



Ingeniantes®

Año 9, No.2, Vol. 3

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

latindex

ISSN 2395-9452



CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN VERACRUZ 2022

“Tecnología e innovación para el desarrollo de Veracruz”

Edición Especial

Ingeniantes

Año 9 / No. 2 / Vol. 3

Información Legal

Ingeniantes, Año 9, No. 2, Vol 3. Diciembre 2022 - mayo 2023, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, fecha de última modificación, 20 de diciembre de 2022.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 22843.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la Revista Ingeniantes.

Cuerpo Editorial

Editor General
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Editor
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas
Coeditor
Lic. Erik Balderas González

Administración

Ing. Mayra Lizeth Méndez Oloarte

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

Sistemas

Administrador de Sistemas
M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara
Webmaster
L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

Distribución

Publicación electrónica disponible en
citt.itsm.edu.mx/ingeniantes
Correo electrónico:
revista.ingeniantes@itsm.edu.mx
<https://www.latindex.org/latindex/ficha/22843>

Directorio

M.G.E. Jorge Alberto Lara Gómez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Dr. Arturo Olguin Hernández

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

Lic. Julio Cesar Rosas Cruz

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

M.B.A. Maribel García Alvarado

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

Lic. Adriana López Trujillo

Subdirectora de Planeación, ITSM, Veracruz, México

Dra. María Cristina López Mendéz

Subdirectora de Posgrado e Investigación, ITSM, Veracruz, México

M.C.E. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Rosa María Hernández Ramírez

Subdirectora de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

Comité de Revisión

- | | |
|---|--|
| Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US | SNI Dra. Laura Ruelas Monjardín, UV |
| Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH | SNI Dr. Jesús Álvarez Cedillo, IPN |
| Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET | SNI Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM |
| Dr. Abel García Barrientos, UASLP | SNI Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM |
| Dr. David Lara Alabazares, ITSM | SNI Dr. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM |
| Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM | SNI Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM |
| Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ | SNI Dr. Joel Pozos Osorio, HUB2i |
| Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON | SNI Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín, ITO |
| Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET | SNI Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado, ITCV |
| Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET | SNI Dr. Guillermo Alfredo Arrijoja Carrera, UX |
| Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ | SNI Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez, |
| Dr. José Luis Marín Muñiz, CV | SNI Dr. Modesto Raygosa Bello, ITO |
| Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT | SNI Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez, UPAEP |
| Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM | SNI Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña, UTCV |
| Dra. María Cristina López Méndez, ITSM | SNI Dr. Luis Enrique García Santamaría, ITSM |
| Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM | SNI Dr. Irahán Otoniel José Guzmán, ITSM |
| Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ | SNI Dra. Alicia Martínez Rebollar, CENIDET |
| Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET | SNI Dr. Humberto Raymundo Gonzalez Moreno, ITSM |
| Dr. Juan Carlos González Hernández, ITM | SNI Dr. Alan Rico Barragán, ITSM |
| Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNA | SNI M.C. Clovis Nchikou, ITNL |
| Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro, UV | SNI M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI |
| Dra. Blanca Dina Valenzuela Robles, CENIDET | SNI M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR |
| Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON | SNI M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR |
| Dr. Daniel Martínez Navarrete, ITSAV | SNI M.I.I. Gema del Carmen Jiménez Gómez, ITSAV |
| Dr. Luis Mejía Macario, ITSM | C. SNI M.I.I. Leonardo Martínez Lara, ITSAV |
| Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA | M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM |
| Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN | M.S.C. Arnulfo Gamaliel Hernández González, ITSM |
| Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH | M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM |
| Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT | M.C. Vladimir Zagoya Juárez, ITSM |
| Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP | M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM |
| Dr. Alfredo Alberto Morales Tapia, UV | M.I.I. Giovanni Luna Chontal, ITSM |
| Dr. Ramón Álvarez López, UDG | Mtra. Luz del Carmen Muñoz Palacios, UTCV |

Ingeniantes



03



10



16



22



30



35

Contenido

Proyecto de instalación de sistemas Upper Room para control de brotes de gripe aviar _ 03
Jesús Jiménez García; Manuel Jiménez García; Gildardo Aguilar Sánchez, Empresas Verlight

Escama de pescado como fertilizante orgánico en el crecimiento de cilantro (*Coriandrum sativum*) _____ 10
Alexis Burgos Muñoz; Jesús Carreón Jiménez; Víctor Michael Juárez Campillo; Martín Adrián Gálvez Vázquez; Raúl Alejandro Limón Hernández, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

Evaluación de la administración crónica de ZnO verbesina persicifolia ZnO-Vp sobre la actividad cicatrizante e hipoglucemiante en ratas hiperglucémicas _____ 16
Gabriel Arturo Soto-Ojeda; Eder Ramos-Santos; Juan Manuel Gómez-Sedeño; Mauro Antonio Villanueva-Lendecky, Universidad Veracruzana

Diversidad de maíz criollo (*Zea mays* L) en el municipio de Tequila, Veracruz _____ 22
Pedro Gutiérrez Zepahua; Josué Aparicio Álvarez; Cuitlahuac González Panzo; Joe Adrián Rosales Cano, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

Diseño e implementación de un enfriador ecológico _____ 30
Moises Molina García; Cesar L. Melchor Hernández; Lenin J. Rosas Ortiz; Jesús G. Llanillo Navales; Jonathan Díaz Cogco, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Recubrimiento antifúngico comestible a base de Malanga (*Colocasia esculenta*) para frutos postcosecha _____ 35
María Fernanda Martínez Hernández; Julio Alfonso Armenta Barrios; Jocabel Extocapan Molina; Luis Felipe Juárez Santillán, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora



40



46



52



57



65

Sistema de inspección de características físicas y externas de piña (Ananas comosus) variedad MD2 _____ 40

Sorelly Ramírez Romero, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan; Miguel Ángel Emilio Jerónimo; PRODICAM SPR de RL; Andrid Guillermo Hernández Ruíz; Jair de Jesús Román Clara, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan

Evaluación económica del proyecto piloto de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Domésticos (SCALL) en el municipio de Xalapa-Enríquez, Veracruz _____ 46

Rosa Martínez Hernández; Katia Romero León, Universidad Veracruzana

Tratamiento de aceite automotriz quemado para su uso como fuente energética de hornos ladrilleros _____ 52

Raúl Enrique Contreras Bermúdez; Lizeth Ríos Velasco; Rodolfo Andrés Baca; Rodrigo Rosas Cortés; Eduardo Solís Pérez, Universidad Veracruzana

Generación de descripciones accesibles de gráficos estadísticos para personas con discapacidad visual _____ 57

Luis Roberto Tlapa Monge; Luis Gerardo Montané Jiménez, Universidad Veracruzana

Desarrollo de herramienta web para la autoevaluación de acuerdo al Marco de Competencia Digital de los Educadores _____ 65

Karla Alejandra Jiménez Martínez; Blanca Rosa Zamudio Rodríguez; María Luisa Lázaro García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Proyecto de instalación de sistemas Upper Room para control de brotes de gripe aviar



Colaboración

Jesús Jiménez García; Manuel Jiménez García; Gildardo Aguilar Sánchez, Empresas Verlight

Fecha de recepción: 09 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 12 de diciembre del 2022

RESUMEN: En el caso de una pandemia provocada por una cepa de influenza particularmente virulenta, como la influenza aviar de alta patogenicidad AH5N1, la transmisión de este virus entre diferentes especies de aves y posiblemente también hacia a personas es extremadamente preocupante debido a las altas tasas de mortalidad y morbilidad que produce.

Los sistemas Upper Room de irradiación de luz ultravioleta germicida (UR-UVGI) pueden inactivar de manera muy eficiente y rápida los virus respiratorios tales como los de la gripe aviar A(H5N1). Ya que este virus es altamente susceptible a la luz ultravioleta germicida UV-C de 254nm.

En este trabajo se analiza la posibilidad de utilizar tales sistemas en criaderos de aves para reducir los contagios de gripe aviar A(H5N1). El número de sistemas Upper Room UVGI necesarios para entregar una tasa de ventilación UVGI equivalente de entre 4 y 12 cambios de aire por hora en un criadero de pollos de volumen V es propuesto. Implicado una reducción de patógenos aéreos entre el 98 y 99.999%.

PALABRAS CLAVE: A(H5N1), Influenza aviar, Sistemas Upper Room, Susceptibilidad UV-C, UVGI.

ABSTRACT: In the case of a pandemic caused by a particularly virulent influenza strain, such as highly pathogenic AH5N1 avian influenza, the transmission of this virus between different bird species and possibly also to humans is extremely concerning due to the high mortality rates and morbidity it produces.

Upper Room Germicidal Ultraviolet Light Irradiation (UVGI) systems can very efficiently and rapidly inactivate respiratory viruses such as Avian Influenza (AH5N1) since this virus is highly susceptible to 254nm UV-C germicidal ultraviolet light.

This paper analyses the possibility of using such systems in poultry farms to reduce the contagion of Avian Influenza A(H5N1). The number of Upper Room UVGI systems needed to deliver an equivalent UVGI ventilation rate between 4 and 12 air changes per hour in a volume V broiler house is proposed, implying a reduction of airborne pathogens between 98 and 99.999%.

KEYWORDS: A(H5N1), Avian influenza, Upper Room Systems, UV-C susceptibility, UVGI.

INTRODUCCIÓN

Brotes recientes del virus de la influenza aviar en la industria avícola alrededor del mundo incluyendo México han provocado la clausura de criaderos y el sacrificio extensivo de aves de corral [1, 2, 3 y 4].

La nueva cepa A(H5N1) de la influenza responsable de estos brotes es altamente patógena y trasmisible a los humanos [1]. Las empresas de esta industria deben poner énfasis en las precauciones y métodos de ingeniería de control que deben ser tomadas por los

trabajadores en los criaderos para evitar los posibles contagios de esta cepa, tales como los sistemas Upper Room UVGI [5,6,7].

El virus de ARN monocatenario que causa la influenza aviar tiene un diámetro de alrededor de 0.1 micrones. Debido a su susceptibilidad excepcional a la desinfección ultravioleta (UV-C) [8], la esterilización solo requiere una pequeña cantidad de radiación germicida UV-C. Siendo así, que en 2012, el Dr. James McDevitt y sus colegas recomendaron por primera vez el uso de sistemas Upper Room para mitigar los contagios de este virus, ya que encontraron que la susceptibilidad del virus aerosolizado de la influenza H1N1 es alta (aproximadamente de $.3 \text{ m}^2/\text{J}$) y por lo tanto su infectividad en el aire se reduce considerablemente [9].

Esto llevo a que en la actualidad se propusieran estos dispositivos para disminuir los contagios de covid-19 producido por el virus del Sars-Cov-2. Debido a que los nuevos estudios de la susceptibilidad a la luz UV-C de virus respiratorios, incluyendo la influenza aviar en el aire, han demostrado que los virus son mucho más susceptibles en el aire que en superficies y agua (de 3 a 6 veces más) [10, 11, 12 y 13].

En este trabajo se analiza la posibilidad de utilizar tales sistemas en criaderos de aves para reducir los contagios de gripe aviar A(H5N1). El número de sistemas Upper Room UVGI necesarios para entregar una tasa de ventilación UVGI equivalente entre 4 y 12 cambios de aire por hora en un criadero de pollos de volumen V es propuesto. Implicando una reducción de patógenos aéreos de más del 90 % en una hora. Pues la cantidad de sistemas UR-UVGI se puede obtener con la ecuación propuesta recientemente por The Global Lighting Association (GLA) dentro de las pautas para cuantificar la reducción de patógenos en el aire por tecnologías UVGI [14].

MATERIAL Y MÉTODOS

Sistema Upper Room

La rápida propagación de virus como la influenza aviar A(H5N1) de alta patogenicidad se ve facilitada por las corrientes de aire naturales que se originan por el movimiento, las fluctuaciones de temperatura y la recirculación del aire acondicionado en ambientes interiores.

Como el aire es difícil de controlar, este es un obstáculo principal en la lucha contra el virus. Sin embargo, los peligros se pueden reducir mediante el uso de luz UV-C para disminuir el contenido de virus en el aire mediante la utilización de sistemas de desinfección de aire superior Upper Room UVGI al tiempo que se evita la exposición humana a la radiación UV-C.

Los Sistemas Upper Room de Verlight utilizan un tipo especial de lámparas que emiten luz UV-C (254 nm), también llamada luz ultravioleta germicida.

Estos sistemas están diseñados para emitir luz UV-C en la parte superior de un espacio cerrado, eliminando cualquier virus, bacteria, hongo, o cualquier agente infeccioso concentrado en el aire, que sea transportado por convección natural hacia la zona iluminada.

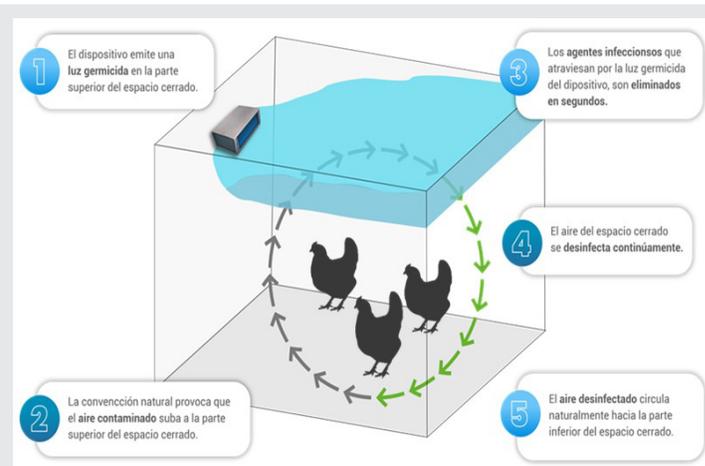


Figura 1. Funcionamiento del sistema Upper Room.

Fuente: Elaboración propia.

Modelo de reducción exponencial para concentración de patógenos aéreos vs tiempo

Las concentraciones de patógenos en el aire decaen exponencialmente con la exposición y la intensidad de irradiación como se describe en la ecuación:

$$N = N_0 e^{-\kappa I t} = N_0 e^{-\kappa D} \quad \text{Ec.(1)}$$

Donde:

N es el tamaño de la concentración de patógenos en el aire en el tiempo t , N_0 es el tamaño inicial de la concentración en $t=0$, I es la intensidad de irradiación y k es la constante de velocidad de decaimiento [8]. El producto de I y t la duración de la exposición UV (t) es la dosis D . Esta relación implica una reciprocidad entre la intensidad de irradiación y el tiempo de acción ya que es simplemente la dosis la que determina el efecto germicida.

La resistencia de un microorganismo a UVGI es cuantificado por la tasa de decaimiento producida por exposición a la luz ultravioleta germicida UV-C, que se conoce como la constante de susceptibilidad UV-C o valor Z (con unidades de m^2/J).

$$N = N_0 e^{-Z I t} = N_0 e^{-Z D} \quad \text{Ec.(2)}$$

La influenza aviar tiene una dosis de D90, o una dosis de UV-C, de alrededor de 5 a 20 J/m^2 , y una constante de susceptibilidad Z entre $.3$ y $.5 \text{ m}^2/\text{J}$ lo que puede reducir las poblaciones en un 90% [8,9,10]. Ya que ha demostrado ser mucho más susceptible a la radiación ultravioleta germicida que la bacteria *Staphylococcus aureus* en estudios recientes [11, 12 y 13]. Y puede ser considerado como un patógeno de alta susceptibilidad a la luz ultravioleta UV-C (Z) o baja dosis de inactivación D90.

Modelo de velocidad de intercambio de aire equivalente UVGI

Una medida común para las tecnologías de desinfección del aire es la tasa o velocidad de intercambio de aire o ventilación, la cual se mide en cambios de aire por hora (ACH) [10, 11, 13 y 14]. Está definida como el volumen total de aire limpio que fluye hacia una habitación (CADR) en 1 h (m³/h), dividido por el volumen de la habitación, V(m³):

$$ACH = \frac{CADR}{V} \quad \text{Ec.(3)}$$

En la ventilación por dilución, la tasa de eliminación de patógenos es simplemente la tasa de flujo volumétrico de aire fresco que se introduce en la habitación. Al considerar métodos de eliminación alternativos, como la filtración y la inactivación con luz UV-C, es conveniente comparar su impacto en términos equivalentes a la ventilación con aire fresco.

Esto se puede considerar como la tasa de aire libre de patógenos que se introduce a un espacio, incluso si no se agrega aire fresco real (por ejemplo, cuando se usan procedimientos de desinfección UV-C en lugar de ventilación natural). La inactivación de los patógenos activos en el aire mediante métodos de ingeniería como UVGI, están cuantificados por una tasa de decaimiento llamada tasa de ventilación equivalente, con la unidad *eqACH_{UVGI}*.

$$N = N_0 e^{-eqACH_{UVGI} * t} \quad \text{Ec.(4)}$$

Y esta ecuación se puede escribir como:

$$eqACH_{UVGI} = \frac{-60 \ln(N_t/N_0)}{t} \quad \text{Ec.(5)}$$

Que describe en general, la reducción de patógenos en el aire, mediante una tasa de decaimiento con unidad de cambios de aire por hora (ACH) en h⁻¹.

Donde:

N_t es el número de patógenos activos después de *t* minutos.

N₀ es el número de patógenos activos iniciales en *t*=0 minutos.

t es el tiempo en minutos.

Una tasa de decaimiento de 1 ACH equivale a una reducción del 63,2 % de patógenos en el aire en una hora.

Las tecnologías convencionales de desinfección del aire tienen valores típicos de *eqACH* alrededor de 1 h⁻¹ a 5 h⁻¹. Se han reportado sistemas UR-UVGI con valores de *eqACH_{UVGI}* de 10 h⁻¹ hasta 40 h⁻¹ [10, 11, 13 y 14].

CAMBIOS POR HORA (ACH)	% DE EFICIENCIA DE ELIMINACION DE AGENTES INFECCIOSOS EN UNA HORA
1	63.2 %
2	86.5 %
3	95 %
4	98.2 %
6	99.75%
12	99.9994 %
20	99.99999 %

Figura 2. Porcentaje de eficiencia de reducción de agentes infecciosos para diferentes cambios de aire por hora (ACH).

Fuente: Elaboración propia.

Upper Room UVGI: relación entre la tasa de ventilación equivalente UVGI requerida y el patógeno sustituto eqCADR

Las capacidades de limpieza microbiológica de los sistemas UR-UVGI en aplicaciones del mundo real, como salas de cine, salones de escuelas, oficinas, gallineros, por ejemplo, se pueden cuantificar ampliando los resultados de una cámara de prueba en un laboratorio, al volumen de la sala y los patógenos objetivos (SARS-Cov-2, H1N1, H5N1).

El *eqCADR* de un patógeno sustituto (PhiX-174, MSR, SARS-Cov-2, Staphylococcus aureus), es la cantidad de aire limpio producido por un dispositivo UR-UVGI, al inactivar cierta cantidad de microorganismos por su exposición a la luz UV-C durante cierto tiempo en una cámara de prueba con volumen *V_p*. Este se puede relacionar con un patógeno objetivo específico (gripe aviar), para producir la ventilación equivalente UVGI adecuada en cualquier espacio de volumen *V* de manera indirecta, a través de la razón de sus susceptibilidades a la luz germicida. Además, la cantidad de sistemas UR-UVGI se puede obtener con la ecuación propuesta recientemente por The Global Lighting Association (GLA) dentro de las pautas para cuantificar la reducción de patógenos en el aire por tecnologías UVGI [14].

$$\# UR - UVGI = \frac{eqACH_{UVGI} * V}{eqCADR_{patógeno-sustituto}} * \frac{\kappa(\lambda)_{patógeno-sustituto}}{\kappa(\lambda)_{patógeno-objetivo}} \quad \text{Ec.(6)}$$

Donde:

UR-UVGI es el número de sistemas Upper Room UVGI requeridos para alcanzar una tasa de ventilación UVGI equivalente en el espacio requerido.

eqACH_{UVGI} es la tasa de ventilación UVGI equivalente en ACH (h⁻¹).

