* Lam. aquí evaluado, constituye únicamente un proceso de tratamiento físico-químico del agua, por lo que es necesario aplicar algún método de desinfección ya sea: ebullición, cloración, desinfección solar, entre otros, ya que el método evaluado constituye un tratamiento físico-químico, con el objetivo de garantizar la eliminación de organismos patógenos.

Después de utilizado el filtro este se debe desarmar y volver a lavar bien, con parte del agua tratada, tanto el envase como la grava, y remplazar el algodón ya que este acumula las partículas de harina de semilla de *M. oleifera* y tiende a generar mal olor pasadas 24 horas.

El agua tratada debe ser consumida en un periodo no mayor a 24 horas, pues por las proteínas y demás componentes presentes en la semilla de Teberinto, el agua tiende a descomponerse, generando mal olor.

Bibliografía

Acuña, A.; Araya, A.; Romero, L. 2016. Selección teórica de absorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 29(3):23-34.

Blanco, A. 2008. Estudio de los niveles de Plomo, Cadmio y Arsénico en aguas de la provincia de Salamanca. Salamanca, ES. p. 4-6

Carranza, F. 2015. Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano. Tesis M. Sc. San Salvador, SV, UES. 112 p.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, SV). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07. 01:08 Agua, Agua Potable (en línea). Consultado 29 abr. 2017. Disponible en http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf

Gómez, K. 2010. Eficiencia del coagulante de la semilla de *Moringa oleifera* en el tratamiento de agua con baja turbidez. Tesis Ing. en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano. 20 p.

Marqués, T.; Alves, V.; Coelho, L.; Coelho, N. 2013. Assessment of the use of *Moringa oleifera* seeds for removal of Manganese Ions from Aqueous systems. *BioResources* 8(2):2738-2751.

Rodríguez, M.; Flores, S.; Rangel, M.; Cubillán, L.; Argotte, A. 2015. Estudio de la remoción de manganeso (II) a partir de sistemas acuosos usando cápsulas de *Moringa oleifera* como bioadsorbente. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 46:424-433.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2006. Informe Final Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador. Contrato MARN-BID-1209/OC-ES No.60/2006 (en línea). Consultado 26 nov. 2016. Disponible en <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00246/doc00246-contenido.pdf>

Tejada, C.; Villabona, Á.; Garcés, L. 2014. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Cartagena, CO. Editorial Tecno lógicas. Vol. 18. p. 109-123

Vásquez, F. 2016. Biosorción de arsénico por hojas de *Moringa*, Tesis Ing. Procesos ambientales. Torreón, MX, UAAAN. 51 p.

Efecto de probiótico a base de *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp. y *Lactobacillus* sp. en la sobrevivencia y crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei* en la Estación de Maricultura Los Cóbanos, Sonsonate

Díaz Palacios, MA
Estudiante tesista
Departamento de Zootecnia
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Montes Rafailano, MG
Estudiante tesista
Departamento de Zootecnia
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

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

Navarrete, MT
Docente director
Ministerio de Agricultura y Ganadería, CENDEPESCA.

Resumen

Con nauplios de *Litopenaeus vannamei* cultivados en pilas de levantamiento larval, se estudió el efecto de un probiótico comercial a base de cuatro bacterias benéficas (*Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp. y *LactoBacillus* sp.), en la Estación de Maricultura Los Cóbano con 3.6 millones de larvas procedentes de la misma Estación. Las larvas se desarrollaron desde la fase de Nauplio hasta Postlarva III en un período aproximado de 18 días. Se utilizó la prueba T de Student con parcelas pareadas para igual y diferente número de observaciones evaluando dos tratamientos: T₀ fue el tratamiento testigo, y T₁ el tratamiento alternativo con probiótico comercial, cada uno con dos repeticiones físicas, y de 16 a 36 repeticiones en el tiempo aproximadamente durante el experimento. Durante la investigación, las larvas se vieron sometidas a desafíos causados por factores no controlables: falta de microalgas y recambios por defectos de la bomba de la Estación. Estos eventos influenciaron la sobrevivencia de la población en estudio, sin embargo, la aplicación del probiótico alcanzó una sobrevivencia de larvas de camarón marino del 42% contra un 30% del tratamiento testigo ($P \leq 0.05$). En el análisis bacteriológico del agua de ambos tratamientos no se aislaron patógenos, únicamente *Escherichia coli* dentro de los rangos permitidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria 2009 (<1.1 NMP/100ml); no obstante, el recuento total de mesófilos aerobios en T₁ reportó un número menor en comparación de T₀, donde fue demasiado numeroso. El resultado de Reacción de la Cadena de Polimerasa, mostró positivo en una repetición en una repetición de T₁ a Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa. La relación de beneficio-costo (B-C) de T₁, mostró el mejor beneficio neto con \$749.22 superando a T₀.

Palabras clave: *Litopenaeus, vannamei*, probiótico, sobrevivencia, larval, levantamiento, larval, camarones, camaricultura, bacterias.

Abstract

The study was focused on the effect of a probiotic product based in four nonpathogenic bacteria (*Bacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Pediococcus* spp. and *LactoBacillus* spp.) with *Litopenaeus vannamei* nauplii on Estación de Maricultura Los Cóbano with 3.6 million from parent stocks from the same hatchery laboratory. The usual management given to the larvae in the Estación was compared with a treatment with probiotic; these larvae were grown from Nauplius till Postlarvae III in approximately 18 days. Student's t distribution for different and equal samples was used, valuating 2 treatments: where T₀ was the control treatment and T₁, the alternative treatment adding probiotic. Each treatment had 2 physic repetitions and 16 to 36 time repetitions in the experiment. During the cycle, the larvae were influenced by non-controllable factors such as the lack of micro-algae and none water exchange for a period of days because mechanical breakdown of the bomb used in the Estación. These events had a significant effect on the survival rate, though the probiotic treatment shown better survival rates ($S \leq 12\%$) than the control treatment. The bacterial analysis of the water had the absence of pathogens, the only isolated bacteria was *Escherichia coli* with <1.1 NMP/100ML, which is in the allowed range according to the Norma Salvadoreña Obligatoria 2009.

Even though, the total aerobic mesophilous bacteria recount on the probiotic treatment was low compared to the control treatment, which had too many for counting. In the PCR analysis, T1R2 was positive to IHHNV. The cost-payoff relation of the probiotic treatment larvae showed better neat earning with \$749.22, exceeding the control treatment.