V es el volumen del espacio requerido en m³.

eqCADR_{patógeno-sustituto} es el *CADR* equivalente del patógeno sustituto obtenido por la cámara de prueba con un sistema Upper Room UVGI en m³/h.

$\kappa(\lambda)_{\text{patógeno-sustituto}}$ es la constante de susceptibilidad del patógeno sustituto a la longitud de onda del sistema Upper Room UVGI siendo en este caso $\lambda=254 \text{ nm}$.

$\kappa(\lambda)_{\text{patógeno-objetivo}}$ es la constante de susceptibilidad del patógeno objetivo a la longitud de onda del sistema Upper Room UVGI con $\lambda=254 \text{ nm}$.

El CADR (clean air delivery rate) microbiano de un sistema Upper Room UVGI se determina mediante una prueba que utiliza patógenos aerotransportados activos o sustitutos nebulizados y homogéneamente distribuidos dentro de una cámara de prueba cerrada con un volumen aproximado de 20 m^3 a una temperatura y humedad controlada. Dando así 50 cambios de aire equivalentes por hora para el Sars-CoV-2.

El $\text{CADR}_{\text{patógeno}}$ o $\text{eqCADR}_{\text{patógeno}}$ se calcula mediante la tasa de reducción del patógeno activo en el aire en un período de tiempo definido, considerando la tasa de descomposición natural del patógeno activo en el aire y el volumen de la cámara de prueba.

RESULTADOS

El número de sistemas Upper Room UVGI necesarios para entregar una tasa de ventilación UVGI equivalente entre 4 y 12 cambios de aire por hora en un criadero de pollos, por ejemplo, con un Volumen V (447 m^3), con un determinado patógeno objetivo (influenza aviar) y patógeno sustituto (SARS-CoV-2) ambos con una susceptibilidad a la luz UV-C en el aire aproximadamente entre $k=.3$ y $.5 \text{ m}^2/\text{J}$. Se puede obtener mediante la ecuación propuesta recientemente por la Asociación Global de Iluminación (GLA) en las ecuaciones siguientes:

$$4.13 = \frac{12 \text{ ACH } (447 \text{ m}^3)}{(1.5) (17.28 \text{ m}^3) * 50 \text{ ACH}} * \frac{.5 \text{ m}^2/\text{J}}{.3 \text{ m}^2/\text{J}} \quad \text{Ec.(6a)}$$

$$4.02 = \frac{7 \text{ ACH } (447 \text{ m}^3)}{(1.5) (17.28 \text{ m}^3) * 50 \text{ ACH}} * \frac{.5 \text{ m}^2/\text{J}}{.3 \text{ m}^2/\text{J}} \quad \text{Ec.(6b)}$$

$$2.06 = \frac{6 \text{ ACH } (447 \text{ m}^3)}{(1.5) (17.28 \text{ m}^3) * 50 \text{ ACH}} * \frac{.5 \text{ m}^2/\text{J}}{.3 \text{ m}^2/\text{J}} \quad \text{Ec.(6c)}$$

$$2.29 = \frac{4 \text{ ACH } (447 \text{ m}^3)}{(1.5) (17.28 \text{ m}^3) * 50 \text{ ACH}} * \frac{.5 \text{ m}^2/\text{J}}{.3 \text{ m}^2/\text{J}} \quad \text{Ec.(6d)}$$

De las Ec.(6a) y Ec.(6b) se puede ver que si se considera inicialmente 4 sistemas Upper Room UVGI con susceptibilidades similares a la luz ultravioleta UV-C ambos patógeno objetivo y patógeno sustituto $k=.5 \text{ m}^2/\text{J}$, se pueden obtener hasta 12 cambios de aire por hora. Por otra parte, si se considera una ligera diferencia en la susceptibilidad en el patógeno objetivo $k=.3$ (gripe aviar), se puede obtener aproximadamente 7 ACH.

Por otro lado, las Ec.(6c) y Ec.(6d) muestran que al utilizar solamente 2 sistemas Upper Room UVGI y considerar los mismos valores de susceptibilidad a la luz UV-C $k=.5 \text{ m}^2/\text{J}$, para el patógeno objetivo y sustituto. Se pueden obtener únicamente 6 cambios de aire por hora para el volumen de 447 m^3 . Mientras que si se considera una mayor resistencia a la luz ultravioleta con un valor susceptibilidad en el

patógeno objetivo $k=.3 \text{ m}^2/\text{J}$ (gripe aviar), se puede obtener solo 4 ACH.

El factor de 1.5 mostrado en el denominador de las ecuaciones 6a,b,c y d. Es un factor de eficiencia de nuestro dispositivo al compararlo con los sistemas de Upper Room de Phillips donde se realizó el estudio de la cámara de prueba para obtener el $\text{eqCADR}_{\text{patógeno-sustituto}}$.

El resultado de estas ecuaciones se puede ver de manera grafica en la distribución de irradiancia de la parte superior del galpón en las Figuras 3 y 4. En la Figura 3 se muestra el uso únicamente dos sistemas Upper Room UVGI montados a una distancia de 2.5m en un galpón de 447 m^3 . Aquí se muestran 3 zonas con diferente intensidad:

La zona verde representa una irradiancia mínima de $.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ a la que una persona no debería estar expuesta por más de 5h, de acuerdo con el límite de exposición para riesgo actínico según lo dispuesto en la Norma 62471:2006 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) [13]. Donde se expone que una persona no puede exceder el límite de $.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ durante 8h. de jornada laboral y que está representado por la línea punteada amarilla a una altura de 1.78m. Esta zona abarca cerca del 59% del volumen de aire de la parte superior que es aproximadamente 160 m^3 y representa el 36% del volumen total del galpón.

La zona azul que representa una irradiancia mínima de $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ y abarca el 12% del volumen superior.

La zona roja que representa una irradiancia mínima de $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ y abarca el 4% del volumen superior.

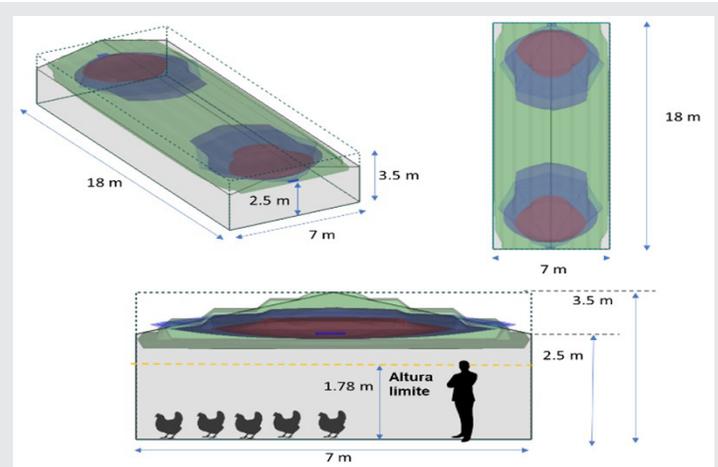


Figura 3. Simulación de la distribución de irradiancia proporcionada por 2 sistemas Upper Room UVGI en un criadero de pollos con un Volumen de 447 m^3 .

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, en la Figura 4, la zona verde abarca el 51% del volumen de la parte superior. La zona azul el 22% y la zona roja el 13%. Es decir 4 sistemas Upper Room generan una zona de alta intensidad de manera casi homogénea a lo largo del galpón, a diferencia de la

Figura 3 que solo genera zonas de alta intensidad en los extremos del lugar.

Esto permite que la desinfección sea mucho mayor, ya que la dosis a la cual estarían expuestos los virus aumentaría conforme el tiempo pasa. Y por lo tanto reduciría el tiempo de inactivación en el aire.

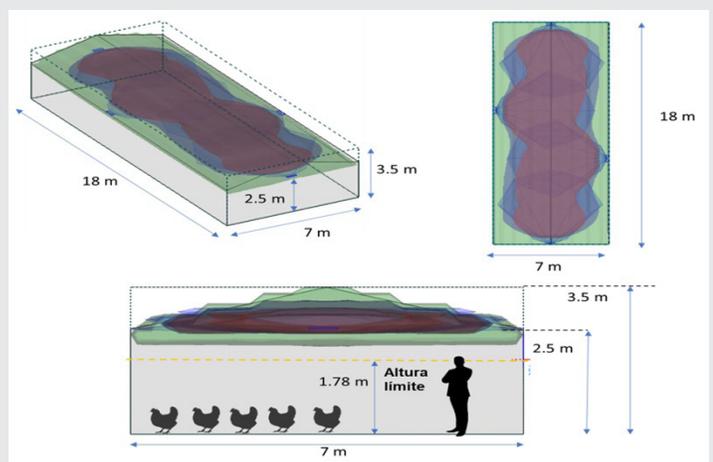


Figura 4. Simulación de la distribución de irradiancia proporcionada por 4 sistemas Upper Room UVGI en un criadero de pollos con un Volumen de 447 m³. Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, si se tuviera 1000 pollos distribuidos en un galpón de 447 m³, e instalará 2 o 4 sistemas Upper Room de irradiación germicida ultravioleta (UVGI) capaz de producir de 4 a 12 ACH equivalentes después de una hora, ¿cuál podría esperar que fuera el resultado de reducción de patógenos aéreos en menos de una hora?

La Figura 5 muestra la inactivación o eliminación de una concentración inicial de partículas de aerosol infecciosas previstas por la ecuación (5) suponiendo una concentración patógena inicial normalizada al 100% para tres casos ejemplares ya mencionados: Una eqACH = 12 h⁻¹ al considerar que la susceptibilidad de la gripe aviar y el SARS-Cov-2 son las mismas $k=0.5 \text{ m}^2/\text{J}$, y además se tienen 4 Sistemas Upper Room UVGI instalados; otra considerando solamente la instalación de dos sistemas UR-UVGI que nos generaría una eqACH = 6 h⁻¹; y finalmente dos sistemas UR-UVGI, pero considerando que el virus de gripe aviar es ligeramente más resistente que el SARS-Cov-2 a la luz ultravioleta UV-C, con una susceptibilidad de $k=0.3 \text{ m}^2/\text{J}$. Esto nos produciría una eqACH = 4 h⁻¹.

Esto implica que independientemente de que la susceptibilidad de la gripe aviar sea mayor o igual a la del SARS-Cov-2, o se instalen únicamente dos UR-UVGI en la parte superior se obtendría una reducción de patógenos aéreos mayor al 90% después de una hora de estar trabajando. La Figura 5 también demuestra que la cantidad de patógenos aéreas iniciales pueden reducirse al 90% en tan solo 12 minutos para una

eqACH = 12 h⁻¹, 24 minutos para una eqACH = 6 h⁻¹ y en 36 minutos para una eqACH = 4 h⁻¹.

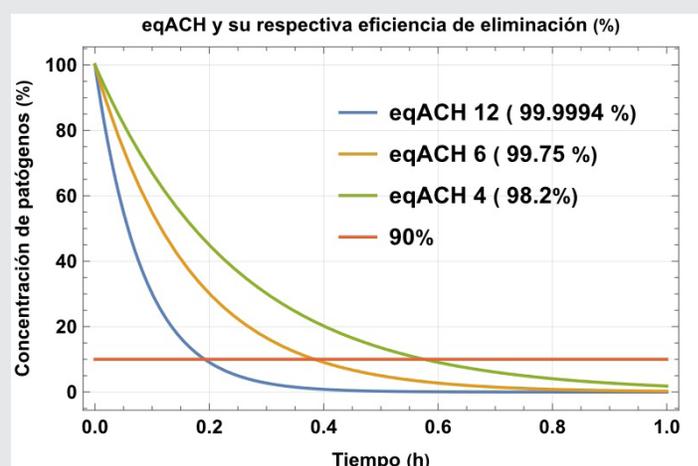


Figura 5. Concentración de patógenos vs tiempo para tres diferentes ACH equivalentes 12, 6 y 4. Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que este ejemplo solo demuestra la eficacia del dispositivo cuando no se considera la producción de patógenos de manera continua, sino estática. De otra manera las ecuaciones mencionadas se tendrían que modificar para introducir los parámetros de respiración, y la cantidad de patógenos exhalados por cada ave enferma, dando la pauta para otros estudios más complejos.

Cuanto más aire limpio esté disponible, ya sea por medios naturales, ingresando aire exterior a través del sistema de ventilación o agregando irradiación germicida ultravioleta para complementar el aire exterior existente disponible, la probabilidad de infección disminuiría.

Finalmente, hay que tomar en cuenta la ubicación de la instalación de estos dispositivos, ya que es vital para maximizar su efectividad y reducir posibles riesgos fotobiológicos.

CONCLUSIONES

La influenza aviar existe en el reservorio natural de especies de aves silvestres y puede ser difícil proteger completamente los gallineros contra las intrusiones periódicas del virus. Las tecnologías de desinfección UVC disponibles se pueden aplicar en criaderos y gallineros tanto para desinfectar el aire como para desinfectar superficies contaminadas. Cuatro o dos sistemas Upper Room UVGI de 36 W, instalados adecuadamente en un criadero de pollos con un volumen de 447 m³ pueden producir la ventilación equivalente de 6 a 12 cambios de aire por hora cuando se usa Sars-CoV-2 como el patógeno sustituto y la gripe aviar como objetivo, considerando a ambos con susceptibilidad UV-C en el aire aproximada de $k=0.5 \text{ m}^2/\text{J}$. Reduciendo la concentración del virus en un 99.9994 en una hora, o el 98% si se

considera $k=3 \text{ m}^2/\text{J}$ para el caso de dos UR-UVGI con na ACH equivalente de 4 h^{-1} .

El costo de implementación de la tecnología de sistemas Upper Room UVGI es relativamente modesto en comparación con el costo real de un brote que podría requerir un sacrificio extensivo de animales. Además de proteger las aves de corral, también se debe tener en cuenta a la protección de los trabajadores y a la prevención de nuevas variantes de la gripe aviar de especies saltadoras y afianzarse en poblaciones humanas donde los costos pueden ser incalculables.

BIBLIOGRAFÍA

[1] WHO, (2022, November). *Avian Influenza Weekly Update Number 867. WHO in the Western Pacific Region*. Consultada el 10 de noviembre de 2022, <http://accurapid.com/journal/17prof.htm>.

[2] 2. Conlon, A. M. (2022). *Daily briefing: Why bird flu is so bad right now*. *Nature*. Consultada el 10 de noviembre de 2022, <https://www.nature.com/articles/d41586-022-03322-2>.

[3] Gobierno de México. *Cierran filas Agricultura y avicultores para evitar propagación de la influenza aviar AH5N1 en el país*. Obtenida el 17 de noviembre de 2022, de la página electrónica: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/cierran-filas-agricultura-y-avicultores-para-evitar-propagacion-de-la-influenza-aviar-ah5n1-en-el-pais-319641?idiom=es>.

[4] *El economista*. *México vacunará a toda su población avícola para contener gripe aviar*. Obtenida el 14 de noviembre de 2022, de la página electrónica: <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Mexico-vacunara-a-toda-su-poblacion-avicola-para-contener-gripe-aviar-20221114-0131.html>.

[5] CDC, (Abril, 2021). *Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI)*. Consultada el 9 de abril del 2021, <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

[6] Wang, C. C., Prather, K. A., Sznitman, J., Jimenez, J. L., Lakdawala, S. S., Tufekci, Z., & Marr, L. C. (2021). *Airborne transmission of respiratory viruses*. *Science*, 373(6558), eabd9149.

[7] Bahnfleth, W.P., Fontana, L., Khankari K., Li, Y., Marr, L., Pantelic, J., Sekhar. C., Thomann, W., & Vernon, W. (2022). *ASHRAE position document on infectious aerosols*. ASHRAE, Georgia.

[8] Kowalski, W. (2010). *Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection*. Springer science & business media.

[9] McDevitt, J. J., Rudnick, S. N., & Radonovich, L. J. (2012). *Aerosol susceptibility of influenza virus to UV-C light*. *Applied and environmental microbiology*, 78(6), 1666-1669.

[10] Beggs, C. B., & Avital, E. J. (2020). *Upper-room ultraviolet air disinfection might help to reduce COVID-19 transmission in buildings: a feasibility study*. *PeerJ*, 8, e10196.

[11] Eadie, E., Hiwar, W., Fletcher, L., Tidswell, E., O'Mahoney, P., Buonanno, M., ... & Wood, K. (2022). *Far-UVC (222 nm) efficiently inactivates an airborne pathogen in a room-sized chamber*. *Scientific reports*, 12(1), 1-9.

[12] Ruetalo, N., Berger, S., Niessner, J., & Schindler, M. (2022). *Inactivation of aerosolized SARS-CoV-2 by 254 nm UV-C irradiation*. *Indoor air*, 32(9), e13115.

[13] Allen, G. R., Benner, K. J., & Bahnfleth, W. P. (2021). *Inactivation of pathogens in air using ultraviolet direct irradiation below exposure limits*. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 126, 1-24.

[14] Global Lighting Association (GLA) (2022). *Position Statement of UV Germicidal Irradiation: Guidelines for Quantification of Airborne Pathogen Inactivation by UVGI Technologies*.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Escama de pescado como fertilizante orgánico en el crecimiento de cilantro (*Coriandrum sativum*)



Colaboración

Alexis Burgos Muñoz; Jesús Carreón Jiménez; Víctor Michael Juárez Campillo; Martín Adrián Gálvez Vázquez; Raúl Alejandro Limón Hernández, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

Fecha de recepción: 08 de noviembre de 2022

Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2022

RESUMEN: La harina de escama de pescado es un fertilizante orgánico balanceado en nitrógeno y fósforo, contiene trazas de calcio y es un promotor del crecimiento en plantas recientemente trasplantadas y crecimiento vegetativo. El presente proyecto aborda la producción y aplicación de harina de escama de pescado como fertilizante en un suelo deteriorado. Se seleccionó un sitio para siembra a conveniencia y se tomaron 3 muestras de suelo para hacer una muestra compuesta, se colocaron en bolsas de polipropileno y se etiquetaron. En el laboratorio se realizó un análisis químico a la muestra compuesta por triplicado para determinar el pH y el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Posteriormente se tomaron dos parcelas para siembra, con los resultados de suelo se calculó la dosificación de fertilizante y a la primera se le añadió la harina de escama y la segunda se dejó sin tratamiento. Finalmente se evaluó el impacto del fertilizante en el crecimiento de cilantro (cm) y con el número de hojas de la planta por un tiempo de 8 semanas.

PALABRAS CLAVE: *Coriandrum Sativum*, fertilizante, harina, residuos de pescado, nitrógeno.

ABSTRACT: Fish scale meal is an organic fertilizer balanced in nitrogen and phosphorus, contains traces of calcium and is a growth promoter in recently transplanted plants and vegetative growth. This project deals with the production and application of fish scale meal as a fertilizer in deteriorated soil. A convenient planting site was selected and 3 soil samples were taken to make a composite sample, placed in polypropylene bags and labeled. In the laboratory, a chemical analysis was carried out on the sample composed in triplicate to determine the pH and the content of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). Subsequently, two plot were taken for planting, with the results of the soil the fertilizer dosage was calculated and the scale meal was added to the first and the second was left untreated. Finally, the impact of the fertilizer on the growth of coriander (cm) and the number of leaves of the plant was evaluated for a period of 8 weeks.

KEYWORDS: *Coriandrum Sativum*, Fertilizer, Flour, Fish waste, Nitrogen.

INTRODUCCIÓN

En la zona de Gutiérrez Zamora y sus alrededores una de las actividades comerciales más importantes es la pesca por su aproximación al río de Tecolutla o su cercanía con el mar del golfo de México. De manera diaria se pueden observar pescadores en la zona de playa y sobre el río Tecolutla, cuyo producto se comercializa principalmente en la zona de Tecolutla, Gutiérrez Zamora y Papantla. La pesca tradicional que se presenta en esta zona es por medio de redes, lo cual en ocasiones propicia que algunas especies marinas de nulo valor comercial o cuyo tamaño no sean aptas para la venta sean capturadas y desechadas, además,

en los puntos de venta se puede apreciar que se genera una considerable cantidad de residuos de pescado (cabezas, aletas, escamas, entre otros) [1], mismos que son dispuestos en conjunto con los residuos sólidos urbanos, o son desechados al río. Los residuos de pescado tienen un potencial para ser procesados debido a sus propiedades químicas [2], en particular en el caso de la escama de pescado se ha reportado como una importante fuente de minerales que son fundamentales para el crecimiento de plantas [3], es por ello que se ha planteado su aprovechamiento para obtener una harina a partir de escamas de pescado y evaluar su impacto en el crecimiento de cilantro.

El buscar recursos en los cuales se busque un ahorro y aprovechamiento de los residuos que son producidos en gran cantidad en nuestra región es uno de los principales incentivos para la realización de nuevos productos. La harina de escama de pescado es una fuente concentrada de proteínas de alto valor biológico y de gran digestibilidad [4].

La producción de esta harina de pescado debe pasar por varias etapas, en las que principalmente se busca el perder la menor cantidad de proteína y minerales que le da el mejor valor comercial a dicho producto. La harina de escama de pescado es obtenida de un proceso de 5 etapas: el lavado, el hervido, el prensado, el secado y la molienda [1,5].

Desarrollar productos a partir de residuos abre una brecha para que los pescadores y vendedores puedan obtener un beneficio económico por los residuos y de esta manera disminuir el impacto ambiental causado por su incorrecta disposición y propicia una economía circular que sea sustentada por la industrialización de un residuo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima

Como primer paso se tiene la recolección de materia prima, que se obtuvo en los principales centros de compra y venta de pescado en la región de Tecolutla y Gutiérrez Zamora, ya que es un residuo sin procedencia estandarizada y simplemente se desecha a los mantos acuíferos y los suelos.

Obtención de la harina de escama de pescado

Se continuó con el proceso de elaboración de la harina de escama de pescado, el cual se desarrolló con la ayuda de una serie de operaciones unitarias. Iniciamos con el lavado de la materia prima (escamas de pescado), para remover los sólidos que adquiere al estar en contacto con la superficie donde se encuentre, además que permite remover cualquier agente externo, después se pasa a la etapa de hervido, donde la escama de pescado se coloca en un recipiente y se le agrega agua purificada hasta cubrir y se somete a ebullición por 20 minutos [6]. Posteriormente se pasa a la etapa de prensado, donde se le extrajo la mayor cantidad de agua posible con ayu-

da de una prensa manual, este paso es importante ya que, si el contenido de agua es elevado, el secado tendrá una mayor duración. El siguiente paso fue el secado de la materia prima, el cual se llevó a cabo en una estufa de secado convencional a 60 °C hasta obtener un peso constante. Por último, se pasó a la etapa de molienda, donde con ayuda de un molino de mesa se redujo el tamaño de la escama hasta que adquiriera características de una harina y se empaquetó al vacío para almacenarlo.

Análisis fisicoquímico del suelo

La zona de cultivo se tomó por conveniencia debido a las facilidades de realizar la siembra. Se tomó una muestra compuesta por 3 puntos de muestreo y se homogeneizó. Para las pruebas físico químicas del suelo se utilizó un kit de análisis colorimétrico con el cual se determinaron parámetros de las características de suelo por triplicado como pH, fósforo, potasio y nitrógeno.

Cálculo de la dosis de harina de pescado

De acuerdo con la cantidad de nitrógeno inicial del suelo se calculó la cantidad requerida de harina para que cumpliera con los requerimientos de la planta *Coriandrum Sativum*.

Pruebas experimentales de campo

Como último paso de la metodología se tienen las pruebas de campo en las cuales se evaluó el biofertilizante, midiendo el crecimiento en centímetros de las plantas de cilantro en 2 parcelas de 2m², una con tratamiento y una sin tratamiento durante 8 semanas para el desarrollo óptimo de la especie y así determinar si la harina de pescado empleada como fertilizante orgánico es redituable para nuestro cultivo.

RESULTADOS

Resultados experimentales de la escama de pescado

En la siguiente Figura 1 se muestra la transformación de la materia prima "escama de pescado" al producto "harina".



Figura 1. Transformación de Producto inicial a producto final "harina de pescado".

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto los rendimientos obtenidos por kg de pescado fueron de 51.98% ± 3.776%.

En la Figura 2 se muestra el nivel de nitrógeno que contenía la tierra antes de ser tratada en comparación con el nivel de nitrógeno que después de ser tratada el cual pasó de 0 a 35.5 mg/L.

Resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo

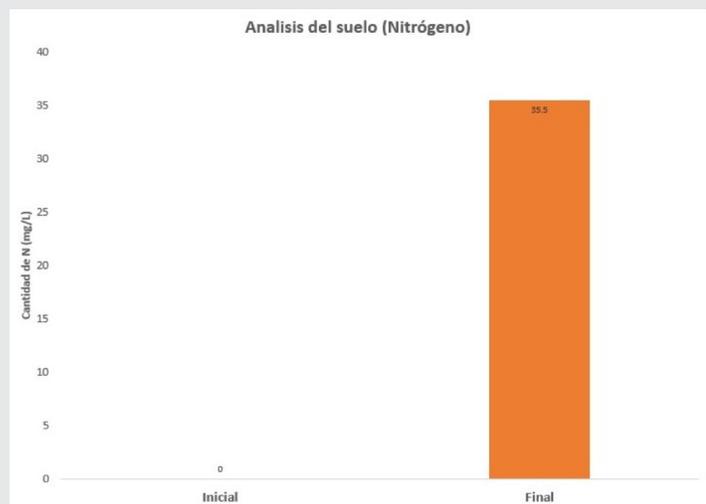


Figura 2. Comparación de Nitrógeno al inicio y final.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3 se muestra la diferencia de pH que tiene el suelo antes y después de ser tratada, podemos observar que la diferencia no es mucha puesto que pasa de 7.765 a 7.785 sin embargo esta cantidad es óptima para el crecimiento de Coriandrum Sativum.

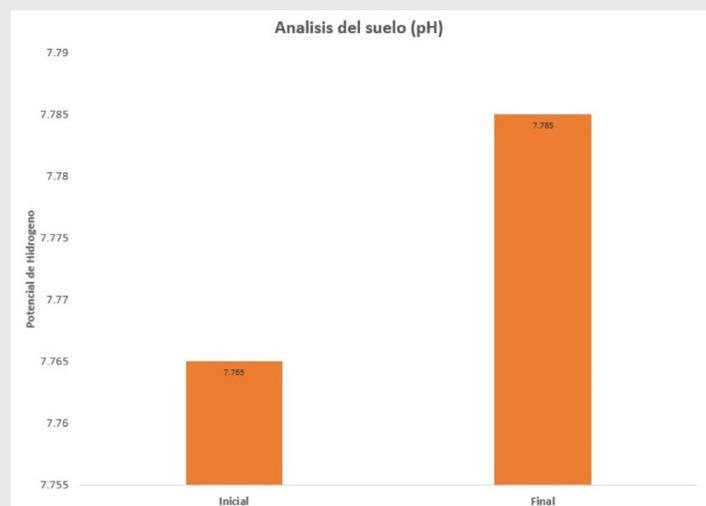


Figura 3. Comparación de pH al inicio y final.
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 4 se muestra la cantidad de potasio en el suelo antes y después del análisis, el cual pasó de 120 mg/L a 136 mg/L aumentando en 16 mg/L.

En la siguiente Figura 5 se muestra el aumento de fósforo que obtuvo el suelo a inicio y después de ser tra-

tado, mostrando un aumento de 6 mg/L de fósforo obteniendo 86 mg/L.

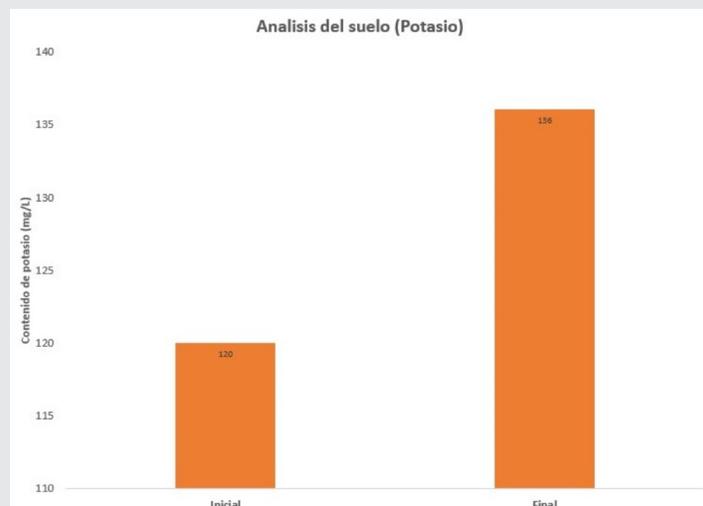


Figura 4. Comparación de Potasio al inicio y final.
Fuente: Elaboración propia.

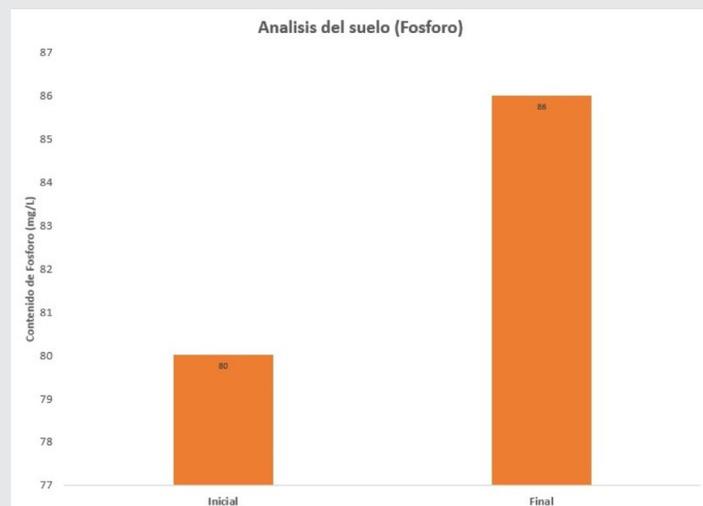


Figura 5. Comparación de Fosforo al inicio y final.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados experimentales del crecimiento del cultivo de Coriandrum Sativum

En la Figura 6, podemos observar el comportamiento de la altura de planta con respecto al tiempo, el cual inicia a partir de la segunda semana y aunque durante la tercera semana no hubo gran diferencia, la planta con fertilizante alcanzó casi el doble de altura que la que se cultivó sin fertilizante en la semana 3 con 11 cm y 5.5 cm respectivamente.

En la Figura 7 se muestra la cantidad de hojas que tiene la planta con respecto al tiempo, el cual inicia a partir de la segunda semana, podemos apreciar que durante la semana y la planta con fertilizante alcanzó un promedio de 12.2 hojas mientras que la que no lo contiene solo alcanzó 6.6 hojas por planta.

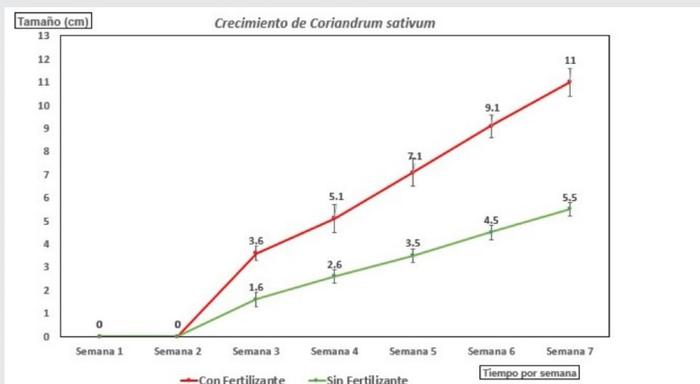


Figura 6. Crecimiento de Coriandrum sativum.

Fuente: Elaboración propia.

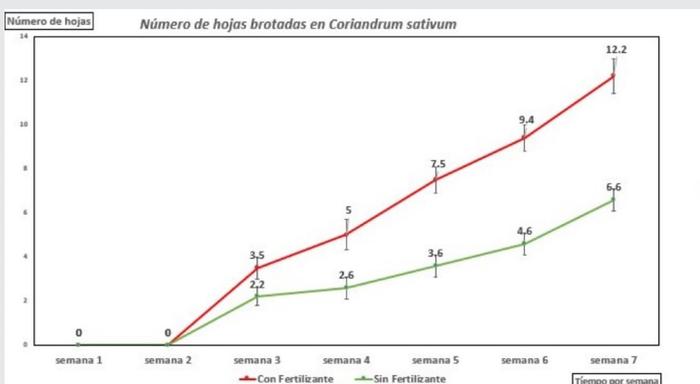


Figura 7. Número de hojas de Coriandrum sativum.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El hecho de utilizar un fertilizante orgánico para desarrollar de manera más sustentable los cultivos es redituable, ya que de esta manera puede absorber los micro y macro nutrientes que los cultivos necesitan para su óptimo desarrollo. De acuerdo a la evaluación el crecimiento óptimo de la planta se ve reflejado en la aplicación del fertilizante en el cultivo de la especie Coriandrum Sativum que obtuvo un favorable rendimiento en el crecimiento del tamaño de la planta en un 100% y el número de hojas en 84.84%, además de que el desarrollo de esta propuesta de valor se generó a partir de una materia prima que se considera un residuo, a la cual así mismo no se le daba una disposición adecuada. El resultado del desarrollo de este trabajo impacta de manera positiva la elaboración de una propuesta de valor y disminuye los costos de operación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Cabello et al. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana saber. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, vol. 25, núm. 4, octubre-diciembre. Pp. 414-422 Universidad de Oriente Cumaná, Venezuela.

[2] Reyes, Jacinto. (2015). Efecto de la humedad inicial y tiempo de secado por ventana refractante en la obtención de harina de pescado carachama (Ioricaria sp).

[3] Sinchiguano, (2018). Obtención de Harina a partir de los Desechos de la tilapia (oreochromis sp) para la elaboración de Balanceado destinado a la alimentación de Pollos.

[4] Pizá et al., (2017). Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú. Universidad de Piura.

[5] Aragón Lucero, I. (2018). Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de residuos de la industria pesquera de dos especies: marlín (Makaira nigricans) y tiburón (Carcharhinus falciformis).

[6] Saldaña Viera, Y., Vega Trujillo, T. N., & Vigo Wiese, G. G. (2018). Efecto del fertilizante elaborado con vísceras de pescado en la fertilidad del suelo y crecimiento del Capsicum pubescens.

[7] López-Mosquera, M. E., Fernández-Lema, E., Villares, R., Corral, R., Alonso, B., & Blanco, C. (2011). Compostaje de residuos de peces y algas marinas para producir un fertilizante para su uso en la agricultura orgánica. Procedia Ciencias Ambientales, 9, 113-117.

[8] Lakhal, D., Boutaleb, N., Bahlaouan, B., Taiek, T., Fathi, A., Mekouar, M., ... & El Antri, S. (2017). Mixture experimental design in the development of a bio fertilizer from fish waste, molasses and scum. International Journal of Engineering Research & Technology, 6(6), 588-59.

[9] Palacin Valerio, J. K. (2017). Elaboración del fertilizante orgánico líquido a partir de residuos de pescado para la producción del Raphanus Sativus-SJL 2017.

[10] Fajardo, E. J. P., Zapata, Y. A. A., & Nery, V. L. H. (2017). Uso de escamas y huesos de cachama blanca (Piaractus brachypomus) y tilapia (Oreochromis spp) como correctivo del suelo. Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 8(2), 2-19.

[11] Palacin Valerio, J. K. (2017). Elaboración del fertilizante orgánico líquido a partir de residuos de pescado para la producción del Raphanus Sativus-SJL 2017.

[12] Su García, N. C., & Arostegui Alfaro, N. Z. (2020). Comparación de eficiencia de bioabono Bocashi (elaborado de restos de pescado y

suelo) y fertilizante químico en el desarrollo de *Allium cepa*.

[13] Sanes, F. S. M., Strassburger, A. S., Araújo, F. B., & Medeiros, C. A. B. (2015). Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3), 1241-1251.

[14] GARCIA, K. B. V. (2015). Elaboración de composta a partir de residuos de pescado, utilizando el método de pilas con aireación mecánica. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC.

[15] APROLAB, 2007. "Producción de Abono Orgánico con Microorganismos Eficaces EM-1. Material Elaborado Para Formación-Profesional en Ganadería Lechera".

[16] Armenta-Bojórquez, A. D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., Apodaca-Sánchez, M. Á., Gerardo-Montoya, L., & Nava-Pérez, E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.

[17] Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Núñez, J. A. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.

[18] Ovalle, C., & Quiroz, M. 2021. *Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable*.

[19] Chávez Merino, I. P. 2017. *Uso de biol a partir de vísceras de pescado en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) en Pampas-Huancavelica*.

[20] Fajardo, E. J. P., Zapata, Y. A. A., & Nery, V. L. H. (2017). Uso de escamas y huesos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapia (*Oreochromis spp*) como correctivo del suelo. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 8(2), 2-19.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Evaluación de la administración crónica de ZnO verbesina persicifolia ZnO-Vp sobre la actividad cicatrizante e hipoglucemiante en ratas hiperglucémicas

RESUMEN: En este experimento se evaluó la administración de un complejo formado con ZnO nanoparticulado y *Verbesina persicifolia* (ZnO-Vp) sobre la actividad hipoglucemiante y cicatrizante en ratas hiperglucémicas. Se llevaron a cabo 3 etapas: A) obtención del extracto y formulación del complejo ZnO-Vp; B) evaluación del efecto hipoglucemiante de la administración oral crónica de ZnO-Vp en ratas hiperglucémicas y C) la evaluación del efecto cicatrizante de la administración oral de ZnO-Vp en ratas hiperglucémicas en el modelo de herida por escisión. Se emplearon 5 grupos, 3 grupos controles a los cuales se les administró ZnO-Nps, glibenclamida y agua purificada respectivamente y 2 grupos experimentales administrados con ZnO-Vp a dosis de 200 y 400 mg/kg de peso respectivamente, se analizaron con ANOVA de 2 vías para los factores: tratamiento y tiempo, seguido de la prueba post-hoc de Tukey cuando se encontraron diferencias significativas. Se encontró que en ambos grupos experimentales disminuyeron la glucemia en ayuno, redujeron el área de herida y aumentaron el porcentaje de cicatrización respecto al grupo control. En conclusión, este trabajo indicó que la administración crónica de 200 y 400 mg/kg de ZnO-Vp posee un efecto hipoglucemiante y cicatrizante en ratas con hiperglucemia inducida con aloxano.

PALABRAS CLAVE: Cicatrización, Diabetes, Farmacia, Nanotecnología, Óxido de zinc, *Verbesina persicifolia*.



Colaboración

Gabriel Arturo Soto-Ojeda; Eder Ramos-Santos; Juan Manuel Gómez-Sedeño; Mauro Antonio Villanueva-Lendecky, Universidad Veracruzana

Fecha de recepción: 11 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 15 de diciembre del 2022

ABSTRACT: In this experiment, the administration of a complex formed with nanoparticulated ZnO and *Verbesina persicifolia* (ZnO-Vp) was evaluated on the hypoglycemic and healing activity in hyperglycemic rats. Three stages were carried out: A) obtaining the extract and formulation of the ZnO-Vp complex; B) evaluation of the hypoglycemic effect of chronic oral administration of ZnO-Vp in hyperglycemic rats; and C) evaluation of the healing effect of oral administration of ZnO-Vp in hyperglycemic rats in the excisional wound model. Five groups were used, three control groups were administered ZnO-Nps, glibenclamide and purified water respectively and two experimental groups were administered ZnO-Vp at doses of 200 and 400 mg/kg body weight respectively, analyzed with 2-way ANOVA for the factors: treatment and time, followed by Tukey's post-hoc test when significant differences were found. It was found that both experimental groups decreased fasting blood glucose levels, reduced wound area and increased the percentage of healing with respect to the control group. In conclusion, this work indicated that chronic administration of 200 and 400 mg/kg ZnO-Vp possesses a hypoglycemic and healing effect in rats with alloxan-induced hyperglycemia.