Key Words: *Litopenaeus, vannamei*, probiotic, survival, rate, larvae.

Introducción

En los últimos años el rubro de la camaricultura ha ido mejorando con los avances tecnológicos en el manejo, alimentación y desarrollo larvario. Con el tiempo, la búsqueda de especímenes resistentes a enfermedades se implementó el uso de antibióticos en el ciclo biológico del camarón al ser cultivado masivamente en explotaciones, promoviendo el control más estricto de las enfermedades. La implementación de estos productos comerciales en el mercado acuícola no sólo permitió controlar las enfermedades, sino también al haber abusado de los antibióticos, las bacterias se volvieron resistentes a estos. Además del riesgo de que el camarón al salir al mercado presente residuos en sus tejidos

Este hallazgo obligó a que se prohibiera el uso de estos productos. Como contraparte surgieron alternativas, así diferentes asociaciones de camaricultores han optado por el uso de productos que benefician no sólo a la salud del camarón, sino también a los consumidores, ya que no existe peligro de residuos dañinos (FDA, 2008).

Los probióticos, productos inocuos para la salud del camarón, son bacterias apatógenas que promueven al sistema inmune de estos. En la última década, el uso de probióticos ha tenido un auge substancial entre las empresas camaroneras de vanguardia, como es el caso de una de las empresas más importantes de la costa pacífica de Guatemala que han decidido implementar el uso de probióticos, mejorando la sobrevivencia e incrementando la productividad (Aguirre y Ascencio, 2003).

Por ello la aplicación de probióticos en los cultivos se vuelve una alternativa viable para promover la salud de los crustáceos y beneficiar al productor con animales resistentes a enfermedades, oportunidades de exportación y también a los consumidores con un producto más saludable.

A pesar de existir diferentes aplicaciones para los probióticos, ya sea en el engorde o fase larvaria del camarón, la presente investigación se enfocó en la evaluación de un probiótico aplicado al medio acuático compuesto de un complejo de bacterias (*Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp. y *LactoBacillus* sp.) en el ciclo larvario del camarón marino *Litopenaeus vannamei*, con el propósito de incrementar el nivel de sobrevivencia y desarrollo de las mismas.

Materiales y Métodos

Ubicación, Duración, Unidades Experimentales

El estudio es de tipo descriptivo, experimental, relacional y explicativo a través del cual se determinó la influencia del uso de probióticos en la sobrevivencia en el ciclo larval de *Litopenaeus vannamei* y su importancia económica. La investigación de campo se realizó entre los meses de enero y marzo de 2012, donde la fase de capacitación de manejo y protocolos empleados en la Estación comprendió del 3 al 16 de enero y del 7 al 20 de febrero y, la fase experimental del 21 de febrero al 9 de marzo. La Estación de Maricultura Los Cóbanos es una dependencia del Centro de Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura y Ganadería, ubicada en el municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, El Salvador. Ubicada entre los 13°32'40.61"N y 89°49'23.70"O, con una elevación de 4 msnm. La población experimental estuvo conformada por 3.6 millones de larvas aproximadamente del género *Litopenaeus vannamei* procedentes de la misma Estación, desarrollándolas desde Nauplio hasta PL3.

Metodología de campo

El agua que se utilizó para el experimento, fue tomada directamente del mar y recolectada en las pilas de tratamiento ubicadas fuera del laboratorio. Se aplicó cloro diluido a razón de 10-15ppm por tonelada de agua, con constante aireación por medio de tubería y a la intemperie de 1-2 días. Se empleó la prueba OTO Test para detectar residuos de cloro en el agua antes de ser usada en el laboratorio, también antes de dar paso a los reservorios dentro del laboratorio, el agua pasó por un filtro especial de arena para absorber partículas extrañas que aún estuvieran presentes. Para ser usada en el cultivo de larvas, el agua cumplió con parámetros que fueron mantenidos durante todo el ciclo: 28-31°C de temperatura, pH de 7.4-8.5, oxígeno superior a los 5ppm y 28-35 ups de salinidad.

Las larvas se criaron en pilas de concreto con dimensiones de 2m x 4m con 2 metros de profundidad, con una capacidad de 10 toneladas de agua y con un sistema propio de aireación. Se emplearon 4 pilas en total para desarrollar las larvas. Durante el día, se realizaron recambios de agua (cuando fue necesario), esta se sifonó por medio de un tubo de PVC recubierto con malla 150 micras, así las larvas no escaparon por el desagüe ubicado al centro del laboratorio. La limpieza de las pilas se realizó diariamente, exceptuando los primeros tres días siguientes a la siembra de Nauplios pues se agregan las microalgas. En las pilas de T₁ se añadió el probiótico desde la siembra hasta

la cosecha en PL3 y se aplicaba cada 24 horas. En T₀ se realizó el tratamiento para enfermedades usual en la Estación empleando yodo y formalina. La alimentación de las larvas para ambos tratamientos se ejecutó como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Alimentación durante el experimento.

Alimento	Estadio		Cantidad (g)	No. De veces / día	Ración
	Microalga	Nauplio 5		1000	
Zoea I a III			500		
Mysis I a III			200-500		
Postlarva 1 a 6			200-500		
Artemia	Zoea III		5		Congelada ³
	Mysis I a III		10-15		
	Postlarva 1		20	4 ²	
	Postlarva 2 a 6		25-80		
Alimento artificial	Mix	Zoea III	5	2 ⁵	150
		Mysis I a III	8-10		56
	Mix 2	Postlarva 1	10	4 ⁸	56
		Postlarva 2 a 4	10-15		56
	Mix 2	Postlarva 5-6	15-25		Sin tamizar

¹Las cantidades de microalgas se mantuvieron siempre que hubiera disponibilidad en la Estación. La cantidad proporcionada depende del estadio en que se encuentra la larva, en este caso, los primeros estadios necesitan mayor cantidad y a que es su alimentación principal

²Horario: 3:00 am, 9:00 am, 3:00 pm y 9:00 pm.

³Disuelto en 10 litros de agua de mar tratada.

⁴Disuelto en 19 litros de agua de mar tratada.

⁵Horario: 12 am y 12 pm.

⁶En agua salada tratada.

⁷El alimento se tamizaba antes de diluirlo. 150 Mesh equivalente a 108 micrómetros.

⁸Horario: 6 am, 12 pm, 6 pm y 12 am.

En ambos tratamientos se realizaron de 2 a 3 conteos volumétricos de sobrevivencia, empleando el método utilizado en la Estación en tres momentos durante el ciclo: SV1 (día en que las larvas fueron “sembradas”), SV2 (cuando las larvas estaban en estadio de Mysis I) y SV3 (día en que las larvas fueron cosechadas). Para este, se utilizó un beaker de 250ml para tomar 4 muestras del medio acuático en puntos representativos de la pila completando 1 litro y así calcular la equivalencia de larvas vivas en 1 litro a la capacidad total de la pila de 10,000 litros. En cada momento se realizaron 3 muestreos de 1 litro. En conjunto se llevaron registros de cada una de las pilas, en esta bitácora se detallaron aspectos como temperatura, alimento suministrado, horarios de alimentación, salinidad entre otros. El probiótico utilizado fue un producto comercial que contiene *Bacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp y *LactoBacillus* sp., con un mínimo de 3x10¹² ufc. La cantidad de probiótico se proporcionó acorde al estadio larval, la calidad de agua y a las condiciones de las larvas; su aplicación fue cada 24 horas y durante las noches en todo el ciclo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Gramos de probiótico utilizados.

Estadio	Días promedio por estadio	Probiótico (g / 100,000 larvas sembradas)	Total de probiótico g/ millón/ día
Nauplio	2	5,0	50
Zoea	4	4,0	40
Mysis	4	3,0	30
Postlarva	4	3,0	30

Metodología diagnóstica

Las variables siguientes se utilizaron como técnicas diagnósticas de laboratorio para detección de patógenos:

Análisis microbiológico del agua: Detección de *Vibrio* sp, *Salmonella* sp, *Clostridium* sp y *E. coli* del agua remanente de las pilas e hisopados de las paredes y fondo. Se realizaron al final del ciclo larval.

Reacción de la Cadena de polimerasa (PCR): Se utilizaron especímenes PL3. La prueba se realizó por personal de los laboratorios de la Dirección General de Sanidad Vegetal y Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Este se realizó al final del experimento, el día de la cosecha de larvas.

Metodología estadística

Se utilizó la prueba de T de Student con parcelas pareadas para igual y diferente número de muestras ya que este se ajustó a la naturaleza del experimento, además que facilita el manejo de los tratamientos y la medición de las variables en estudio. En donde T₀: testigo o control (tratamiento rutinario de larvas en la Estación de Los Cóbano) y T₁: Aplicación del probiótico en el ciclo larval. Cada tratamiento contó con dos repeticiones físicas: T₀R₁, T₀R₂, T₁R₁ y T₁R₂, donde se realizaron de 16 a 36 repeticiones en tiempo.

Las variables en estudio fueron Y1 = Porcentaje de sobrevivencia (por método volumétrico), Y2= Análisis microbiológico del agua (patógenos en el ambiente), Y3= Reacción de la Cadena de Polimerasa PCR (resistencia de sobrevivientes). Los parámetros físico-químicos del medio acuático fueron temperatura y salinidad.

Metodología económica

El análisis estadístico se acompañó de un análisis económico para evaluar la nueva tecnología investigada, para lo cual se hizo uso de la metodología propuesta por el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT, 1988), el cual consistió en un análisis de presupuesto parcial.

Resultados y Discusión

Sobrevivencia larval

Los resultados alcanzados en el análisis de esta variable, permiten afirmar que la aplicación del probiótico experimentado alcanzó una sobrevivencia del 42% contra un 30% del tratamiento testigo. Estadísticamente los tratamientos en estudio produjeron efectos diferentes en la sobrevivencia de larvas de camarón marino *Litopenaeus vannamei* ($P \leq 0.05$).

Las larvas tratadas con probiótico mostraron en el estadio de Zoea un hilo fecal más largo que las del tratamiento testigo, indicador de un mayor consumo de alimento (microalgas), por lo que se decidió complementar con alimento artificial, y a su vez comenzar con los recambios de agua.

En el momento en que los recambios de agua formaron parte importante de la rutina, la bomba que extrae el agua de mar, sufrió desperfectos, imposibilitando los recambios de agua donde se desarrollaba el camarón durante la fase larval de Zoea I a Mysis II. Durante dos días consecutivos, no se eliminaron los desechos producidos por las larvas y microalgas, estas últimas al tener un ambiente favorable para la replicación, crecieron excesivamente y llegaron a colonizar el exoesqueleto de las larvas denominado fouling epibionte.

Otro factor que influyó en la sobrevivencia fue la mala calidad y carencia de microalgas como alimento. Una baja calidad del agua y de microalgas desencadenan una disminución en la sobrevivencia y crecimiento, retraso en la muda o estadio, deformidades anatómicas e incremento del fouling epibionte.

Está demostrado que en el estadio de Zoea se han asociado altas mortalidades con la calidad de alga que se brinda y una insuficiente concentración de la misma puede producir una falta de las reservas necesarias para completar su muda a Mysis (FAO, 2004).

A pesar de la baja sobrevivencia en todas las pilas, las larvas del tratamiento probiótico mostraron una diferencia superior del 12% (Fig. 1), demostrando lo mencionado por Aguirre y Ascencio, (2003), que el empleo de probióticos como alternativa, puede aumentar la sobrevivencia y mejorar el crecimiento de las larvas juveniles y adultas.

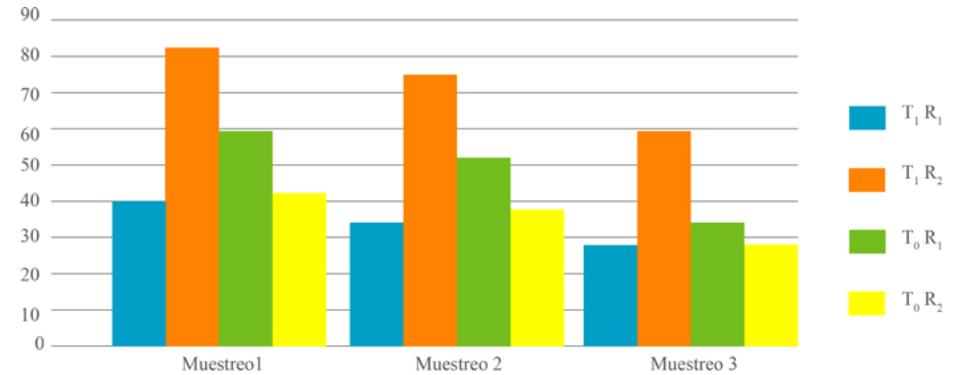


Figura 1. Muestras de sobrevivencia de larvas de camarones por tratamientos.