KEYWORDS: Healing, Diabetes, Pharmaceuticals, Nanotechnology, Zinc oxide, *Verbesina persicifolia*.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es un síndrome endocrino-metabólico que lleva a la aparición de hiperglucemia secundaria a defectos de la secreción de insulina, de la acción de la insulina o de ambas [2, 20]. Durante el 2021 se reportaron 6.7 millones de fallecimientos por la enfermedad, siendo un problema de salud pública a nivel mundial [6].

El control inadecuado de la hiperglucemia causa un daño universal en el organismo, que traen como consecuencia complicaciones macrovasculares y microvasculares como enfermedades cardiovasculares,

neuropatía, nefropatía, retinopatía y problemas de cicatrización [8]. Dichas complicaciones se han correlacionado con la generación de úlceras en las extremidades inferiores que no cicatrizan llevando hasta la pérdida del miembro [17, 20]. Se ha calculado que en todo el mundo cada 30 segundos se realiza una amputación por esta causa [3].

En México es común el uso de la medicina tradicional para el tratamiento de distintas enfermedades, *Verbena persicifolia* es una planta conocida como huichín que se ha utilizado para el tratamiento de la diabetes [7], así como, antiinflamatorio y cicatrizante [10, 18].

Por otro lado, se ha reportado el uso de la nanotecnología para el desarrollo de sistemas que mejoren las actividades biológicas de los compuestos naturales [14, 16]. El ZnO nanoparticulado se ha empleado como sistema de administración de compuestos naturales y principios activos [13,16], asimismo, este presenta efectos hipoglucemiantes, antiinflamatorios, cicatrizantes, entre otros [5,13].

Por lo que, en este trabajo se evaluó si la administración de un complejo formado con ZnO-Nps y extracto de etanólico de *Verbena persicifolia* (EtOH-Vp) tiene efecto hipoglucemiante y cicatrizante en ratas con hiperglucemia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención del extracto etanólico de *V. persicifolia* (EtOH Vp)

El material vegetal se recolectó en la comunidad de Arroyo del Potrero, municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. Las hojas del espécimen se lavaron y secaron a temperatura ambiente y posteriormente se redujo el tamaño para su procesamiento [18]. La extracción se realizó en un equipo Soxhlet a un rango de temperatura de 65 a 70°C por 2 horas, posteriormente se concentró en un rotavapor a 65°C [15, 19].

Obtención de nanopartículas de ZnO-Vp

Para la formulación del complejo se utilizó nano polvo de ZnO <100 nm de Sigma-Aldrich (ZnO-Nps) como agente de carga y estabilizante del EtOH-Vp. Primero se generó una disolución de EtOH-Vp; para ello, en un baño de ultrasonido a 60°C se colocó agua destilada, etanol grado reactivo y EtOH-Vp hasta obtener una solución homogénea. Enseguida, se preparó una dispersión de ZnO-Nps, se realizó una mezcla de agua destilada, etanol grado reactivo y ZnO-Nps, esta se colocó en un sistema a reflujo a 70 °C hasta la obtención de la dispersión [11, 15, 19]. Posteriormente, la solución de EtOH-Vp se mantuvo dentro del baño de ultrasonido mientras se agregó gota a gota la dispersión de ZnO-Nps a través de una bureta, la solución final se llevó a reflujo a 70°C, enseguida se llevó a un baño de hielo a 3°C por 15 minutos, y por último se eliminó el disolvente en un rotavapor [15].

Sujetos experimentales

Para la evaluación experimental del efecto hipoglucemiante y cicatrizante de ZnO-Vp se utilizaron ratas de la cepa Wistar de 2.5 a 3 meses de edad con un peso de 200 a 250 g al inicio del experimento. Los animales fueron alojados en cajas de acrílico transparente con libre acceso a agua y alimento, bajo un ciclo de luz-oscuridad de 12 x 12 h. Los experimentos se realizaron de acuerdo con la Guía para Uso y Cuidado de Animales de Laboratorio y la NOM-062-ZOO-1999. Al finalizar el estudio, los animales fueron eutanizados con una sobredosis de pentobarbital sódico por vía intraperitoneal.

Inducción de hiperglucemia

Para la generación de hiperglucemia los sujetos de experimentación se colocaron en ayuno de 12 horas y se les determinó la glucemia en ayunas con ayuda de un glucómetro TRUE-METRIX; posteriormente, se administró aloxano por vía intraperitoneal en una dosis de 180 mg/kg de peso corporal, transcurridos 7 días post-administración se determinó la glucemia en ayuno [1, 18]. Se consideraron como normoglucémicos los sujetos con valores ≤ 100 mg/dL; hiperglucémicos >100 mg/dL pero <200 mg/dL; y diabéticos ≥ 200 mg/dL [4, 12].

Evaluación del efecto hipoglucemiante de la administración crónica de ZnO-Vp en ratas hiperglucémicas

Para la evaluación del efecto hipoglucémico se utilizó 1 grupo de sujetos experimentales normoglucémico y 4 grupos hiperglucémicos que se dividieron en los siguientes grupos:

Grupos control:

- Vehículo + ZnO 50 mg/kg (grupo normoglucémico) (VEH+ZnO)
- Glibenclamida 10 mg/kg (grupo hiperglucémico) (GLIB)
- Vehículo 1mL/kg (grupo hiperglucémico) (VEH)

Grupos experimentales (grupos hiperglucémicos):

- ZnO-Vp 200 mg/kg (ZnO-Vp₂₀₀)
- ZnO-Vp 400 mg/kg (ZnO-Vp₄₀₀)

Todos los tratamientos fueron administrados por vía oral en la mañana durante 21 días. 24 horas después de que se aplicaron los tratamientos, se determinó la glucemia en ayuno los días 7, 14 y 21. La glucemia antes del inicio de los tratamientos se consideró como día 0. Los resultados se evaluaron con ANOVA de dos vías para los factores tratamiento y tiempo del tratamiento; cuando existieron diferencias significativas se empleó la prueba de Tukey como post-hoc. Los valores se presentaron como la media +/- error estándar.

Evaluación del efecto cicatrizante de la administración crónica de ZnO-Vp en ratas hiperglucémicas

Para la evaluación del efecto cicatrizante se rasuró el dorso de los sujetos experimentales delimitando el área de la herida, se removió completamente la epider-

mis y la dermis, con área de 1 cm² y profundidad de 2 mm aproximadamente [9, 18]. Los sujetos experimentales se dividieron en los siguientes grupos:

Grupos control:

- Vehículo + ZnO 50 mg/kg (grupo normoglucémico) (VEH+ZnO)
- Glibenclamida 10 mg/kg (grupo hiperglucémico) (GLIB)
- Vehículo 1mL/kg (grupo hiperglucémico) (VEH)

Grupos experimentales (grupos hiperglucémicos):

- ZnO-Vp 200 mg/kg (ZnO-Vp₂₀₀)
- ZnO-Vp 400 mg/kg (ZnO-Vp₄₀₀)

Todos los tratamientos fueron administrados por vía oral en la mañana durante 21 días. Se calculó el porcentaje de cicatrización comparando el tamaño inicial de la herida y el tamaño final. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de cicatrización:

$$\% \text{ de cicatrización} = \frac{A_0 - A_x}{A_0} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

- A₀ es área de la herida inicial;
- A_x es área de la herida en día específico [9, 18].

Los resultados se evaluaron con ANOVA de dos vías para los factores tratamiento y tiempo del tratamiento; cuando existieron diferencias significativas se empleó la prueba de Tukey como post-hoc. Los valores se presentaron como la media +/- error estándar.

RESULTADOS

Obtención del EtOH Vp

El propósito de esta etapa experimental fue lograr la extracción etanólica de las hojas de *Verbesina persicifolia*. Una vez colectado el espécimen vegetal fue seleccionado, secado y triturado con este se logró obtener el EtOH-Vp seco con un rendimiento del 40% a partir de la extracción sólido-líquida mediante el equipo Soxhlet, sus características se engloban en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del extracto EtOH-Vp seco.

Características	Resultado	Fotografía
Color	Verde	
Olor	Herbal Característico a V. persicifolia	
Aspecto	Oleoso	
Consistencia	Solida	
Rendimiento	40%	

Fuente: Elaboración propia.

Obtención de nanopartículas de ZnO-Vp

Este experimento tuvo como objetivo la generación del complejo ZnO-Vp para su posterior evaluación del efecto hipoglucemiante y cicatrizante. Se obtuvo el

complejo ZnO-Vp a través del acoplamiento del Nps-ZnO y EtOH-Vp, las características del complejo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características del complejo ZnO-Vp.

Características	Resultado	Fotografía
Color	Verde	
Olor	Característico a V. persicifolia	
Aspecto	Libre de partículas extrañas	
Consistencia	Solida	
Rendimiento	85%	

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del efecto hipoglucémico de la administración crónica de ZnO-Vp en ratas hiperglucémicas

Al analizar la variable de glucemia en ayuno para la interacción de factores tratamiento y tiempo del tratamiento se encontraron diferencias estadísticamente significativas [F_(12,100) = 29.089; p < 0.001]. El grupo VEH-ZnO presentó valores normoglucémicos a lo largo de la prueba a diferencia de los demás grupos experimentales que mostraron valores más altos (*p < 0.001). El grupo VEH mostró los niveles de glucemia en ayunas más altos vs todos los tratamientos durante todo el tiempo de tratamiento (*p < 0.001). Los grupos administrados con ZnO-Vp a las diferentes dosis (200 y 400 mg/kg) y la glibenclamida mostraron una mayor glucemia en ayunas, respecto al grupo VEH-ZnO (normoglucémico) y menor respecto al grupo VEH (ratas diabéticas) (*p < 0.001). Se observó, que los sujetos experimentales administrados con ZnO-Vp, fueron estadísticamente similares entre ellos y presentaron una disminución significativa el día 1 vs 21 de tratamiento, desplazándose del rango diabético al hiperglucémico (+p < 0.001). Véase la Figura 1.

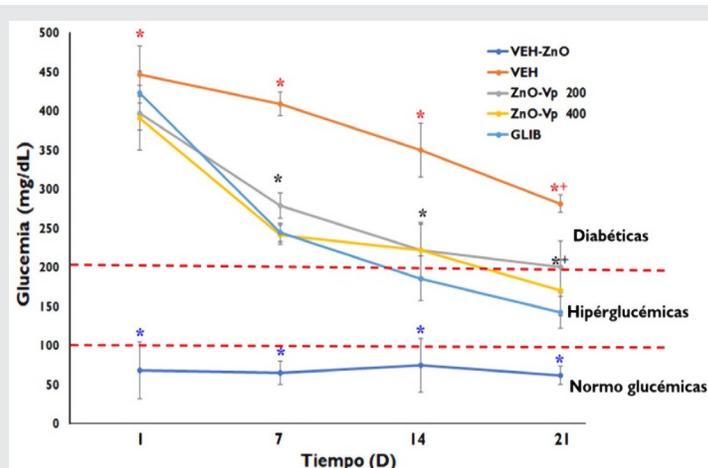


Figura 1. Interacción de factores tratamiento y tiempo para la variable glucemia en ayuno.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del efecto cicatrizante de la administración crónica de ZnO-Vp en ratas hiperglucémias

Al analizar la variable de área de la herida, el ANOVA indicó diferencias significativas [$F_{(4,200)} = 53.981$; $p = 0.001$], la prueba post-hoc mostró que en todos los grupos hubo una disminución del área de la herida a lo largo del tiempo que duro la prueba ($*p \leq 0.001$). Los sujetos experimentales tratados con las diferentes dosis ZnO-Vp (hiperglucémicos), al igual que los VEH-ZnO (normoglucémicos) redujeron mayormente esta variable vs los grupos que recibieron el VEH y GLIB ($*p \leq 0.001$), se observó que produjeron el cierre de la lesión en un menor tiempo, tal y como se observa en la Figura 2.

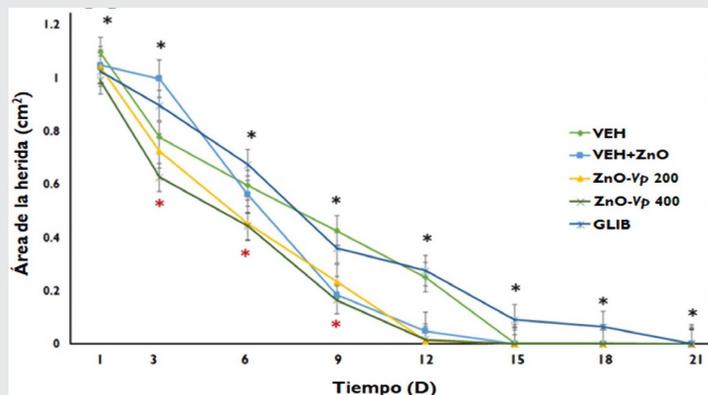


Figura 2. Interacción de factores tratamiento y tiempo para la variable área de la herida.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, al evaluar el % de cicatrización se observó en todos los grupos un aumento significativo en función del tiempo e independiente de los tratamientos [$F_{(4,200)} = 35.051$; $p = 0.001$] ($*p \leq 0.001$). El mayor porcentaje de cicatrización se obtuvo en los grupos que recibieron VEH-ZnO (normoglucémicos) y ZnO-Vp a las diferentes dosis vs los tratados con GLIB y VEH que tuvieron los porcentajes más bajos en esta prueba ($*p \leq 0.001$). Véase la Figura 3.

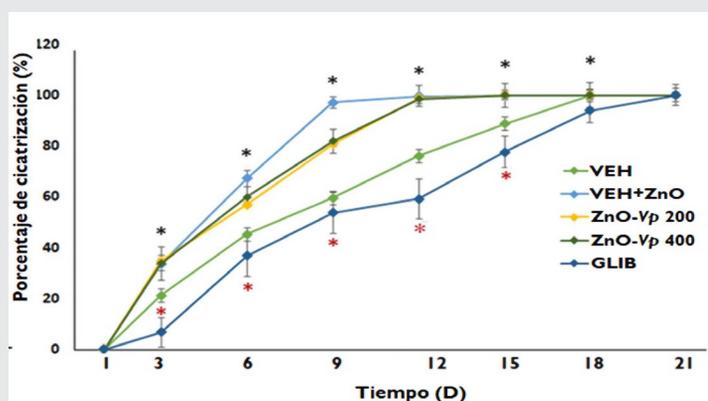


Figura 3. Interacción de factores tratamiento y tiempo para la variable porcentaje de cicatrización.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se logró obtener el EtOH Vp a través del equipo Soxhlet con un rendimiento del 40%, con ello se consiguió desa-

rollar un complejo ZnO-Vp con un rendimiento del 85%. Se observó que la administración crónica de ZnO-Vp posee efectos hipoglucemiantes y cicatrizantes a partir de la dosis de 200 y 400 mg/kg en ratas hiperglucémicas. Los resultados indicaron que las dosis ensayadas, disminuyeron y estabilizaron la glucemia en ayunas (<200 mg/kg) en los sujetos hiperglucémicos de forma similar al efecto mostrado con el control farmacológico glibenclamida. Las dosis de ZnO-Vp redujeron el tiempo de cicatrización en sujetos hiperglucémicos de forma análoga al resultado obtenido en ratas normoglucémicas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Amah, C. C., Joshua, P. E., Ekpo, D. E., Okoro, J. I., Asomadu, R. O., Obelenwa, U. C., & Odiaba, A. S. (2022). Ethyl acetate fraction of *Fagara zanthoxyloides* root-bark possess antidiabetic property against alloxan-induced diabetes and its complications in Wistar rat model. *Journal of ethnopharmacology*, 293, 115259.

[2] American Diabetes Association. (2021). 2. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes Care*, 44(Suppl. 1): S152-S33.

[3] Amoah, V. M. K., Anokye, R., Acheampong, E., Dadson, H. R., Osei, M., & Nadutey, A. (2018). The experiences of people with diabetes-related lower limb amputation at the Komfo Anokye Teaching Hospital (KATH) in Ghana. *BMC Research Notes*, 11(1).

[4] El-Gharbawy, R. M., Emara, A. M., & Abu-Risha, S. E.-S. (2016). Zinc oxide nanoparticles and a standard antidiabetic drug restore the function and structure of beta cells in Type-2 diabetes. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 810- 820.

[5] El-Megeed, S. A. & El-Sayed, W. (2022). The potential role of zinc oxide nanoparticles in the treatment of diabetes mellitus: An updated review. *Zagazig Veterinary Journal*, 50 (1), 37-51.

[6] Federación Internacional de Diabetes. (2021). Atlas de la Diabetes de la FID. Federación Internacional de Diabetes, 10, 34-60.

[7] Hernández, A., Campos, R. G., López, C. U., Juárez, A. & Hernández, A. D. (2022). Plantas medicinales de la familia Asteraceae con actividad hipoglucemiante en México, una revisión. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 8(16),14-17.

[8] Harding, J. L., Pavkov, M. E., Magliano, D. J., Shaw, J. E., & Gregg, E. W. (2018). Global trends in diabetes complications: a review of current evidence. *Diabetologia*, 62, 3-16.

- [9] Khorasani, M. T., Joorabloo, A., Adeli, H., Milan, P. B., & Amoupour, M. (2021). Enhanced antimicrobial and full-thickness wound healing efficiency of hydrogels loaded with heparinized ZnO nanoparticles: In vitro and in vivo evaluation. *International journal of biological macromolecules*, 166, 200-212.
- [10] López-Canúl, M. G. (2015). Evaluación del efecto anti-nociceptivo y anti-alodínico del extracto acuoso de huichín (*Verbesina persicifolia* DC) administrado de forma aguda en ratas macho de la cepa Wistar. [Tesis de doctorado, Universidad Veracruzana].
- [11] Low, D., Mahendra, C., Supramaniam, J., Tan, L., Lee, L., Manickam, S., Goh, B., Tan, K. & Tang, S. (2021). Ultrasound-enhanced biosynthesis of uniform ZnO nanorice using *Swietenia macrophylla* seed extract and its in vitro anticancer activity. *Nanotechnology Reviews*, 10(1), 572-585.
- [12] Mejía, R., & Pérez, I. H. (2020). Effect of alpha linolenic acid on membrane fluidity and respiration of liver mitochondria in normoglycemic and diabetic Wistar rats. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*.
- [13] Murali, M., Kalegowda, N., Gowtham, H. G., Ansari, M. A., Alomary, M. N., Alghamdi, S., Shilpa, N., Singh, S. B., Thriveni, M. C., Aiyaz, M., Angaswamy, N., Lakshmidevi, N., Adil, S. F., Hatshan, M. R., & Amruthesh, K. N. 97 (2021). Plant-Mediated Zinc Oxide Nanoparticles: Advances in the New Millennium towards Understanding Their Therapeutic Role in Biomedical Applications. *Pharmaceutics*, 13(10), 1662.
- [14] Patra, J. K., Das, G., Fraceto, L. F., Campos, E., Rodriguez-Torres, M., Acosta-Torres, L. S., Diaz-Torres, L. A., Grillo, R., Swamy, M. K., Sharma, S., Habtemariam, S., & Shin, H. S. (2018). Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *Journal of nanobiotechnology*, 16(1), 71.
- [15] Rosas, J. A., Rodriguez, J. A. M., Fonseca, A. D. D., Aguilar, A. E. A., Macedo, C. M. A., Vázquez, V. S. & Rodríguez, L. A. M. (2015). Encapsulation of Glycosides from Extract *Plantago Major* in ZnO Matrices by Sol-Gel. *Journal of Materials Science and Engineering A*, 5(3-4), 154-158.
- [16] Singh, T. A., Das, J., & Sil, P. C. (2020). Zinc oxide nanoparticles: A comprehensive review on its synthesis, anticancer and drug delivery applications as well as health risks. *Advances in colloid and interface science*, 286, 102317.
- [17] Smokovski, I. (2021). Impact of Diabetes Complications. En Smokovski, I. (Eds.), *Managing diabetes in low income countries*. (25-37). Shtip: Springer Nature.
- [18] Soto-Ojeda, G. A., del Carmen Cortés-Pomares, P., & Villanueva-Lendechy, M. A. (2022). Formulación de un gel a base del extracto etanólico de *Verbesina persicifolia* y *Calendula officinalis* para su evaluación antimicrobiana y cicatrizante. *RINDERESU*, 6(1-2).
- [19] Treviño, S., Aguila, J., Gonzalez, M. A., C, G., Rubio, E., López, G., Moreno, J. A. & Díaz, A. (2014). Estudios preliminares de caracterización y acción cicatrizante de nanomatrices de ZnO con extracto de *Plantago major* en la piel de rata. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45 (4).
- [20] Vijayakumar, V., Samal, S. K., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2018). Recent advancements in biopolymer and metal nanoparticle-based materials in diabetic wound healing management. *International Journal of Biological Macromolecules*.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Diversidad de maíz criollo (*Zea mays* L) en el municipio de Tequila, Veracruz



Colaboración

Pedro Gutiérrez Zepahua; Josué Aparicio Álvarez; Cuitlahuac González Panzo; Joe Adrián Rosales Cano, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

Fecha de recepción: 9 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2022

RESUMEN: En México, se tiene una larga trayectoria de colectas de maíces nativos, lo que ha conllevado a una identificación racial extensiva de maíz criollo (*Zea Mays* L.), desde el norte al sur del país para su preservación cultural en condiciones in situ y ex situ. Este estudio se realizó bajo condiciones de temporalidad debido a las post cosechas y las ante siembras en un periodo que comprendió los meses enero - marzo 2020 en 22 comunidades de Tequila, Veracruz. El objetivo principal fue identificar las razas de maíz criollo (*Zea mays* L.) existentes para su preservación, conservación y difusión, utilizando técnicas participativas comunitarias y la metodología de Hernández Xolocotzi. Entre los principales resultados obtenidos están el haber encontrado 18 razas de maíz criollo las cuales están distribuidas en 5 grupos lo que se considera un hallazgo importante al encontrar más del 50% de estos grupos en el municipio de Tequila.