Temperatura

La temperatura fue tomada una vez al día en ambos tratamientos. Se concentraron los datos en dos grupos de 8 días cada uno: primera y segunda semana. De los 32 datos obtenidos por tratamiento al final del experimento se compararon entre ambos para saber si hubo alguna variación.

Del pareo de los datos de T1 con T0, resultaron 12 pruebas de T donde se comparan T₁R₁, T₁R₂, T₀R₁ y T₀R₂ entre sí.

Los tratamientos estadísticamente manifestaron efectos diferentes ($P \leq 0.05$), reportándose las menores temperaturas en el tratamiento probiótico, y las mayores en el tratamiento control. Sin embargo, en T₁R₁ comparado con T₀R₂ en la primera semana y T₁R₁ contra T₁R₂ de la segunda semana, se observó variación, debido a que el calentador en T₁R₁ presentó desperfectos de funcionamiento manifestando una diferencia de temperatura aproximadamente de 1°C.

Existen leves variaciones en las comparaciones de T₁ y T₀, pero estas no afectaron el desarrollo larval del camarón pues se mantiene dentro de los rangos normales, tal como sostiene Brock y Main, (1994) quienes confirman que los intervalos óptimos para la cría de camarón oscilan entre 23°C a 30°C,

pero en 2004, FAO hace un énfasis que la temperatura para larvicultura debe ser mantenida entre 28°C y 32°C. En el cuadro 3 se muestran los promedios de temperatura registrados en la investigación. El tratamiento con mayor temperatura promedio en el experimento fue T₀R₁ con 31 °C, mientras que el tratamiento que se mantuvo con una temperatura menor fue T₁R₁ con 29.4 °C de promedio (Cuadro 3). La temperatura promedio durante todo el experimento de T₁ fue de 29.8 °C y en T₀ de 30.6 °C.

Cuadro 3. Promedio de temperatura en ambos tratamientos durante el experimento.

Tratamiento	T° primera semana	T° segunda semana	T° promedio durante el experimento
T ₁ R ₁	29.9°C	29.0°C	29.4°C
T ₁ R ₂	30.5°C	29.8°C	30.2°C
T ₀ R ₁	31.0°C	31.0°C	31.0°C
T ₀ R ₂	30.0°C	30.4°C	30.2°C

Salinidad

La alta tolerancia de *L. vannamei* a diversas salinidades hacen que esta especie sea un excelente candidato para cultivarlo en diversos países del mundo (Lucas, 2009). Por lo general cada etapa del desarrollo tiene un rango óptimo de salinidad para su normal desarrollo: así, las larvas se desarrollan a salinidades entre 28 y 35 % mientras que las postlarvas tienen una tolerancia más amplia a los cambios de estas variables (Zein-Eldin, 1969).

De las lecturas diarias de la salinidad, se obtuvieron 32 datos por T de Student durante todo el experimento. Se hicieron dos grupos correspondientes a la primera semana y segunda semana, y se parearon todos los datos entre T₁R₁, T₁R₂, T₀R₁ y T₀R₂ obteniendo 12 pareos.

Estadísticamente la salinidad en los tratamientos en estudio produjeron efectos iguales, es decir que las salinidades se comportaron de igual manera para T₁ y T₀ exceptuando las comparaciones de la T₁R₁ contra T₀R₂, T₁R₂ contra T₀R₁ y T₁R₂ contra T₀R₂ medidas en la primera semana del experimento producto de un cambio momentáneo en la salinidad del mar. Sin embargo el rango de salinidad estaba dentro de los parámetros por lo que no se percibió ningún problema (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedio de salinidad en ambos tratamientos.

Tratamiento	Primera semana	Segunda semana	Promedio durante el experimento
T ₁ R ₁	33.3 ups	33.8 ups	33.5 ups
T ₁ R ₂	32.9 ups	33.1 ups	33.0 ups
T ₀ R ₁	34.4 ups	34.0 ups	34.3 ups
T ₀ R ₂	34.8 ups	34.1 ups	34.0 ups

La pila que presento menos salinidad fue T₁R₁ de tratamiento probiótico con una salinidad media de 33 ups mientras que la de mayor salinidad fue T₀R₂ con una salinidad promedio de 34 ups.

Las salinidades en el experimento se mantuvieron entre 32.9 y 34 ups, cumpliendo con los rangos establecidos por FAO (2004), que establece que la salinidad debe de mantenerse mayor a 30 ups en larvicultura, así pueden obtenerse postlarvas de buena calidad.

Análisis microbiológico

Se realizó una prueba microbiológica del agua de cada una de las pilas al final del experimento para saber si existía presencia de *Vibrio* sp., *Salmonella* sp., *E. coli* y *Clostridium* sp., bacterias que pueden afectar a la larva durante su desarrollo.

Según FAO (2004), en el análisis del agua debe haber ausencia de patógenos y no debe existir luminiscencia. Mientras que en las especificaciones establecidas en la Norma Salvadoreña Obligatoria 2009, menciona que el recuento total de mesófilos aerobios en el análisis del agua, el rango permitido es <1.1 NMP/100ml.

Durante el experimento tanto en el tratamiento probiótico como en testigo se detectó ausencia de *Vibrio* sp. consecuentemente se observó ausencia de luminiscencia al realizar las observaciones de nivel 1 estipuladas por la FAO en 2004.

Una de las bacterias encontradas en el análisis fue *Escherichia coli* tanto en el tratamiento probiótico como en el testigo, sin embargo en ambos casos no presentó amenaza pues se encontraba dentro del rango permitido que es <1.1 NMP/100ml.

Esto demuestra la exclusión competitiva como mecanismo de acción de los probióticos ya que al proporcionar un microorganismo benéfico (probiótico) al medio donde se encuentran las larvas, juveniles o adultos se ve disminuida la proporción de bacterias patógenas que pueden presentarse, sin mencionar además la capacidad que poseen los probióticos para competir por espacio de crecimiento en el medio y en las superficies solidas del cultivo. Este punto ha sido considerado de gran importancia según Fuller, (1989); Wang *et al.* (*sf*) y Gatesoupe, (1999), pues sostienen que ésta sustitución se lograría por la producción de compuestos antibacteriales, competición por nutrientes o por sitios de adhesión.