PALABRAS CLAVE: Agricultura, características morfológicas, maíz criollo, preservación, seguridad alimentaria, raza.

ABSTRACT: In México, there is a long history of collecting native maize, which has led to an extensive racial identification of criollo maize (*Zea Mays* L.), from the north to the south of the country for its cultural preservation in in situ and ex situ conditions. This study was conducted under seasonal conditions due to post-harvest and pre-sowing in a period from January to March 2020 in 22 communities of Tequila, Veracruz. The main objective was to identify the existing creole maize (*Zea mays* L.) breeds for their preservation, conservation, and dissemination, using community participatory techniques and Hernández Xolocotzi's methodology. Among the main results obtained are the finding of 18 races of creole maize, which are distributed in 5 groups, which is considered an important finding since more than 50% of these groups are found in the municipality of Tequila.

KEYWORDS: Agriculture, morphological characteristics, criollo corn, preservation, food security, breed.

INTRODUCCIÓN

Mesoamérica, es una región que comprende una línea irregular desde el estado de Nayarit a la porción media de Veracruz en México, hasta Nicaragua. Es reconocida como un centro de origen de la agricultura en el contexto mundial además de ser el centro de origen y diversidad de aproximadamente 225 especies vegetales cultivadas [1]. El maíz es la forma cultivada del género *Zea* y los investigadores involucrados en su estudio han reconocido que el teocintle es su ancestro [2].

En México, se tiene una larga trayectoria de colectas de maíces nativos. Las primeras datan de la década de 1920 y las más conocidas fueron recopiladas por Wellhausen, Roberts y Hernández Xolocotzi (1951). Los trabajos para recolectar la diversidad de los maíces nativos existentes en México iniciaron al final de la década de 1930.

En los años siguientes hasta finalizar el siglo XX, diversos organismos como el Instituto de Investigaciones Agrícolas, la Oficina de Estudios Especiales, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (ahora INIFAP), el Colegio de Postgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo, la Autónoma de Nuevo León, y la de Guadalajara, entre otras, han realizado esfuerzos para reunir las variantes genéticas de los maíces seleccionados por generaciones de agricultores, que iniciaron el proceso mucho tiempo antes de la llegada de los conquistadores españoles.

CONABIO menciona que en la biodiversidad en México se reportan 64 razas, 59 se pueden considerar nativas y 5 que fueron descritas inicialmente en otras regiones (Cubano Amarillo, del Caribe, y cuatro razas de Guatemala - Nal Tel de Altura, Serrano, Negro de Chimaltenango y Quicheño), pero que también se han colectado o reportado en el país. Las razas de maíz de México se han agrupado, con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos (isoenzimas) en siete grupos o complejos raciales [3].

Así en los estados que integran la región centro existe gran diversidad climatológica y ecológica, con regiones de valles altos, transición, bajo y algunas regiones cálidas en el Estado de México y en las Huastecas Hidalguense y Queretana, donde es posible identificar una gran cantidad de razas tales como: palomero toluqueño, cónico, elotes cónicos (de color azul), pepitilla, chalqueño, ancho y cacahuacintle, adaptadas principalmente a regiones de valles altos; razas como Celaya, Bolita, Pepitilla, Harinoso de ocho en las regiones de Bajío, mezclas muy interesantes de varias razas en las regiones de transición, así como la presencia de razas tropicales como tuxpeño en las regiones más cálidas [4].

La práctica dentro de la agricultura mexicana sigue siendo una premisa desde el punto de vista cultural; en las comunidades el cultivo de maíz criollo se sigue realizando, sin embargo en algunas partes como lo es en el municipio de Tequila, Ver., se han ido perdiendo algunas de las variedades que existían, como consecuencia de un alto fenómeno migratorio lo que ha ocasionado la introducción de nuevas variedades híbridas.

En México las variedades de maíz (*Zea mays* L.) nativos se utilizan para elaborar además de tortilla, una diversidad de preparaciones culinarias tradicionales [5], existen un total de 59 razas, siendo un país con una alta diversificación de variedades de maíz en todo el territorio mexicano [6].

El consumo per cápita de maíz en México es alrededor de 350 g incluyendo principalmente tortillas y los más de 600

distintos platillos de la gastronomía mexicana, muchos de ellos basados en el proceso de nixtamalización del grano, el cual tiene relación con un aumento de su calidad nutricional.

El interés de esta investigación nace a raíz y la importancia de que los maíces nativos, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales, por lo que su protección y conservación resulta fundamental.

En el municipio de Tequila se trabajó bajo la siguiente hipótesis "que exista al menos una raza de maíz criollo (*Zea Mays* L.) en el territorio de Tequila dentro de los diferentes estratos altitudinales, climas, suelos, vegetación y grupos indígenas del territorio de las Altas Montañas".

El presente trabajo de investigación se propone Identificar las razas de Maíz que existen en el municipio de Tequila, para la preservación, conservación y difusión entre los agricultores mediante técnicas de intervención comunitaria, para lograr lo anterior se propone:

- Recolectar maíz en las localidades mediante una guía técnica para la descripción varietal.
- Describir las características morfológicas-agronómicas de las razas de maíz existentes.
- Desarrollar un catálogo de los maíces de las localidades del municipio de Tequila, Ver.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo exploratoria ya que busca una visión general de un nuevo tema de estudio para la zona de grandes montañas específicamente para el municipio de Tequila, Ver., pues esta zona de estudio no cuenta con investigaciones referentes a esta indagación, así mismo este cuenta con un enfoque mixto de investigación, porque se generan a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas, pero también se genera de un proceso inductivo porque se realizan a través de diferentes tipos de datos, tales como entrevistas, observaciones, documentos, imágenes, audios, entre otros, por tanto el enfoque de la presente investigación es mixta, puesto que tiene tanto el enfoque cuantitativo y cualitativo.

Para realizar esta investigación se siguieron los lineamientos de Hernández X. (1985), particularmente de su obra "Exploración etnobotánica y su metodología", por otra parte, incorpora aportes de otros autores como referencia, así como la experiencia de los agricultores de las comunidades para la colecta del maíz [7].

La región de estudio comprende 22 comunidades del municipio de Tequila (Figura 1). Para poder ubicar las localidades donde se realizaron las colectas, se siguió el criterio utilizado por el departamento de fomento agropecuario para sus intervenciones: Parte alta, media y baja, considerando que en cada una de estas secciones se le atribuyen carac-

terísticas específicas para cada región, como, por ejemplo: cercanía al municipio, servicios con los que cuenta, altitud y comunicación entre las comunidades que lo conforman.

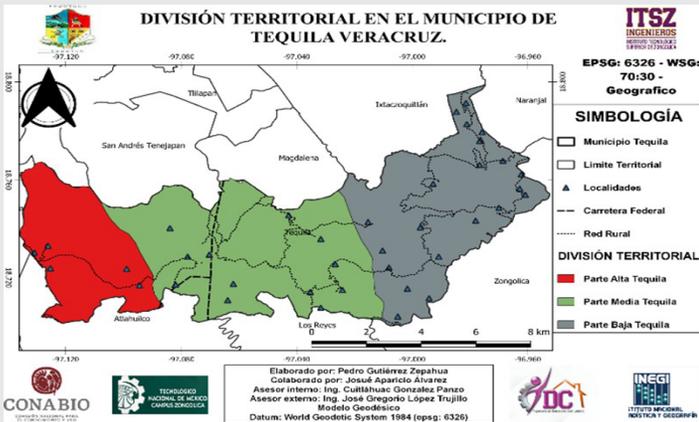


Figura 1. División territorial en el municipio de Tequila, Veracruz. Fuente: Elaboración propia con base a metadatos de CONABIO 2020.

La metodología utilizada se condujo bajo el siguiente orden:

a) Presentación del proyecto ante las comunidades: conforme al Artículo 15 inciso 5 del Convenio de Diversidad Biológica, ratificado por nuestro país, y las normas nacionales al respecto, para recolectar muestras de germoplasma y la información referente a maíces nativos es necesario en principio contar con el consentimiento fundamentado previo del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICSSAGARPA), comunidades y agricultores dueños de los cultivos e información con quienes se coleccionen estos. Por ahora este principio no se ha traducido en normas al respecto, por lo que habrá que estar pendiente de que se establezcan oficialmente, ante esto; el proyecto se presentó ante las 37 comunidades (Figura 2), que comprende el municipio de Tequila, Veracruz de las cuales solo 22 aceptaron intervenir en él.



Figura 2. División territorial en el municipio de Tequila, Veracruz. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

b) Integración de actores clave al proyecto: Para realizar la intervención y trabajo de campo en las comunidades fue necesario contar con la participación de los actores clave (Figura 3), en este caso el director del fomento agropecuario del Ayuntamiento de Tequila, Veracruz, agentes y

subagentes de las localidades, quienes fungieron como los enlaces para poder coleccionar las muestras y como conocedores de las rutas, horarios y conocimientos locales entorno a los maíces nativos.



Figura 3. Plática con actores clave y productores de la comunidad de Cortezca, Tequila, Ver. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

c) Determinación de los sitios de colecta: Para determinar los sitios de colecta se hizo uso de los sistemas de información geográfica, primero para poder ubicar a todas las localidades (Tabla 1), dentro del municipio, y segundo para establecer rutas de colecta.

Tabla 1.- Establecimiento de rutas de colecta en el municipio de Tequila, Veracruz.

Ruta	Comunidades	Criterio
Ruta I	Mirador, Poxcaulta, Cortezca, Campanario, Barrio, Coxitilla, Yoloxochitilla, Xalxocotla.	Se eligieron las comunidades de la ruta I, de acuerdo con las alturas en las que estas se encuentran, además de que los de esta ruta son los primeros en cosechar que el resto de las rutas.
Ruta II	Cotlajapa, Santa Cruz, Tepapalotla, Zacatlamanca I, San Antonio, Cumbre Buena Vista, Ocotempa, Mitepec, Moxala, Mitepec, Oxtotitla, Atlajco, Ocotempa.	La ruta II, se eligió también de acuerdo con la similitud a los tiempos de cosecha, lo que al ser comunidades que tienen un clima intermedio a la ruta I y II, nos ayudó a elegir estas comunidades.
Ruta III	Ocotla, Tepecuitlapa, Ocotempa los Pinos.	En la ruta III, se eligieron dichas comunidades de acuerdo con la distancia y a la lejanía que estas se encontraban, además que eran de las comunidades que cosechan después de las otras comunidades dentro del municipio.

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos por parte del Directorio de Fomento Agropecuario y la participación de distintas comunidades.

d) Colectas: para la parte inicial de las colectas fue necesario que se definieran cuántos y cuáles serían los agricultores para realizarlas; Hernández y Alanís (1970) sugieren que las colectas se realicen cuando el maíz ya esté cosechado, visitar las casas que los terrenos de cultivo, las mazorcas ya están algo secas y con frecuencia ya está separada la semilla del grano.

De las mazorcas recolectadas y representativas de cada población (accesión), se determinaron las características cuantitativas y cualitativas:

e) Características cuantitativas: en el caso de las características cuantitativas (Figura 4), estas se determinaron de acuerdo con la característica en particular, y dependerá si son en peso (g), en longitud (cm, mm) o bien en volumen (ml), las cuales se enuncian a continuación.

- 1.1. Número de hileras en la mazorca.
- 1.2. Número de granos por hilera.
- 1.3. Longitud de mazorca (cm). Longitud de la base al ápice en la mazorca.
- 1.4. Diámetro de mazorca (cm). El diámetro de la parte central de la mazorca.
- 1.5. Peso de mazorca (g).
- 1.6. Diámetro de olote (cm).
- 1.7. Peso de semillas de la mazorca (g).

Color de grano: 1 = Blanco, 2 = Blanco cremoso, 3 = Amarillo claro, 4 = Amarillo medio, 5 = Amarillo naranja, 6 = Naranja, 7 = Rojo naranja, 8 = Rojo, 9 = Rojo oscuro, 10 = Azul, 11 = Azul oscuro, 12 = Negro, 13 = Café.

Color de olote. Utilizar los mismos colores que en la característica anterior. En el caso de la descripción de los colores, es recomendable que en la captura de datos se disponga de la opción para incluir alguna variante adicional no contemplada en la lista propuesta.



Figura 5. Análisis cualitativo de las colectas de maíz. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.



Figura 4. Análisis cuantitativo de medición del grosor de la mazorca. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

f) Características cualitativas: de la misma manera, se realizó el análisis con las características cualitativas (Figura 5), donde a las muestras fitogenéticas se realizaron diversas observaciones para culminar la identificación como se menciona a continuación:

Forma de mazorca. Describir la forma de cada una de las mazorcas: 1) Cónica, 2) Cónica-cilíndrica y 3) Cilíndrica.

Disposición de las hileras en la mazorca: Utilizar la clasificación propuesta en los Descriptores para Maíz como sigue: 1 = Regular, 2 = Irregular, 3 = Recta, 4 = En espiral.

Tipo de grano: 1 = Harinoso, 2 = Dentado, 3 = Semi-dentado, 4 = Semi-cristalino, 5 = Cristalino, 6 = Reventador, 7 = Dulce, 8 = Ceroso, 9 = Semi-harinoso.

g) Toma y registro de fotografías: En este trabajo se tomaron al menos tres tipos de fotografía, las cuales se hicieron durante los recorridos de la exploración etnobotánica y que incluyen: paisajes; fotos del agricultor y su familia, instrumentos, graneros, forma de conservar la semilla, formas de uso del grano de maíz y otras partes de la planta, etc.

h) Eliminación de muestras de mala calidad o que se consideren redundantes:

Al coleccionar muestras inadecuadas (Figura 6), por su tamaño, calidad (demasiado variables, mezcladas, etc.), infestadas de insectos o patógenos, al final de la jornada de trabajo o de la exploración se decide desechar algunas muestras.



Figura 6. Eliminación de muestras de maíz de mala calidad. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

i) Identificación racial: Una vez realizadas las colectas, se procedió a realizar la caracterización tanto cuantitativa como cualitativa de las muestras colectadas, se tomaron las fotografías para una identificación posterior con apoyo de investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo (Figura 7), u otra institución, también se tomó como referencia la información contenida en el Proyecto global de maíces nativos para la identificación de grupos y razas. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaices>.

Para dicha identificación racial se acudió a las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) (antes, Escuela Nacional de Agricultura o ENA) con el Doctor Investigador Rafael Ortega Packza cuya especialidad son los maíces nativos y bajo métodos cualitativos además de cuantitativos, así como la vasta experiencia del doctor la identificación racial logró ser alcanzada.



Figura 7. Identificación racial de maíces criollos con apoyo de investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

Para validar la intervención y el trabajo en campo en las comunidades fue importante contar con la aprobación de los agricultores.

RESULTADOS

En el estudio participaron 22 comunidades de las 37 comunidades consideradas en la muestra, se excluyeron a 15 comunidades, ya que no quisieron participar, o en unas no siembran maíz y por ende no participaron en el proyecto de identificación de diversidad de maíces criollos.

La producción del maíz nativo en Tequila, Ver., se lleva a cabo por familias campesinas agricultoras que siembran para su autoconsumo, estas son familias numerosas que están integradas de 5 o más personas. Los jefes de familia por mayoría son hombres con un 80% y un 20% son mujeres, con un promedio de 50 años.

La mayoría de las personas tiene como escolaridad la primaria no terminada, esto derivado de diferentes factores

como la falta de escuelas (Escuelas primarias, Secundaria, y de Nivel medio Superior).

Las principales actividades son agrícolas, que constituye en la producción de maíz (*Zea Mays L.*), frijol negro y blanco (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita máxima*), etc., la biomasa arbórea es constituida principalmente por pinos (*Pinus*) y ocotes (*Pinus montezumae*) esto debido a que la ocupación de los habitantes es principalmente en la transformación de materia prima sustraídos por el material genético en sillas, mesas, camas y diferentes procesos.

Tabla 2.- Número de colectas por raza de maíz en las 22 comunidades de Tequila, Veracruz.

Grupo	Raza	Comunidad colectada
Dentados tropicales	Chiquito	Cotlajapa, Tepecuitlapa, Cortezaca, Campanario, Santa Cruz, San Antonio, Barrio, Cotlajapa, Coxititla, Yoloxochititla, Atlajco, Ocotempa, Xalxocotla.
	Oloton – Serrano Mixe	Cotlajapa, Mirador, Cotlajapa, Poxcautla, Moxala, Mitepec.
	Celaya	Mirador, Atlajco
	Cubano Amarillo	Cotlajapa
Maduración Tardía	Serrano Mixe	Cotlajapa, Poxcautla, Ocotla, Tepecuitlapa, Ocotempa los pinos, Santa Cruz, Zacatlamanca, San Antonio, Tepapalotla, Yoloxochititla, Moxala, Mitepec, Oxtotitla, Atlajco, Cumbre Buena vista, Ocotempa, Xalxocotla.
	Olotón	Cotlajapa, Ocotempa los pinos, Tepapalotla, Moxala, Mitepec, Atlajco, Cumbre Buena vista, Ocotempa.
	Mixeño	Moxala
Cónico	Elotes cónicos – Serrano Mixe	Cotlajapa
	Palomero – Toluqueño – Oloton	Ocotla
	Mushito	Cumbre Buena, Ocotempa
Tropicales Precoces	Conejo	Mirador, Santa Cruz, Coxititla
	Ratón	Santa Cruz, San Antonio, Xoloxochititla
Ocho hileras	Blando	Mirador

Fuente: Elaboración propia con base a la identificación racial.

Del análisis de toda la base de datos disponible del cultivo de maíz en Tequila, Ver, encontramos que existen 5 grupos y de esos grupos se identifican, 18 razas distribuidas en todo el municipio (Tabla 2). Este número demuestra la gran diversidad local de maíces criollos, y soporta la teoría de que Tequila es uno de los municipios con gran variedad de maíz del estado de Veracruz.

En México existen reportadas 50 razas de maíz (Hernández, 1999), lo que quiere decir que Tequila posee el 26% de las razas descritas.