Al analizar el recuento total de mesófilos aerobios según el recuento de bacterias heterótroficas del control ambiental, en las pilas con tratamiento probiótico se encontraron un promedio de 340 ufc/ 100ml mientras que en el tratamiento testigo el resultado promedio fue demasiado numeroso para contarse (DNPC).

Cabe mencionar que la cuantificación de este grupo microbiano permite estimar de forma general la carga microbiana presente en una muestra, según la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Almería (2010), quien sostiene que los datos derivados del recuento de la microbiota aerobia mesófila no deben ser considerados como parámetros absolutos en cuanto a su valor indicador, ya que un resultado elevado no ha de ir necesariamente unido a la presencia de microorganismos patógenos o toxinas ni, por el contrario, un bajo recuento en el número de colonias de estas características se relaciona siempre con la ausencia de microbiota patógena. Por tanto, y considerando las reservas anteriormente comentadas, es necesario siempre determinar la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos y extraer las conclusiones adecuadas de dicha información, sin que ello signifique obviar otros análisis de mayor especificidad y valía.

Hisopado

Según Garriques y Arévalo (1995), mencionan la existencia de teorías que explican el papel de los probióticos en los sistemas acuícolas cuando cepas seleccionadas de bacterias beneficiosas son inoculadas intencionalmente en los tanques de larvicultura, entre las cuales el mecanismo de acción de exclusión competitiva, en el presente experimento tuvo mayor relevancia. Ya que al agregar un microorganismo benéfico al medio acuático donde se encuentran las larvas se ve disminuida la proporción de bacterias patógenas que pueden presentarse, además la capacidad que poseen los probióticos

para competir por espacio de crecimiento en el medio y en las superficies solidas del cultivo (Fuller, 1989; Wang *et al.* (*sf*) y Gatesoupe, 1999).

Como se puede observar en el cuadro 5, la única bacteria que se aisló fue *E. coli*. La presencia de esta bacteria en el hisopado pudo deberse a factores tanto de manejo como de la flora normal del camarón marino. La *E. coli* es una bacteria común del tracto digestivo del hombre y de animales de sangre caliente. La mayoría de cepas que se encuentra en el intestino pueden causar daño al incrementarse los niveles normales de la población que forma parte de la flora intestinal. De la misma manera, la calidad del agua es esencial, no solamente para cubrir los requerimientos físicos y químicos de la especie de camarón que se va a cultivar, sino también para asegurarse de que no hay contaminación del agua, esta puede aislar bacterias debido a un inadecuado tratamiento de aguas o a la mala manipulación de la misma (Chávez Sánchez e Higuera Ciapara, 2003). Sin embargo, en el análisis la presencia de *E. coli* se mantuvo dentro de los rangos normales <1.1 NMP.

Cuadro 5. Resultados del análisis de hisopados.

Tratamientos	<i>Salmonella</i> sp.	<i>Clostridium</i> sp.	<i>Vibrio</i> sp.	<i>E. coli</i>	Rango de presencia
T1R1	Negativo	Negativo	Negativo	se aisló	Dentro de lo normal
T1R2	Negativo	Negativo	Negativo	se aisló	Dentro de lo normal
T0R1	Negativo	Negativo	Negativo	se aisló	Dentro de lo normal
T0R2	Negativo	Negativo	Negativo	se aisló	Dentro de lo normal

Reacción en Cadena de la Polimeraza (PCR)

Las enfermedades solicitadas para la prueba de reacción en cadena de la polimerasa fueron Virus de la cabeza amarilla (YHV), virus de taura (TSV), virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV) y virus de mancha blanca (WSSV) para ambos tratamientos.

Al final de la investigación se realizó un solo análisis de las enfermedades planteadas: YHV, IHHNV y TSV, no fue posible la realización de WSSV debido a la falta de disponibilidad de materiales (kit para WSSV).

En uno de los resultados se observa la presencia positiva de IHHNV en T1R2 (tratada con probiótico). Las posibles razones por las que se obtuvo este resultado son variadas, entre estas un manejo inadecuado de las

hembras grávidas en el laboratorio, que según Lightner (1996) sostiene que los tejidos exudados durante el desove de hembras hacinadas y sus heces, pueden contener altos niveles de virus (IHHNV, enfermedad de parvovirus hepatitis hepatopancreática (HVP), enfermedad de *baculovirus penaei* (BP), etc.) e infectar hembras sanas. Cabe mencionar que estas hembras grávidas durante el desove, por falta de recursos en el laboratorio, se manejaban en grupos de hasta cuatro reproductoras por recipiente de 150 Lts de agua, considerándose una cantidad inadecuada, siendo el mismo Lightner (1996) quien menciona que deberían ser de 300 Lts de agua por hembra.

Otra de las causas de enfermedad pudo ser la contaminación del alimento vivo para reproductores por medio de los utensilios empleados para alimentar, por lo que Lightner (1996) sostiene que todo el equipo utilizado para alimentación de reproductores debe estar en condiciones asépticas antes, durante y después de su manipulación. Además el alimento fresco brindado a los reproductores debe estar certificado libre de las enfermedades víricas TSV, WSSV y YHV mediante técnicas especializadas de laboratorio para no ser un riesgo en la bioseguridad del lugar. No obstante, en la Estación no se cuenta con una infraestructura adecuada para la preparación del alimento, además la higiene no es apropiada pues no se utilizan soluciones adecuadas para la desinfección de cuchillos, redes, recipientes, etc.

Un inadecuado diseño de la infraestructura del área de reproductores podría haber desencadenado también una contaminación, debido a que en la Estación no existe un aislamiento definido entre el área de maduración y de levantamiento larvario, además algunos equipos como bombas sumergibles y otros materiales como mangueras son compartidos entre ambas salas. Según FAO (2004), menciona que trabajadores del laboratorio deben permanecer en sus áreas específicas de trabajo y no autorizar su libre tránsito a otras áreas no asignadas, además todos los materiales y equipos deben ser de uso exclusivo para cada sala, y no salir de ella o ser usados en otro lugar.