Cuestiones como la migración han hecho que en este municipio existan diversas razas, pero cuya adaptación en zonas templadas de variedades genéticas que son adaptadas a zonas más cálidas han sufrido de una evolución física como la diferencia entre los tamaños de la mazorca entre una raza que se sitúa en su zona a la que han introducido puede variar, así como la forma de la mazorca y el color del grano. Respecto al color principal de las muestras de maíz de Tequila Ver., se encontró que el 46% corresponden a maíces de color blanco, seguido por los maíces de color amarillo (37%) (Figura 8), los colores menos frecuentes son el azul (4 colectas) y el negro (2 colectas). Los maíces de color azul son interesantes para la elaboración de tortillas, para frituras y pigmentos, por lo que es importante contar con esta diversidad.



Figura 8. Diversidad de colores colectados.
Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

La riqueza de colores de los maíces criollos de Tequila, Ver es explotada para elaborar diferentes productos tradicionales e industriales que benefician a los productores y a los consumidores finales. Hacen falta estudios a nivel bioquímico para determinar las cantidades de antocianinas, carotenos, vitaminas, etc., en los maíces locales.

Las 18 razas de maíz encontradas en Tequila, Ver, se localizan en diferentes estratos altitudinales, climas, suelos, vegetación y grupos indígenas del territorio de las Altas Montañas, por lo que los tamaños de mazorcas (Figura 9), es variable respecto a los estándares establecidos.



Figura 9. Variación de tamaños de mazorcas por raza.
Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

También se encontró que existen cuatro formas que tiene la mazorca (Figura 10), la primera tiene, forma cilíndrica, la segunda tiene forma cilíndrica recta, la tercera forma es cónica irregular y la última es cilíndrica en forma de espiral.

Según la CONABIO en México existen 64 razas distribuidas en 7 grupos, en Tequila se pudo constatar que existen 18 razas; lo que representa el 29% del total que existen a nivel nacional, por lo que es importante implementar programas de manejo, difusión y conservación de semillas criollas de maíz.

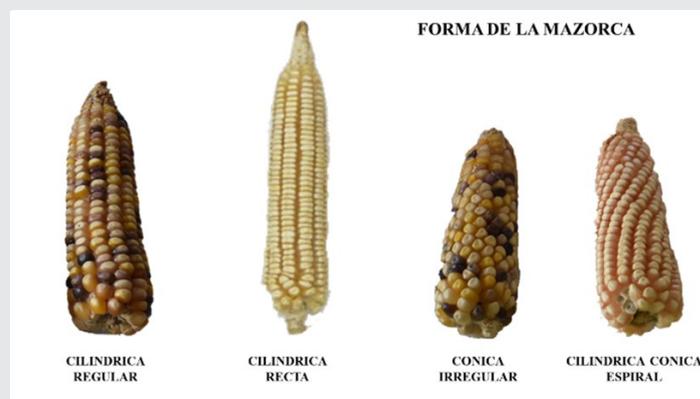


Figura 10. Formas de mazorcas por raza.
Fuente: Memoria fotográfica de equipo de facilitación.

De igual manera las 18 razas están distribuidas en 5 grupos lo que se considera un hallazgo importante al encontrar más del 50% de estos grupos en el municipio de Tequila.

Diversas razas que están presentes o distribuidas en el municipio de Tequila, Ver., no son endémicas de estas regiones, la mayoría de ellas han sido introducidas de diversos estados por el fenómeno migratorio presente en la región. Es por ello por lo que existe una diversidad genética impresionante.

Tabla 3.-Principales hallazgos por grupos y razas.

Grupo cónico se distribuyen en el Valle de México, el Valle de Toluca, la Sierra Norte de Puebla, la Meseta Purhépecha en Michoacán y la Mixteca Alta en Oaxaca	Existen razas de Zea Mays L., en Tequila, Ver., del grupo Cónico, como son las variedades de Cónico, Elotes Cónicos, Mushito y Palomero Toluqueño
Razas de Conejo se encuentra Oaxaca, Guerrero y Michoacán. Región semiárida de la Altiplanicie Mexicana hasta los estados de Nuevo León y Tamaulipas se cultiva la raza Ratón	En el municipio se colectaron 2 razas: el conejo y el ratón
Razas del grupo Dentados tropicales: Celaya, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Zapalote Grande, Chiquito	En esta investigación se colectaron al menos dos muestras de estas razas en el municipio de Tequila

Fuente: Elaboración propia con base a muestras colectadas.

CONCLUSIONES

Al igual que en los diversos estudios documentados (CONABIO, H. Xolocotzi, Packza), las comunidades indígenas de manera empírica siguen preservando la riqueza patrimonial de semillas criollas.

Se comprobó que la existencia de la inmensa variedad de razas encontradas en Tequila, Ver., están dadas por fenómenos principales: la migración y el intercambio de semillas y no existen bancos de germoplasma a nivel regional que contribuyan a la preservación de estas semillas.

Dentro de las 22 localidades que participaron, el maíz no es visto para ellos como mercancía, sino que es la base de su cultura, su vida y su alimentación diaria.

Finalmente, no sólo el municipio de Tequila tiene la capacidad de tener una gran diversidad de maíces criollos sino también otros municipios de las Altas Montañas, pues al tener más de una variedad de maíz distribuida en cada municipio y aunando las variedades mejoradas que se han desarrollado en las diferentes instituciones que han permitido soportar los cambios climáticos, se necesita apoyo del gobierno y cambios en las políticas públicas del campo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Kato et al (2009) *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.

[2] CONABIO. (2019). *Tabla descriptiva de razas de maíz en México*. Conabio, 1-9. [\[dad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6_Reuniones-Talleres/Tabla razas marzo 2010.pdf\]\(http://dod.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6_Reuniones-Talleres/Tabla razas marzo 2010.pdf\).](http://www.biodiversi-</p>
</div>
<div data-bbox=)

[3] Suketoshi, T., Víctor Chávez, T., Marcial, R., & Martín Rodríguez, A. (2008). *Monitoreo y recolección de la diversidad de razas de maíz criollo en la región de la huasteca en México para complementar las colecciones de los bancos de germoplasma de maíz de INAFAP y CIMMIT*. Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad, 17.

[4] Miriam Sánchez, V., Leobigildo Córdova, T., Amalio Santacruz, V., Fernando Castillo, G., Claudia Castañeda, S., Alejandrina Robledo, P., & Alonso Méndez, L. (2019). *Diversidad genética en accesiones de 10 razas mexicanas de maíz de altitudes intermedias*. *Revista Mexicana de Ciencias agrícolas*, 10, 253-264.

[5] Escobedo-Garrido, J. S., & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2019). *Las preferencias de los consumidores por tortillas de maíz. El caso de Puebla, México*. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53). <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.627>.

[6] CONABIO. (2020). *Proyecto Global de Maíces Nativos. Proyecto Global de Maíces Nativos*, 152. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/genes/files/EL_ORIGEN_Y_DIVERSIFICACION_DE_MAIZ_ene09.pdf.

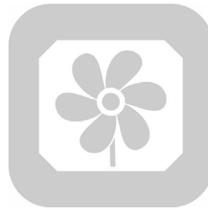
[7] Lazos, E., & Chauvet, M. (2012). *Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México*. *Proyecto Global de Maíces Nativos. Informe de Gestión*. CONABIO.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Diseño e implementación de un enfriador ecológico



Colaboración

Moises Molina García; Cesar L. Melchor Hernández; Lenin J. Rosas Ortiz; Jesús G. Llanillo Navales; Jonathan Díaz Cogco, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Fecha de recepción: 9 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 16 de diciembre del 2022

RESUMEN: El presente trabajo muestra la construcción un enfriador ecológico capaz de cumplir con las funciones de un refrigerador estándar, su funcionamiento se basa en utilizar celdas Peltier las cuales crean frío de un lado y calor del otro. Se trata de eliminar el uso de gases refrigerantes, los cuales dañan la capa de ozono, además de aceites y accesorios que son perjudiciales para el medio ambiente, también se ahorra energía eléctrica con el prototipo. La construcción del prototipo se basa en construcción de un panel que cuenta con 2 celdas Peltier, 3 ventiladores y un sistema de radiador, el cual va integrado a un cajón de enfriamiento, el sistema está conectado a una fuente de voltaje de corriente directa. El prototipo está diseñado para ser utilizado como un sistema de enfriamiento para contener alimentos principalmente, además de eliminar por completo los refrigerantes y componentes mecánicos que son utilizados en la refrigeración convencional, causantes de contaminar la capa de ozono y el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Celdas Peltier, ahorro, medio ambiente, energía, diseño.

ABSTRACT: This work shows the construction of an ecological cooler capable of fulfilling the functions of a conventional refrigerator, its operation is based on using Peltier cells which create cold on one side and heat on the other. It is about eliminating the use of refrigerant gases, which damage the ozone layer, in addition to oils and accessories that are harmful to the environment, electrical energy is also saved with the prototype. The construction of the prototype is based on the construction of a panel that has 2 Peltier cells, 3 fans and a radiator system, which is integrated into a cooling drawer, the system is connected to a direct current voltage source. The prototype is designed to be used as a cooling system to contain food mainly, in addition to completely eliminating the refrigerants and mechanical components that are used in conventional refrigeration, which cause contamination of the ozone layer and the environment.

KEYWORDS: Peltier cells, saving, environment, energy, design.

INTRODUCCIÓN

Energía sustentable es proveer la energía que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Las fuentes de energía sustentable incluyen a todas las energías renovables, incluyendo también a las tecnologías diseñadas para mejorar la eficiencia energética [3].

Para el desarrollo del enfriador se debe saber qué es una celda Peltier y su funcionamiento, al saber sus propiedades nos permite conocer cuál es la más adecuada para poner en función el enfriador ya que en el mercado existe una gran gama de celdas, pero cada una con una aplicación diferente de acuerdo con su capacidad de enfriamiento, consumo de energía, dimensiones, voltajes, capacidad calorífica, entre otras. El efecto Peltier consiste en que cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al efecto Seebeck [1]. En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra, la parte que se enfría suele estar cerca de los 25 °C, mientras que la parte que absorbe calor puede alcanzar rápidamente los 80 °C, todo acorde a las conexiones del sistema de enfriamiento, es un sistema que permite que el nivel de temperatura logre bajar y enfriar.

En el transporte de muestras biológicas se han utilizado contenedores con 3 celdas lo que permite alcanzar una temperatura de 0 °C; la mayoría de los materiales se pueden obtener de hielera automotriz, frigobar y enfriadores de agua [4].

Para el enfriamiento de vacunas por lo general se utilizan 2 celdas que consumen aproximadamente 25 Watts [5].

Con el prototipo se está eliminado el uso de gases refrigerantes causantes del daño a la capa de ozono, así también se dejan de usar compresores y aceites que dañan el medio ambiente. Se presenta el desarrollo del prototipo explicando las partes que lo integran, en materiales y métodos se explican las conexiones que se deben realizar para tener el sistema completo y por último se muestran las pruebas que se hicieron, al conectar el prototipo y observar su funcionamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la creación, implementación y desarrollo del enfriador ecológico, se optó por conectar 2 celdas Peltier que son las que nos proporcionan la capacidad de enfriamiento necesaria, las dimensiones se asemejan a la de un frigobar convencional, las medidas son de 50 cm de largo por 40 cm de ancho, quedando con un espacio en el contenedor de 200

cm³, al aumentar el número de celdas su capacidad de enfriamiento aumenta y por consiguiente el tamaño. Tres ventiladores axiales dos externos y uno interno son los que hacen la función de dispersar el frío de las celdas a los cuales va conectado un disipador de calor que es un instrumento que se utiliza para bajar la temperatura de algunos componentes electrónicos. Una fuente de voltaje de 12 Volts que nos proporciona una corriente de 20 Amperes.

El material con que cuenta en el interior es de lámina de acero inoxidable grado alimenticio 304, una vez creada la forma del enfriador se procede a la instalación de las 2 celdas, las cuales van conectadas junto con un sistema de enfriamiento en conjunto, el cual consta de 1 disipador de calor, 2 radiadores externos conectados a un tubo de cobre de ½", 3 ventiladores, uno de 3" y los otros dos de 5". Las celdas Peltier son del modelo TEC1-12715 ya que son las que alcanzan temperaturas más bajas de acuerdo con la comparación con otro modelo de celda al realizar las pruebas. El sistema debe conectarse a una fuente que genere 12 Volts con una capacidad de corriente de 20 Amperes, para que el sistema pueda enfriar lo más rápido posible.

Disipador de calor

La función de un disipador de calor es la de mantener lo más frío posible la parte caliente de las celdas en la parte externa manteniendo una transferencia de calor del interior hacia el exterior, mientras que el otro disipador que va por la parte interna junto con el ventilador se encarga de dispersar la temperatura de manera constante.

Los disipadores de aire de aluminio son una opción a tener muy en cuenta ya que son grandes disipadores de calor, cabe destacar que estos componentes están formados por un ventilador junto a un disipador de aluminio que viene con tubos de cobre por ser mejores conductores de calor. El funcionamiento es en definitiva el mismo que los de serie, pero estos se caracterizan por tener una mayor potencia [2].

Su funcionamiento se basa en la ley cero de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire [6].

El sistema de enfriamiento de la parte interna consta de 1 panel de aluminio modelo 536343, con medidas de 3 ½" de largo por 3" de ancho y 1 ½" de altura y en la parte externa también consta de 1 panel de aluminio modelo 536393, con medidas de 10 ½" de largo por 6 ½" de ancho y ½" de altura.



Figura 1. Disipador de calor instalado en la parte exterior.
Fuente: Elaboración propia.

Aislamiento del cajón

Se ocupó poliuretano del tipo presurizado en lata con capacidad de 300 ml. La espuma en aerosol de poliuretano cuenta con un componente clase B3 según DIN 4102, que sirve para sellar y rellenar grandes huecos evitando el paso del calor del interior al exterior o viceversa. Este fue un acabado de tipo insolación del que se ocupa en todos los procesos de enfriamiento y aislamiento de temperaturas. La densidad de la espuma es de 225 a 35 kg/m³, la resistencia de temperatura va de -55°C hasta 100 °C, la conductividad térmica es de 0.63 W/m K (valor R = 4-5 por pulgada) y la expansión térmica de la lata es de 300 ml hasta 18 lt.

Ventiladores

Los ventiladores utilizados corresponden a los comunes de una computadora normal de escritorio, estos son los encargados de que el disipador de calor, no se sobrecaliente, pero a su vez tendrán la función de estar liberando o sacando un poco del calor generado por las celdas. Se instalaron 3 ventiladores axiales, 2 de 5" de ancho y 1 de 2 ½" de ancho, su modelo es AD0812MS-A70GL, funcionan con corriente directa a 12 Volts y su consumo es de 0.5 A.

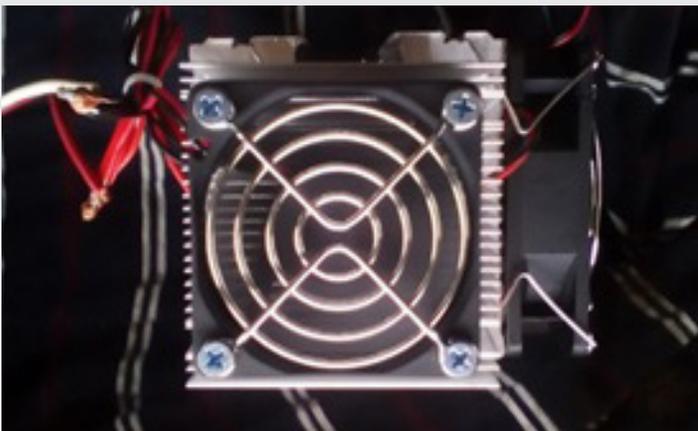


Figura 2. Ventiladores axiales.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Al iniciar las pruebas se deben de tomar en cuenta la temperatura ambiente externa, de preferencia tener el enfriador a una temperatura ambiente no mayor a los 25°C. El voltaje debe ser de 12 Volts y la corriente debe estar lo más cerca posible a los 20 A, para tener el mayor rendimiento posible. Una vez que se tuvo estas condiciones los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1. Resultados obtenidos.

Tiempo	Temp.	Temp.	V	A	Consumo
0 min.	23°C	20°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
15 min.	23°C	18°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
30 min.	24°C	17°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
1 hora	24°C	15°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
2 horas	25°C	15°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
3 horas	25°C	15°C	11.35 V.	20 A.	0.76 A.
4 horas	24°C	14°C	11.19 V.	20 A.	0.73 A.
5 horas	22°C	14°C	11.62 V.	20 A.	0.78 A.
6 horas	21°C	12°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
7 horas	20°C	10°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
8 horas	20°C	9°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
9 horas	20°C	9°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
10 horas	19°C	9°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
11 horas	17°C	9°C	12 V.	20 A.	0.8 A.
12 horas	17°C	9°C	12 V.	20 A.	0.8 A.

Fuente: Elaboración propia.

Se siguió tomando lectura de la temperatura interna del enfriador hasta por 12 horas, se registró que la temperatura ya no descendió más de los 9°C y se mantuvo constante.



Figura 3. Estructura final del prototipo.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El consumo de energía durante todo el proceso de enfriamiento es en su punto máximo de trabajo de 0.8 amperes lo cual es un consumo excesivamente bajo en comparación con los frigobares que se encuentran en el mercado, ellos tienen un consumo de 5 a 5.3 Amperes en su punto máximo. Usando este prototipo de enfriador ecológico se tiene un ahorro de energía de hasta 6 veces en comparación de los normales, esto arroja que para alcanzar un consumo parecido al refrigerador de casa tendríamos que utilizar 6 celdas Peltier para estar casi a la par del consumo normal. Se ahorra energía utilizando el enfriador ecológico, además de que se cuida el medio ambiente al no tener un equipo que use gas refrigerante, ni aceites y compresores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, en especial al plantel: Instituto Tecnológico Superior de Huatusco por el financiamiento para la presentación del artículo. Al departamento de Ingeniería Electromecánica por las facilidades prestadas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] G. Patterson, «Efecto Peltier,» [Versión Electrónica] Dpto. de Física - FCEyN - UBA, Buenos Aires, 2017.

[2] A. Méndez, «Dispositivos Térmicos para Dispositivos Electrónicos [Versión electrónica],» Laboratori d'Instrumentació Bioenginyeria, Barcelona , 2016.

[3] D. R. M. Moreno, «Introducción a los Sistemas de Energías Renovables [Versión electrónica],» Tecnológico de Monterrey, Monterrey , 2018.

[4] S. A. U. Ochoa, «Repositorio Institucional UNISON,» 05 01 2014. [En línea]. Available: www.repositorioinstitucional.uson.mx. [Último acceso: 02 01 2022].

[5] L. F. G. Vaca, «Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional,» 23 11 2016. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16901/1/CD-7481.pdf>. [Último acceso: 06 01 2022].

[6] Y. A. C. Michael A. Boles, *Termodinámica*, New York : Mc Graw Hill, 2011.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Recubrimiento antifúngico comestible a base de Malanga (*Colocasia esculenta*) para frutos postcosecha



Colaboración

María Fernanda Martínez Hernández; Julio Alfonso Armenta Barrios; Jocabel Extocapan Molina; Luis Felipe Juárez Santillán, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

Fecha de recepción: 30 de octubre del 2022

Fecha de aceptación: 16 de diciembre del 2022

RESUMEN: Los recubrimientos comestibles son productos que se aplican sobre determinadas frutas para retrasar procesos como la senescencia, la pérdida de peso o el arrugamiento, así como mejorar su aspecto aportándoles brillo, lo que favorece su comercialización la mayoría de recubrimientos comestibles están compuestos de ceras naturales y resinas comestibles, dejando un amplio rango de posibilidades a recubrimientos de origen vegetal, como lo son a base del almidón obtenido de tubérculos, como el que se obtiene de Malanga *Colocasia esculenta* por ser un producto con un alto contenido de almidón, buscando además, mejorar el mismo recubrimiento adicionándole extractos con alto potencial antifúngico para evitar ataques externos de microorganismos patógenos.

PALABRAS CLAVE: Antifúngico, Biopelícula, *Colocasia esculenta*, Comestible, Malanga, Recubrimiento.

ABSTRACT: Edible covering are products that are applied to certain fruits to delay processes such as senescence, weight loss or wrinkling, as well as improve their appearance by giving them shine, which favors their marketing. Most edible coatings are made up of natural waxes and edible resins, leaving a wide range of possibilities for coatings of vegetable origin, such as those based on the starch obtained from tubers, such as that obtained from Malanga *Colocasia esculenta* for being a product with a high starch content, also seeking to improve the same coating adding extracts with high antifungal potential to prevent external attacks from pathogenic microorganisms.

KEYWORDS: Antifungal, Biofilm, *Colocasia esculenta*, Covering, Edible, Malanga.

INTRODUCCIÓN

Las frutas necesitan tras su recolección y durante el período de comercialización (período conocido como postcosecha), recubrimientos a base de ceras para retrasar su senescencia, reducir las pérdidas de peso, controlar el arrugamiento, incrementar el período de comercialización y mejorar su aspecto aportándoles brillo, todo lo anterior evitando al mismo tiempo procesos internos fermentativos que puedan producir degradación de azúcares y producción de alcoholes y aldehídos responsables de malos sabores [1].

Los recubrimientos comestibles a base de almidón disminuyen la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación, prolongan la pérdida de firmeza y pigmentación causado por microorganismos, inhiben el pardeamiento enzimático y reacciones

metabólicas asociadas con la maduración, promueven la conservación de propiedades mecánicas y conservan características sensoriales, retrasando la maduración e incrementando la vida útil de la fruta en periodos postcosecha [2].

Así mismo, la aplicación de extractos vegetales con efectos fitopatógenos puede evitar la pérdida en calidad del producto final, infestación del suelo, pérdidas y producción de toxinas en postcosecha por parte de algunos patógenos presentes en productos almacenados, lo que disminuirá el costo de producción, de manejo e incluso evitará la predisposición de las plantas a otras enfermedades [3].

Por lo anterior, se elaboró, caracterizó y aplicó un recubrimiento comestible a base de almidón de Malanga (*Colocasia esculenta*) con efecto antifúngico para aumentar la vida de anaquel de diversas frutas postcosecha de manera orgánica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención del almidón de Malanga

Se obtuvieron cormos frescos de malanga (*Colocasia esculenta*) de las comunidades del municipio de Gutiérrez Zamora, Ver., los cuales fueron lavados con agua corriente y desinfectados con una solución de cloro comercial al 3%, se peló y se cortaron cubos de 3 cm de lado aproximadamente, para posteriormente molerlos en una licuadora agregándole un poco de agua de garrafón para facilitar el molido de la misma. Se filtra la pasta resultante utilizando una tela de algodón limpia, desechando la parte sólida y se deja reposar el líquido por 2 días a 4 °C, posteriormente se decanta el líquido y la pasta resultante se lleva a secado a 80 °C por 4 horas para retirar el exceso de humedad.

Evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales

Se obtuvieron extractos acuosos de diversas plantas de la zona norte del estado de Veracruz, que presentaron efecto antifúngico contra los principales hongos fitopatógenos que causan enfermedades en frutos postcosecha como lo son: *Penicillium digitatum*, *Alternaria citri* y *Fusarium oxysporum*, los cuales fueron obtenidos del laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora y cultivados en cajas petri con medio PDA mezclado con diversas concentraciones de extractos vegetales completamente homogenizados incubados a 21 °C por 8 días [4], determinando el porcentaje de inhibición según la fórmula:

$$\text{Inhibición} = 100[(C - T)/C] \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde C: Crecimiento radial del micelio en el control y T: Crecimiento radial del hongo en el tratamiento a evaluar.

Formulación y elaboración de biopelículas

Se formularon varias biopelículas elaboradas a base del almidón obtenido de malanga por triplicado, cómo se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Formulación de biopelículas.

Tratamiento	Almidón	Agua/Vinagre	Extracto
1	2.5%	94.5%	3%
2	5%	92%	3%
3	10%	87%	3%
4	15%	82%	3%
5	20%	77%	3%

Fuente: Elaboración propia.

Las biopelículas se elaboraron en calentamiento a 50 °C agitándolos por 10 min hasta formar una emulsión estable, la cual fue repartida en placas petri para llevarla a secar a 30 °C por 48 horas hasta formar películas flexibles [5].

Caracterización de biopelículas

Las biopelículas obtenidas se estabilizaron en una cámara en condiciones de 75% de humedad para la realización de pruebas posteriores.

Pruebas de Solubilidad: Se tomaron 3 muestras de las biopelículas elaboradas, llevándolas a peso constante en un desecador, con el fin de obtener el peso inicial (Pi), y posteriormente se sumergieron en 50 mL de agua destilada a 25 °C durante 24 horas en agitación, después se filtró y la materia insoluble se secó a 100 °C durante 24 horas, las muestras resultantes se pesaron para la determinación del peso seco final (Pf) [6], la solubilidad en agua (%) de las películas se calcularon de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Permeabilidad: Se determinó en gradientes de humedad relativa de 75% al 92% [7], utilizando viales de vidrio con una solución sobresaturada de KNO³ para generar una humedad relativa constante de 92%; cada vial se colocó en un pequeño desecador con tapa plana, el cual contenía una solución saturada de NaCl que generó una humedad relativa constante del 75%, las películas fueron evaluadas durante 48 horas a 30 °C, registrando su peso cada 12 horas, para determinar el % de permeabilidad se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Permeabilidad} = \frac{(\Delta w / \Delta t * A) L}{\Delta p} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde Δw es la pérdida de peso durante el periodo de tiempo Δt con un área A, L es el espesor de la película y Δp es el gradiente de presión de vapor.

Aplicación de recubrimiento en frutas postcosecha

Se obtuvieron muestras de 20 unidades de diversas frutas (limón, naranja, toronja, pera, manzana y fresa) del mercado local del municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz, las cuales fueron lavadas con agua corriente y desinfectadas con una solución de cloro comercial al 3%, posteriormente se les aplicó una capa de biopolímero de malanga por el método de inmersión; se dejaron secar y se almacenó a temperatura ambiente por 7 días; todas las muestras fueron tratadas por triplicado.

Ensayos en frutos recubiertos

Los frutos recubiertos obtenidos se mantuvieron a temperatura ambiente por 2 semanas para observar los cambios en las características de estos por medio de varias pruebas descritas a continuación.

Pérdida de peso: La pérdida de humedad se determinó gravimétricamente con una balanza granataria y se expresó como porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial (P_i) por triplicado, registrando los cambios de peso de los tratamientos experimentales cada 24 h durante 2 semanas hasta obtener el peso final (P_f), calculándose la pérdida de peso en % con la siguiente fórmula:

$$\% PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad \text{Ec. (4)}$$

Cambio de color: Se midió el cambio en la coloración de los frutos utilizando la ayuda de varios pantes de color apropiado a la misma.

°Brix: Se midió el contenido de azúcar presente en las frutas utilizando un refractómetro digital portátil marca: Generic, modelo: Home019 con una resolución del 0.5%, tomando una muestra de pulpa de cada fruta, la cual fue molida y medida a una temperatura de 20°C cada 24 h.

% de acidez: Se midió la acidez de las frutas recubiertas utilizando un potenciómetro digital marca: Denver, modelo: 220, tomando una muestra de pulpa de cada fruta, la cual fue molida y medida a una temperatura de 20°C cada 24 h.

Efecto antifúngico: Se realizó la evaluación del efecto antifúngico de las biopelículas en frutos por observación directa cada 24 horas durante 2 semanas.

RESULTADOS

Obtención de biopelículas con efecto antifúngico: Se obtuvieron biopelículas orgánicas de un grosor de 2 mm aproximadamente con buena elasticidad y textura firme, adicionadas con extractos vegetales con efecto antifúngico, mostradas en la Figura 1.



Figura 1. Biopelículas con efecto antifúngico.
Fuente: Elaboración propia.

Caracterización de biopelículas: Se lograron caracterizar las biopelículas obtenidas de los 5 tratamientos evaluados, dando mejores resultados el tratamiento 3 (10% de almidón de malanga) obteniendo un porcentaje de solubilidad menor (20% en 14 días de prueba) y mostrando alta permeabilidad al agua.

Aplicación y ensayos en frutos postcosecha: Se realizó la aplicación de la biopelícula a base de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) en diversos frutos postcosecha obtenidos en la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz, obteniendo resultados favorables en cada una de ellas, reduciendo una pérdida de peso (% PP) de hasta el 40%, un cambio de color relativamente bajo, una pérdida de dulzor cercano al 10% (2 °Brix), aumento de la acidez del 5%, así como de una buena apariencia general de las frutas evaluadas con respecto al control establecido (sin recubrimiento), mostrados en la Figura 2.

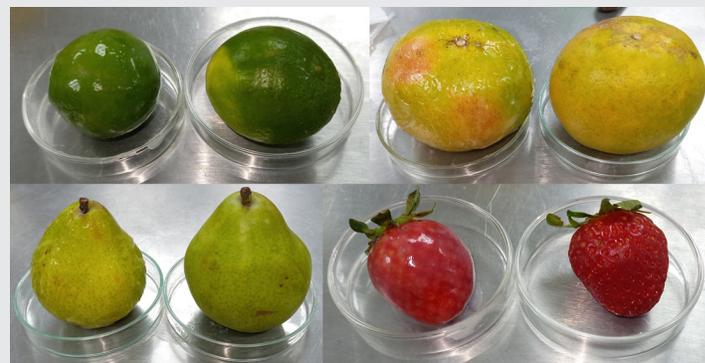


Figura 2. Frutas postcosecha recubiertas con biopelícula de malanga (*Colocasia esculenta*).
Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del efecto antifúngico: La evaluación del efecto antifúngico se llevó a cabo de manera visual cada 24 horas por 2 semanas, encontrando

gran variación entre las frutas recubiertas al no presentar presencia de hongos fitopatógenos, al contrario de las frutas no recubiertas que presentaron crecimiento de hongos al cabo de 12 días de exposición al ambiente como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Comparativa de crecimiento de hongos fitopatógenos en fresas sin y con recubrimiento con biopelícula de malanga (*Colocasia esculenta*).

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron recubrimientos a base de almidón de Malanga (*Colocasia esculenta*) en combinación de extractos vegetales con propiedades antifúngicas.

Se obtuvo una mejora cercana al 50% en vida de anaquel, permeabilidad y mejora en la conservación postcosecha con respecto a recubrimientos comerciales y 100% con respecto a frutas sin recubrimiento.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Chiumarelli, L. M. Pereira, C. C. Ferrari, C. I. G. L. Sarantópoulos y M. D. Hubinger (2010) "Cassava Starch Coating and Citric Acid to Preserve Quality Parameters of Fresh-Cut "Tommy Atkins" Mango", *Journal of Food Science*, 75(5), 297-304.

[2] de Lorena Ramos-García, M., Romero-Bastida, C., & Bautista-Baños, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1).

[3] Vázquez-Briones, M. C., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 5-14.

[4] Soliman, K. M., & Badeaa, R. I. (2002). Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and chemical toxicology*, 40(11), 1669-1675.

[5] Ren, L., Yan, X., Zhou, J., Tong, J., & Su, X. (2017). Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films. *International journal of biological macromolecules*, 105, 1636-1643.

[6] Gontard, N., Guilbert, S., & CUQ, J. L. (1992). Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of food science*, 57(1), 190-195.

[7] Debeaufort, F., Martin-Polo, M., & Voilley, A. (1993). Polarity homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. *Journal of food science*, 58(2), 426-429.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Sistema de inspección de características físicas y externas de piña (Ananas comosus) variedad MD2



Colaboración

Sorelly Ramírez Romero, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan; Miguel Ángel Emilio Jerónimo; PRODICAM SPR de RL; Andrid Guillermo Hernández Ruíz; Jair de Jesús Román Clara, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan

Fecha de recepción: 2 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2022

RESUMEN: Las redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial aplicadas para el análisis de control de calidad en alimentos, han tenido gran aceptación en los últimos años en la agroindustria, haciendo más eficientes procesos poscosecha. Es por ello que el objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema de inspección de características físicas y externas de piña variedad MD2 basado en redes neuronales artificiales y visión artificial para exportación, fundamentado en normas de calidad e inocuidad nacionales e internacionales. La metodología utilizada fue: análisis de requerimientos, programación y entrenamiento de la red neuronal, predicción, desarrollo de interfaz, y ajustes de los equipos de obtención de datos. Los resultados obtenidos determinan que cumple con los requerimientos encomendados por los dueños de empaques de piña en fresco, los cuales determinaron que el sistema presentado tiene una confiabilidad del 95% en relación con la observación de los operarios.

PALABRAS CLAVE: Piña, agroindustria, redes neuronales, automatización.

ABSTRACT: Artificial neural networks (ANN) and artificial vision applied to food quality control analysis have been widely accepted in recent years in agribusiness, making post-harvest processes more efficient. That is why the objective of this project was to develop an inspection system for the physical and external characteristics of pineapple variety MD2 based on artificial neural networks and artificial vision for export, based on national and international quality and safety standards. The methodology used was: requirements analysis, programming and training of the neural network, prediction, interface development, and adjustments of the data collection equipment. The results obtained determine that it meets the requirements entrusted by the owners of fresh pineapple packaging, who determined that the presented system has a reliability of 95% in relation to the observation of the operators.

KEYWORDS: Pineapple, agroindustry, neural networks, automation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial para el análisis de control de calidad en los alimentos han tenido gran aceptación en los últimos años [1]. Dadas las características que presentan estos productos, principalmente las frutas, son variadas las técnicas que se utilizan en cada uno de ellos. Esto conlleva a retos que tienen que ver con volumen de producción, control de calidad en los productos y la automatización en la selección de las frutas.

Los sistemas de redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial, permiten a comercializadores de productos perecederos en

todo el mundo, estandarizar técnicas que le permitan cubrir los requerimientos de sus compradores. Su uso ha sido aplicado obteniendo resultados documentados; por ejemplo, para determinar el índice de color como medida de la vida útil del ajo picado conservado en frío, como producto mínimamente procesado [2], o para la identificación del estado de maduración de Feijoa - *Acca sellowiana* [3]. Este tipo de técnicas mejora la clasificación de las frutas o de todo aquel producto alimenticio que deba cumplir ciertas características físicas de calidad.

México al ser productor potencial de frutas y verduras, no está exento de las exigencias de calidad que debe cumplir al exportar frutas y hortalizas en mercados extranjeros (160 países), entre ellos Estados Unidos, Japón, Canadá y América Latina [4]. De entre las normas que rigen las características de calidad aplicables están las normas internacionales Codex Alimentarius norma elaborada conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), así como la norma CODEX para la piña (CODEX STAN 182-1993).

En cuanto a piña tropical se trata, México ocupa el noveno lugar a nivel mundial en producción de piña. En el 2020 ocupó el séptimo lugar en exportación de la misma, con una participación de 1.9% en las ventas de esta fruta [5]. De entre las variedades que se producen en el país, destaca la MD2, la cual tiene una muy buena aceptación en mercados como el estadounidense y el europeo [6]. Tan solo en el año 2020 -2021 su exportación tuvo un incremento del 8.9% [4], en comparación con el año 2019. En contraste con esto, solo cerca del 10% de su producción total logra ser exportada.

El estado de Veracruz es el productor número uno a nivel nacional de esta fruta tropical, seguido de Oaxaca y Tabasco. En él se ubica a los municipios de Juan Rodríguez Clara, Cd. Isla y José Azueta, como los mayores productores del país [7].

La elección de la piña como producto se basó en una justificación de tipo social, ya que dicho producto agroalimentario es cultivado por el 12.8% de los 18,659 productores generales reportados por el censo agropecuario que se llevó a cabo en el 2007, por el INEGI, es decir, 2,386 unidades de producción correspondientes a 8 municipios de la entidad, entre los que se encuentran: Playa Vicente, Isla, José Azueta, Juan Rodríguez Clara, Chacaltianguis, Alvarado, Medellín, Tlalixcoyan. En lo concerniente a número de hectáreas sembradas y cosechadas en el país, estos municipios de la entidad veracruzana aportan el 62.4% de la producción a nivel nacional y el 88.8% a nivel estatal, lo que hace a esta, una de las principales actividades económicas en la región.

El proceso de empaque de la piña en fresco que se observa en la cuenca del Papaloapan, en el estado de Veracruz es el siguiente: Después de su cosecha, se traslada

a centros de empaque donde es lavada, desinfectada y etiquetada, además de ser clasificada de acuerdo a su tamaño y color de forma manual por los trabajadores de estos centros. En este proceso se deposita la confianza en la capacidad del operador para llevar a cabo esta acción, pues la clasificación de tipo visual se basa en comparar la fruta con una imagen proveniente de la norma de calidad que haya solicitado el cliente, lo cual hace del proceso algo subjetivo Figura 1 [8].



Figura 1. Inspección de piña en fresco realizada de forma manual.

En el caso de las redes neuronales utilizadas en general, un proceso de comparación de imágenes, memorizando, procesando e interpretando la información, lo que lo hace un método ideal para la selección de piña MD2 por color, ya que permite identificar un objeto sin haber definido patrones complejos, sino a través del entrenamiento de la red con información suficiente, que le harán capaz de inferir los atributos de ese objeto en estudio. Otra de las características físicas que presenta la fruta, es la irregularidad en su superficie, lo cual dificulta realizar un análisis con otro tipo de técnicas. Es por ello que el objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de reconocimiento de patrones visuales utilizando redes neuronales y visión artificial aplicado a la clasificación de piña variedad MD2 de exportación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La vida útil de la piña desde la cosecha hasta su venta es de aproximadamente de 16 días [9], por lo que es necesario la implementación de técnicas que permitan un trata-

miento adecuado, para su posterior traslado a los centros de venta.

Durante el periodo de desarrollo de este proyecto (segundo semestre del 2020) se digitalizaron 500 imágenes de piñas variedad MD2, almacenándose en una base de datos, clasificada por día, en una matriz A, en espacio RGB Figura 2.



Figura 2. Toma de imágenes para base de datos.

Esta base de datos se ha utilizado para entrenar la red basado en el aprendizaje, ajustando los pesos de la red W de manera tal que la salida generada por la ANN sea lo más cercanamente posible a la verdadera salida dada una cierta entrada.

El desarrollo de este trabajo se ha realizado hasta ahora de la siguiente manera:

- Programación y entrenamiento: el lenguaje de programación aplicado para el desarrollo es Python, y para realizar el aprendizaje supervisado, se hace uso de TensorFlow y Keras. TensorFlow indica ciertos parámetros antes de realizar el entrenamiento, se cargan las imágenes y se ajustan parámetros; por ejemplo: se cambian los tamaños, para después agregar una capa (convolutional) y una (maxpooling), esto se realiza para preparar las imágenes antes de la ejecución del entrenamiento, para posteriormente guardar el modelo y el peso del entrenamiento. De acuerdo a la necesidad que presenta el modelo, la clasificación en este sistema sea configurado utilizando la norma PC-029-2005 PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL USO DE LA MARCA OFICIAL MÉXICO CALIDAD SUPREMA EN PIÑA, así como la norma "Calidad superior", que es aquella que presenta la mejor apariencia física y que cumple con un proceso de selección muy riguroso (NMX-FF-028-SCFI-2008), misma que establece una clasificación de cinco colores de la fruta para empaque en fresco Figura 3.

Tabla 1. Color externo de la piña.

Rango de Color Amarillo en Cáscara	Código	Nombre Comercial
Inicio de color	0	Sazona
1% - 12%	1	"de ojo"
13% - 37%	2	¼ de color
38% - 62%	3	½ de madurez
63% - 87%	4	¾ de madurez
88% - 100%	5	Madura
100% inician anaranjados	6	sobre-madura



Figura 3. Color externo de la piña. Extraído de NMX-FF-028-SCFI-2008.

Módulos del sistema

Cuerpo de la fruta. Realiza captura la imagen de la piña completa a través de la cámara 1, se aplica una máscara donde se obtiene solo la sección del cuerpo, basado en el rango de color (HSV) [10, 11]. Realizada esta acción, se hace el recorte de la imagen para adquirir el tamaño real del cuerpo.