Así también según Microbia (2009), no se deben descartar los errores humanos a la hora de la toma de muestra e incluso a la hora de la realización del PCR produciendo un “falso positivo” por las siguientes razones:

- a. Debido a la muestra: Una situación que puede dar lugar a un resultado falso positivo es la presencia en la muestra de ADN libre o de células muertas o irreversiblemente dañadas, ya que la PCR no es capaz de distinguirlo de las células vivas.
- b. Falsos positivos debidos al sistema de detección de PCR (primers y

sondas): las causas de estos falsos positivos hay que buscarlas en primers y sondas pobremente diseñados que no ofrecen la exclusividad que deberían. Como consecuencia se obtienen reacciones cruzadas que aparecen como positivas en las curvas de fluorescencia o en los “final call” y que no son otra cosa que reacciones “de baja eficiencia” debidas al fallo de uno o más nucleótidos.

Análisis económico

Toda investigación debe acompañarse de un análisis económico que nos permite considerar la mejor tecnología con base a sus costos y beneficios netos. Como se observa en el cuadro 6 del presupuesto parcial, las larvas de T₁ claramente presenta un mayor beneficio neto el cual, logra superar al testigo por una diferencia de \$749.22, mostrando que el ingreso puede ser mayor al emplear probióticos en el ciclo larvario. Esto confirma lo dicho por Alabi (2000), los probióticos son una herramienta que soluciona las grandes tasas de mortalidad en los primeros estadios del desarrollo larvario de crustáceos, por causa de bacterias oportunistas.

Cuadro 6. Análisis de presupuesto parcial*.

ITEM	T0	T1
Rendimiento medio (cantidad de larvas)	540,000	756,000
Rendimiento ajustado (10%, cantidad de larvas)	486,000	680,400
Beneficio Bruto**	\$1944	\$2721.6
Costos variables		
Flake	\$1.74	\$1.74
Calamar	\$0.50	\$0.50
BP	\$4.33	\$4.33
Espirulina	\$1.37	\$1.37
Artemia	\$6.00	\$6.00
Probiotico	\$0.00	\$28.38
Nauplio***	\$450.00	\$450.00
Costo total	\$913.94	\$942.32
Beneficio Neto	\$1,030.06	\$1779.28

*: Con precios establecidos para El Salvador, abril 2012.

** : Precio de larva para venta \$0.004 por CENDEPESCA y la Estación.

***: Precio unitario de nauplio \$0.0005, brindado por la Estación de Maricultura Los Cóbano.

Conclusiones

El uso de probióticos durante el ciclo larvario de *Litopenaeus vannamei* tiende a prescindir de la aplicación de químicos empleados para la prevención y tratamiento de enfermedades del camarón marino como yodo o formalina, haciendo de estos una alternativa amigable al medio ambiente y al consumidor final, contribuyendo a garantizar la inocuidad de este alimento.

Los resultados alcanzados en el análisis de la sobrevivencia larval del camarón marino permiten afirmar que el tratamiento con probiótico alcanzó una sobrevivencia del 42%, contra un 30% de sobrevivencia del tratamiento testigo.

Los parámetros temperatura y salinidad en ambos tratamientos no presentaron significancia estadística, manteniéndose dentro de los rangos normales, descartando ambos parámetros como posibles intermediarios en la sobrevivencia larval.

Los análisis microbiológicos de los tratamientos en estudio muestran la ausencia de patógenos recurrentes en camaricultura durante el levantamiento larvario, esto concuerda con las pruebas hechas a las larvas al final del ciclo, descartando agentes patógenos como causa de baja sobrevivencia.

El análisis de Reacción de la Cadena de Polimerasa mostró ser positivo a la enfermedad de necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa, lo que indica la presencia del virus únicamente en una de las repeticiones del tratamiento probiótico.

En la evaluación económica el beneficio neto del tratamiento probiótico superó en \$749.22 al tratamiento testigo, ya que se obtuvo de beneficio neto \$1,030.06 y \$2,779.28 en el tratamiento testigo y con probiótico respectivamente. Por tanto se considera que en el ciclo larvario de *Litopenaeus vannamei* puede reducir los costos de producción al prescindir de sustancias químicas como formalina para tratamiento de enfermedades.

Recomendaciones

Aplicar probióticos en el ciclo larvario de *Litopenaeus vannamei*, ya que promueven su desarrollo en condiciones saludables disminuyendo los costos de producción de esta etapa al reducir la utilización de otros tratamientos de elevados costos.

Continuar investigando el uso de probióticos en camaricultura para generar más información en el país, evaluando su comportamiento en estanques de engorde de camarón y con diferentes tipos de probióticos.

Para evitar contaminación iatrogénica se recomienda que las instalaciones de maduración se encuentren separadas del laboratorio de levantamiento larvario e implementar un área de cuarentena adecuada para los reproductores, evitando posibles infecciones y contagios.

Poner en práctica los estándares de higiene al momento de preparar el alimento fresco de los reproductores, manteniendo en su debido orden e higiene todo el material utilizado para no contaminar con patógenos el área de maduración.

Para reducir la contaminación, se sugiere separar al personal que labora en cada área del laboratorio.

Bibliografía

- Aguirre, G.; F. Ascencio. 2003. Probióticos, herramienta alternativa para los acuicultores. Enfoque acuícola 2(5) MX. P. 48
- Alabi, A. O. 2000. "The use of probiotics techniques for controlling bacterial diseases in marine invertebrates hatcheries". Journal of Shellfish Research, 19(1): 65-100
- Brock, J.A.; Main, K.L. 1994. A guide to the common problems and diseases of cultured *Penaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, U.S.A. 241 p.
- Chávez-Sánchez M.C.; Higuera-Ciapara, I. 2003. Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Camarón para la Inocuidad Alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) [Por encargo de SENASICA], A.C. MX. pp. 30-31.
- CIMMYT. 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos: Manual Metodológico de Evaluación Económica. MX, D.F. P 13-25.
- Escuela Politécnica Superior Universidad de Almería (UAL). 2010. Cuaderno de prácticas de microbiología de productos, España. P. 18

- FAO, Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura. 2004. Manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de postlarvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en América Latina. [en línea]. Roma [citado 26 de abril del 2011]. Disponible en ASCII: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5040s/y5040s00.pdf>
- FDA. 2008. Enhanced Aquaculture and Seafood Inspection - Report to Congress. [citado 24 de octubre del 2011] United States [en línea] Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/ProductSpecificInformation/Seafood/SeafoodRegulatorProgram/ucm150954.htm>
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. AFRC, Institute of Food Research, Reading Laboratory. Journal of Applied Bacteriology, 66: 365-378.
- Garrigues, D.; Arevalo, G. 1995. An Evaluation of the production and use of a live bacterial isolate to manipulate the microbial flora in the commercial production of *Penaeus vannamei* postlarvae in Ecuador. In: BROWDY C.L. & HOPKINS, J.S. (eds.) Swimming through troubled water. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, Aquaculture '95. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, US, 53-59.
- Gatesoupe, F.J. 1999. The use of Probiotics in Aquaculture. Aquaculture, 180: 147-165
- Lightner, D. V. 1996. A handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases in penaeid shrimp. World Aquaculture Society, Baton Rouge, US.
- Lucas, A. 2009. Requisitos para el cultivo del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, criados en aguas de baja salinidad: el agua modificación y estrategias nutricionales para mejorar la producción [en línea]. US [citado 26 de julio del 2012], disponible en <http://www.royluke@auburn.edu>.
- Microbial. 2009. Los falsos positivos del PCR : ¿Solamente falsas alarmas?. Revista de estudios Newsletter Microbial, (5): 1-2.
- NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01:08. 2009. Agua, Agua potable (Segunda actualización). [citado en 14 de junio del 2012] El Salvador [en línea] disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf
- Wang, X.H.; Li, H.R.; Feng, J.; Han, L.L.; Qi, Z.Z.; Li, J.; Li, Y.; Zhang, X.H.; Ji, W.S.; Xu, H.S.; Yang, X.S.; Ma, J.K.; Yu, X. Z., Sun, X.X. fide. Sf. Feasibility Study on the Delivery of a Probiotic Flora to *Penaeid* Larvae and the Bacterial Flora in the Digestive Tract of Adult Shrimp. Ocean University of Qingdao, P.R. CN.
- Zein-Eldin, G. 1969. Penaeid nutrition. Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition, editado por G.D.

Normas de publicación en revista Agrociencia

Estructura del Artículo Científico

Para la publicación de los resultados de investigación, es necesario tener una estructura eficaz y acorde con las necesidades concretas. Existen varios tipos de estructuras dependiendo de la revista científica y su especialización, aquí se tratará sobre el artículo original o artículo científico.

A pesar de que cada revista tiene sus propias normas de publicación, la estructura del artículo generalmente es común a todas ellas, variando únicamente la forma de presentación, extensión de las partes o algunas pequeñas características relacionadas con el formato. Las normas de publicación incluyen tipo de letra, interlineado, idiomas del título y del resumen, situación de las palabras clave, formato de las citas bibliográficas. En este sentido, los apartados fundamentales que debe presentar un artículo científico son los siguientes:

Nombre de la Investigación

Este es un componente muy importante del artículo, debido a que es probable que se publique como recurso bibliográfico, en bancos de datos, en la página de Internet y en la literatura citada de otros artículos. Quién encuentre el título por uno de estos medios decidirán, basándose exclusivamente en su contenido, si deben o no obtener una copia del artículo, debido que describe el contenido del artículo (naturaleza del estudio, sujeto u objeto experimental y enfoque técnico) en forma específica, clara, exacta, breve, honesta y concisa, de tal forma que el lector identifique el tema fácilmente.

A pesar que no hay una regla única sobre la longitud mínima, máxima u óptima del título en cuanto al número de palabras, la longitud promedio varía en diferentes revistas examinadas recientemente, considerando como promedio 14 palabras (9 mínimo a 20 como máximo). El título no debe contener abreviaturas, fórmulas químicas o nombres comerciales. Usar letra mayúscula únicamente en la primera letra del título (a menos que se trate de nombres propios). Si se incluye un nombre científico, es imperativo que el lector sepa de qué tipo de organismo se trata.

Autores

Un aspecto muy importante es el nombre y apellidos de los investigadores, generalmente se tienen dos apellidos y nombres, por lo tanto deberán colocarse los dos apellidos unidos por un guión. Cuando hay más de un autor estos deben estar separados por comas y los nombres de los autores colocando únicamente las iniciales. El o los docente directores de tesis, deberá estar al final del total de autores del artículo científico. Después del nombre y apellido de cada autor hay que colocar un número arábigo como superíndice, para indicar la dirección de la institución y se indicará con el número uno (1), el autor al cual se le debe dirigir

la correspondencia. A los docentes y otros profesionales directores de tesis deberá colocar el número dos (2), el cargo y la dirección de la Unidad académica o de trabajo a la cual pertenecen, la Universidad o Institución laboral y el país. Las direcciones deberán ir en nota separada al pie de página.

Resumen y palabras claves

La mayoría de las revistas científicas, exigen un resumen en varios idiomas sobre el contenido del artículo. La importancia del “Resumen o Abstract” se refleja en la existencia de bases de datos en bibliotecas u otros Centros de Información, donde únicamente aparece el título y el resumen del artículo. Con la proliferación de bases de datos digitales, esta característica se ha convertido en universal.

El resumen, debe ser lo suficientemente sucinto e informativo para permitir al lector identificar el contenido e interés del trabajo y poder decidir sobre su lectura. El resumen debe estar escrito en el pasado y hacer referencia al lugar y fecha de ejecución; además, debe contener el procedimiento metodológico del trabajo, sus principales resultados y conclusiones. Debe dejarse bien claro el hallazgo principal del trabajo y se deben presentar datos numéricos de los resultados sin incluir subtítulos, cuadros, figuras, abreviaciones, referencias bibliográficas y no deben separarse los párrafos. Además, indicar la probabilidad de la prueba estadística entre paréntesis por ejemplo ($p \leq 0.01$) y cuando sea pertinente también el valor calculado ($r = 0.9$; $X^2 = 2$). Evitar expresiones: “En este artículo se presentan o discuten...”

Generalmente los aspectos relacionados con el resumen suelen estar limitados por las normas editoriales. Normalmente no debe superar las 250 palabras y tampoco ser inferior a 150 e incluir una traducción al idioma inglés.

Al final del resumen deben incluirse una serie de términos denominados “Palabras clave” (Key words) por las que el artículo será incluido en los Thesaurus y bases de datos. La búsqueda en los bancos de bibliografía suele realizarse precisamente por estas palabras clave, siendo importante elegir las adecuadamente. Habitualmente se incluyen los taxones estudiados (de mayor a menor rango), el campo de estudio y las regiones geográficas estudiadas (de menor a mayor rango). El número indicado es de 3 a 8 palabras clave o frases cortas (lexemas) y la primera letra de la primera palabra clave en mayúscula. Ordenarlas por orden de importancia.

1. Introducción

Describe el interés que tiene el tema en el contexto científico del momento, así como una breve reseña del estado actual de los conocimientos en este campo, incluyendo las referencias bibliográficas más importantes. Además, se refiere a los trabajos previos que se han hecho sobre el tema. No necesariamente debe ser muy extensa y debe responder a la pregunta de “porqué se ha hecho este trabajo”. La Introducción es una revisión bibliográfica previa, en la cual todas las afirmaciones van sustentadas por citas bibliográficas, pero no debe confundirse con la introducción de la tesis u otros documentos. Hay que tener presente que el último párrafo se resume el objetivo del estudio. La introducción hace las funciones de revisión

de literatura, la cual debe incorporarse al texto según las normas técnicas vigentes del IICA.

2. Materiales y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de “cómo se ha hecho el estudio” y es la escritura del diseño de la investigación la cual debe incluir la ubicación de la investigación en espacio y tiempo, condiciones climáticas y de suelo, las unidades en estudio, la toma de datos, estudios económicos, el análisis estadístico (variables en estudio, modelos y pruebas estadísticas). Los métodos establecidos y bien conocidos se indican mediante citas bibliográficas. Se detalla el uso de productos químicos (nombres genéricos) y datos de dosis. Para los equipos de presión, se debe señalar tipo, marca y modelo.

3. Resultados y Discusión

Es la presentación ordenada de los hallazgos que es la verdadera contribución de la investigación. Se pueden presentar en el textos, cuadros, figuras o ilustraciones, para ello hay que utilizar el medio más claro, adecuado y económico. Se debe tener el cuidado de citar dentro del texto las figuras, cuadros o ilustraciones. La secuencia de redacción no tiene por que ser necesariamente cronológica, sino la que permita una exposición más coherente y clara de los resultados obtenidos. Deben expresarse los resultados de los experimentos descritos en Materiales y Métodos sin repetir ambos elementos y ser vistos y entendidos de forma rápida y clara. El primer párrafo debe ser utilizado para resumir en una frase concisa, clara y directa, el hallazgo principal del estudio. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado. Evitar el uso de voz pasiva (“el ganado lechero se ha considerado...”), mejor usar: “el ganado lechero es considerado...”. No usar expresiones como: “se efectuó una fertilización nitrogenada...”; debemos ser específicos, cambiar el sustantivo y hacerlo verbo, así: “se fertilizo con nitrógeno...”. Las unidades de medida deben estar claras según el Sistema Internacional de Unidades y las abreviaciones totalmente explicativas, según las normas vigentes del IICA. La discusión de los resultados es el examen de los resultados, su significado y limitaciones, enfatiza los aspectos nuevos e importantes de la investigación. Determina la coherencia o contradicción de los datos encontrados. Esta sección es el corazón del artículo y la sección más compleja de elaborar y organizar. Algunas sugerencias que pueden ayudar son: comenzar la discusión con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas en los resultados que la corroboran. Comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible. Se contrastarán con los resultados obtenidos en otras publicaciones sobre el tema.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben recapitular en forma lógica los resultados obtenidos. Deben ser independientes, concretas y no redundantes. Deben estar basadas en los hallazgos del trabajo, no ser especulativas, ni provenir de la literatura. Deben de estar en concordancia con los objetivos que se plantearon en el proyecto de in-

vestigación. No deben mencionarse cuadros o figuras. No deben confundirse con recomendaciones. No usar números o viñetas.

5. Recomendaciones

Indicar la aplicabilidad de sus resultados y lo que se debe modificar. No usar números o viñetas.

6. Bibliografía

En el artículo científico únicamente se admite relacionar bajo este epígrafe, aquellas referencias bibliográficas que han sido directamente citadas en el texto. Las fuentes citadas deben hacerse de acuerdo a las normas vigentes del IICA. Si hay citas de internet, deberán ser de revistas o textos reconocidos por la comunidad científica internacional y escribirlas según normas técnicas vigentes del IICA. No usar números o viñetas en las bibliografías, únicamente usar letra negrita en autores y año.

7. Agradecimientos (opcional).

Es aplicable a instituciones que apoyaron la investigación.

8. Redacción de cuadros, figuras y texto

Cuadros:

Deben tener un título breve y claro de manera que indique sin dificultad que es lo que se informa en él, debe ser lo más corto y simple posible y deberá estar en la parte superior del cuadro. Para los cuadros que llevan notas al pie del cuadro se hacen con letras más pequeñas que las del texto.

Las siglas y abreviaturas deben escribirse según las normas técnicas vigentes del IICA, de lo contrario deberán ser acompañadas de una nota explicativa al pie del mismo. Los cuadros no deben tener un tamaño mayor de tres cuartos de la página y demasiada información estadística que se tornan incomprensibles y confusos. Se sugiere usar dos números decimales.

Figuras:

Se denominan figuras a los gráficos, diagramas, mapas, fotografías, dibujos manuales e impresiones fotográficas. Los títulos deben de ser concisos y explicativos y se colocan debajo de la figura. Los mapas y dibujos deberán llevar una escala en el Sistema Internacional de Unidades. Las fotografías deben de ser de buena calidad, buena resolución y excelente contraste. La figura deberá ser de alta trascendencia para el artículo, y se identificará con números arábigos según el orden de aparición en el texto.

Texto:

El texto deberá escribirse en una columna, con letra arial normal número 11 a espacio sencillo. El margen izquierdo deberá ser de 3.0 cm. y el derecho, superior e inferior de 2.5 cm. Las páginas se numeran en el lado inferior en el extremo derecho. Se recomienda no unir el número con la abreviación, excepto cuando se trate de porcentajes o grados centígrados. Los números del cero al nueve se escriben con letras, sino son unidades de medida.



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro

Contacto: revista. agrociencia@ues.edu.sv

Editada y publicada por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.