Corona. De la imagen original y basado en el área del cuerpo de la fruta, se realiza un recorte inverso (solo la corona), colocando una línea guía, para obtener su altura. Así mismo, tomando como referencia el tamaño del cuerpo se compara con la altura de la corona y se determina su relación, que de manera óptima deber ser 1:1. Si este valor estuviera fuera de los límites especificados en el sistema, se mostraría un aviso de rechazo.

Defectos físicos. Utilizando la imagen del cuerpo, se aplica una máscara basada en el rango de color por defecto (para el desarrollo se establece que capa 1 = blanco, capa 2 = café, capa 3 = negro). Se realiza el cálculo del área del cuerpo y se calcula el área de cada defecto identificado de acuerdo a su color, además del porcentaje del defecto, y de acuerdo a parámetros establecidos, muestra un aviso de aceptación o rechazó.

- Predicción: Al realizar el algoritmo de predicción es necesario agregar parámetros que son preestablecidos según la documentación, para lo que es debido indicar la ruta del peso y modelo. Con esto el algoritmo recibe como entrada una imagen X y regresa dependiendo de las características agregadas en el entrenamiento, por ejemplo: asignar las clases de piña en el entrenamiento al momento de predecir esta regresará en valores su predicción 0, 1, 2, 3 o 4.

La interfaz desarrollada muestra dos botones (guarda y predice) que se activan con la carga de la imagen del

dispositivo utilizado Figura 4, mostrando un recuadro que indica la categoría de la piña analizada Figura 5.

los cuales determinaron que el sistema presentado tiene una confiabilidad del 95% en relación con la observación de los operarios.

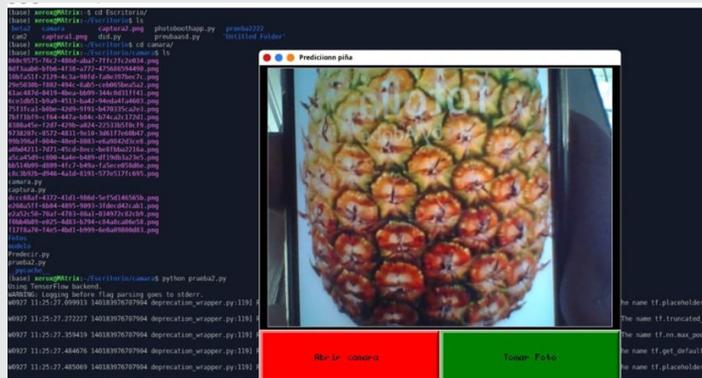


Figura 4. Interfaz.

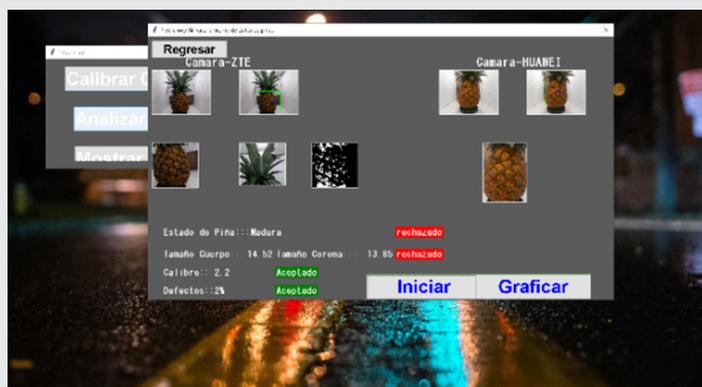


Figura 5. Ventana de resultados del análisis.



Figura 6. Prototipo.

RESULTADOS

El desarrollo del sistema se encuentra en fase de programación, ya que para entrenar la red se requiere de una cantidad considerable de imágenes de piña, mismas que deberán ser adquiridas en las empresas de empaque de la región productora, tomando en cuenta la eliminación máxima del ruido de la imagen.

La adquisición de imágenes en tiempo real se hará por medio de dos cámaras digitales, que están montadas sobre una recámara con dimensión 60 cm x 30 cm x 32 cm, pintada en negro y el fondo de coloración blanca, con dos lámparas alógenas que le proporciona iluminación y evitan la sombra sobre la fruta. Estas imágenes también se utilizarán para seguir alimentando la red y generar a su vez una mayor precisión en la selección de fruta.

Por el momento, el prototipo para la fase de prueba se ha desarrollado con materiales caseros Figura 6, ya que no se cuenta con financiamiento para su desarrollo.

Los resultados obtenidos con base en las pruebas, determinan que cumple con los requerimientos encomendados por los dueños de empaques de piña en fresco,

CONCLUSIONES

La capacidad de análisis que tienen las redes neuronales artificiales está basada en la capacidad de aprender a partir de un conjunto de patrones de entrenamientos, es decir, es capaz de encontrar un modelo que ajuste los datos, permitiendo así, que al analizar cada una de las piñas objeto de estudio, vaya creando una precisión cada vez mayor, que permitirá al productor, satisfacer de mejor manera las especificaciones marcadas por los clientes.

Este proyecto como idea de desarrollo, cubre una necesidad que se presenta en el estado de Veracruz, donde los empaques de piña en fresco carecen de sistemas automatizados para clasificación, aun siendo el estado número uno en producción de esta fruta tropical. Como aportación colateral, el beneficio de este proyecto se enmarca en el desarrollo económico de una región productora de esta fruta que sostiene a México en el noveno lugar en su producción a nivel mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. W. Sun, *Computer vision technology for food quality evaluation*, London: ELSEVIER, 2016.
- [2] L. A. Vignoni, R. M. Césari, M. Forte y M. L. Mirábil, «Determinación de Índice de Color en Ajo Picado,» *Información tecnológica*, pp. 63-67, 2020.

[3] J. y. P.-O. F. Bonilla-González, «Determinación del estado de maduración de frutos de feijoa mediante un sistema de visión por computador utilizando información de color.», *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 2020.

[4] Mundi, «EXPORTACIÓN ¿Cuál es el panorama de la exportación de frutas en México?», 11 12 2021. [En línea]. Available: <https://mundi.io/exportacion/exportacion-frutas-mexico/>. [Último acceso: 07 10 2022].

[5] S. D. A. Y. D. R. SADER, «México, séptimo exportador mundial de piña», *Sistema Integral de Comunicación*, 11 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=12713#:~:text=Con%20un%20volumen%20promedio%20de,reina%20de%20las%20frutas%20tropicales..> [Último acceso: 28 octubre 2022].

[6] C. Martner, «Cadenas logísticas de exportación de frutas y desarrollo local en el sureste de México», *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, vol. 32, n.º 97, pp. 63-80, 2014.

[7] (. d. I. A. y. P. SIAP, «Datos estadísticos de la producción agrícola generada a nivel nacional.», 2021. [En línea]. Available: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-estadisticos-de-la-produccion-agricola-generada-a-nivel-nacional>.

[8] N. Z. Sandoval y F. A. Prieto Ortiz, «CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉ CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉ EMPLEANDO TÉCNICAS», *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, pp. 4105-4127, 2007.

[9] I. I. d. C. p. I. A. (IICA), *Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Ag, Fondo Simón Bolívar y M. Guido, La piña, Nicaragua: IICA*, 1983.

[10] S. Cubero García, *Diseño e implementación de nuevas tecnologías basadas en visión artificial para la inspección no destructiva de la calidad de fruta en campo y mínimamente procesada*, 2012.

[11] F. García Lamont, J. Cervantes, A. López Chau y M. Alvarado, «Fruit Classification by Extracting Color Chromaticity, Shape and Texture Features: Towards an Application for Supermarkets», *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, pp. 3434-3443, 2016.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Evaluación económica del proyecto piloto de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Domésticos (SCALL) en el municipio de Xalapa-Enríquez, Veracruz



Colaboración

Rosa Martínez Hernández; Katia Romero León, Universidad Veracruzana

Fecha de recepción: 30 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 15 de diciembre del 2022

RESUMEN: Este estudio evalúa los beneficios económicos que perciben los usuarios después de la instalación del SCALL en unidades domésticas ubicadas en zonas de la ciudad de Xalapa-Enríquez con vulnerabilidad socioeconómica y ambiental. Dado que es la primera vez que se instalan SCALL en los hogares de la ciudad, es necesario analizar si este sistema proporciona beneficios económicos a los usuarios. Los resultados de la investigación proporcionan información acerca de la situación de previa y posterior a la instalación del SCALL.

PALABRAS CLAVE: Evaluación económica, sistemas de captación de agua de lluvia, escasez hídrica, vulnerabilidad socioeconómica, cambio climático.

ABSTRACT: This study evaluates the economic benefits that users perceive after the installation of the SCALL in domestic units located in areas of the city of Xalapa-Enríquez with socioeconomic and environmental vulnerability. Since it is the first time that SCALL has been installed in homes in the city, it is necessary to analyze whether this system provides economic benefits to users. The results of the investigation provide information about the situation before and after the installation of the SCALL.

KEYWORDS: Economic evaluation, rainwater harvesting systems, water scarcity, socioeconomic vulnerability, climate change.

INTRODUCCIÓN

Las ciudades tienen gran concentración de habitantes y son escenarios donde se crean retos a los que se enfrenta la sociedad. El principal reto es que la instalación de sistemas de agua potable que sea eficiente, preste calidad y cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de todos los habitantes en zonas urbanas, sin poner en riesgo la capacidad regenerativa de los recursos hídricos [2].

El agua potable es un servicio escaso y por esta condición, tiene un valor económico [8]. Con el incremento de la demanda del recurso y la falta de mecanismos de gestión de agua dulce en las ciudades, promueve las tendencias para reasignar el recurso hídrico de las zonas rurales a las urbanas pues el suministro de agua depende de fuentes superficiales [3].

La gestión de sistemas centralizados para el suministro de agua en las ciudades, requiere de recursos energéticos, infraestructura y un diseño urbano para solventar la situación de escasez hídrica [7]. Sin embargo, las zonas urbanas cuentan con distintos elementos para llevar a cabo la distribución de agua de tal forma que, la recolección del agua de lluvia es una forma sencilla de tener acceso al recurso hídrico [7], que se visualiza como una solución sustentable de bajo costo que permite el ahorro monetario en infraestructura y transporte [9].

Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) son un mecanismo que atienden la demanda de agua potable y mejora las condiciones del hogar [7, 4].

City Adapt (2020), elaboró el Primer Informe del Estudio de Vulnerabilidad Ante el Cambio Climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz, identificó como la ciudad de Xalapa se urbanizó y expandió de forma no planificada provocando el deterioro de ecosistemas urbanos y periurbanos (áreas verdes, humedales y bosques), que proveen servicios ecosistémicos a los habitantes ubicados en zonas que contemplan el CGC 8 El Naranjal hacia el norte, el CGC 3 Oeste, el CGC 9 Arroyo Blanco, el CGC 10 Plan de Ayala, el CGC 12 La Reforma, el CGC 4 El Castillo y el CGC 2 Este [1].

Estas fueron las directrices del Proyecto Piloto de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Domésticos en Xalapa impulsado por SENDAS A.C. Esta propuesta está basada en colocar un SCALL en hogares de comunidades con alto grado de escasez hídrica y vulnerabilidad económica. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar los beneficios económicos que perciben los usuarios después de la instalación del SCALL en sus hogares.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

La teoría económica propone la aplicación de métodos de evaluación económica para conocer si la asignación de recursos, mediante la intervención de la acción pública, produce beneficios ante la inexistencia de mercados o cuando estos mercados carecen de capacidad para asignar los bienes y servicios medioambientales [6].

Los métodos de este tipo se denominan como conductuales, cuentan con las preferencias reveladas y declaradas. Las preferencias reveladas permiten al investigador deducir el valor de un bien mediante la observación de mercados reales que están relacionados con el bien

ambiental, mientras que, con las preferencias declaradas se puede obtener de forma directa cuestionando las preferencias personales del consumidor [5].

La metodología se basó en el enfoque de los métodos conductuales para elaborar un análisis descriptivo concerniente a los beneficios económicos.

El desarrollo de la investigación se basó en 3 fases:

Fase 1. Elaboración de instrumento de investigación

En esta primera fase, se diseñó un instrumento cuya finalidad fue recabar datos con respecto a la percepción económica que poseen los beneficiarios sobre el SCALL.

Este instrumento es un cuestionario que consta de 27 preguntas enfocadas a la situación socio-económica de los usuarios a partir de las cuales se han colectado datos que brindan la perspectiva para evaluar la efectividad de la adopción de los sistemas. Se definió una muestra de 23 usuarios del SCALL de la zona El Naranjal y El Moral para ejecutar la prueba piloto del instrumento.

Fase 2. Monitoreo

Se implementó un monitoreo de los SCALL domésticos que fueron instalados por Senderos y Sendas, A. C. en colaboración con el Proyecto City Adapt del programa ONU – Medio Ambiente. El monitoreo tiene como propósito obtener información para la evaluación económica de los SCALL para lo cual, se consideran que dentro de los económicos se incluyan elementos no solo financieros sino aquellos beneficios que se consiguen por evitar costos en los que incurren los usuarios seleccionados con el propósito de mejorar su calidad de vida en relación con la disponibilidad y gestión del agua.

Se han instalado 80 SCALL en unidades domésticas pertenecientes a familias que habitan zonas con un grado elevado de vulnerabilidad hídrica y socioeconómica. Para este ejercicio se considera el estudio de la población estadística total dada la representatividad que tienen los resultados provenientes de cada uno de los beneficiarios.

Durante el periodo de mayo-octubre 2021, fue aplicado el cuestionario a 72 beneficiarios del SCALL pertenecientes a la zona de El Naranjal, El Moral, Arroyo Blanco y La Reforma.

Fase 3. Análisis de datos

Se elaboró el vaciado de la información en una base de datos que contempló 165 variables con 72 observaciones; seleccionamos las variables que debían ser codificadas, debido a que los datos estaban capturados en intervalos y a los encuestadores se les asignó un número identificador. Se realizó una base de metadatos para describir 85 variables resultantes después de los

cambios implementados al contenido informativo. El propósito del limpiado de la base de datos, codificación y corrección de valores está relacionado con facilitar el proceso de análisis estadístico y económico.

RESULTADOS

Situación previa a la instalación del SCALL

Los individuos seleccionados declararon tener desabasto de agua, por lo cual, tuvieron que adquirir distintas medidas para poder adquirir agua y así adaptarse ante estas circunstancias.

En el Gráfico 1 muestra las actividades que realizaban los usuarios para tener disponibilidad de agua antes de contar con un SCALL; se identificó que el 11.11% de los usuarios no cocinaban en casa y debían comprar comida o pedir permiso a vecinos de la zona para poder cocinar debido a la falta de agua. Más el 15.27% de los beneficiarios ocuparon en promedio 2 veces al mes el servicio externo de lavandería, donde el costo que asumieron algunos hogares llegó a ser de más de \$350 al mes.

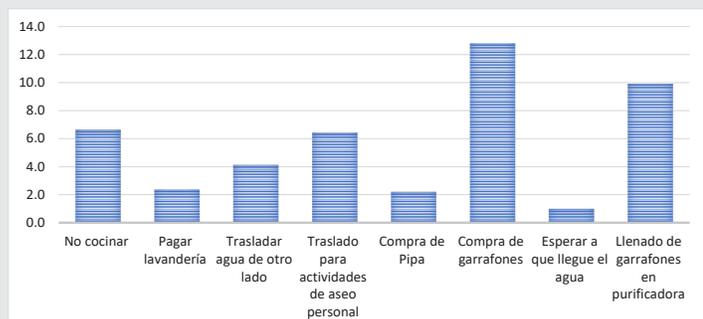


Gráfico 1. Actividades que empleaban los beneficiarios para obtener agua antes de tener un SCALL.

Fuente: Elaboración propia.

Ante el desabasto de agua, las personas trasladaron agua de otras fuentes superficiales de abastecimiento lo cual implica un costo en tiempo y esfuerzo, el 26.38 % de los usuarios llevaron a cabo esta actividad en promedio 4 veces al mes; esto implica que destinen en promedio más de 2 horas de un día para conseguir agua de dichas fuentes. Mientras que el 22.22 % de las personas se trasladaban con familiares o conocidos ubicados en colonias que sí contaban con agua para realizar actividades de aseo personas por lo menos 6 veces al mes; para este caso, los beneficiarios llegan a ocupar en promedio más de 12 horas de su día para viajar efectuar esta acción. Dado el interés de este monitoreo por conocer las afecciones de la escasez de agua en los hogares vulnerables de la ciudad, se pudo detectar que para trasladar agua a sus hogares el 69.23 % de las personas caminaban acarreado agua en cubetas, el 15%. El 38% de los usuarios reportan el uso de transporte propio como automóvil o camioneta para acudir a colonias cercanas para realizar sus actividades de uso de agua; por último, el 7.69 % ocupaban taxi y transporte público.

Otras actividades ejecutadas por los usuarios fueron la compra de pipas, compra de garrafones, llenado de garrafones en purificadoras, debido a que esperaban varios días para que llegará nuevamente agua de la red pública. La principal actividad realizada por los individuos para la obtención de agua fue la compra de garrafones, el 65.27% de los usuarios compró en promedio 12 garrafones al mes mostrando un máximo de 32 garrafones en el mismo periodo; con respecto al llenado de garrafones en purificadoras lo hacía el 13.88 % en promedio 10 unidades al mes. Esto implica que las personas que sufren vulnerabilidad hídrica debían destinar parte de su ingreso mensual para tener acceso al agua, además del esfuerzo físico para algunas de estas acciones.

Tabla 1. Gasto promedio al mes por actividad que empleaban los beneficiarios para obtener agua antes de tener un SCALL.

No cocinar	Pagar lavandería	Trasladar agua de otro lado	Traslado para actividades de aseo personal	Compra de Pipa	Compra de garrafones	Llenado de garrafones en purificadora
\$ 128.56	\$228.33	\$84	\$235.69	\$455.56	\$229.77	\$129.50

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la Tabla 1, los usuarios perciben a la compra de pipa como la actividad a la que destinaron un gasto promedio al mes de \$455.56, la compra de garrafones se convirtió en la segunda actividad en la cual las personas que la ejecutaron empleaban un gasto promedio de \$299.77 y en tercer lugar se encuentra el pago de lavandería con una cantidad promedio de \$228.33.

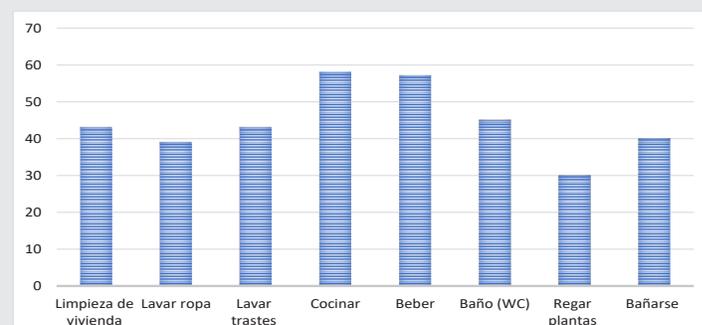


Gráfico 2. Usos del agua captada antes de contar con un SCALL.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de los encuestados captaban agua de lluvia antes de contar con la instalación del SCALL en sus hogares, el Gráfico 2 representa el uso que le daban los individuos al agua de lluvia que captaban siendo de esta manera que su principal uso era para cocinar en un 80.55 %, el 79.16 % de los beneficiarios incluso la utilizaron para beber y en tercer lugar el 62.5 % la usaron para el baño (WC); los primeros dos descubrimientos explican el gasto promedio al mes que destinaban las personas para la compra de garrafones y para el llenado de garrafones en purificadores.

Situación posterior a la instalación del SCALL

Todos los usuarios mencionaron que ya no sufren desabasto de agua en sus hogares, por este motivo dejaron

de pagar lavandería, trasladar agua de otro lado entre otras actividades para contar con acceso al agua; la única actividad que prevalece es la compra de garrafones, aunque es solo por 15.27% beneficiarios.

Con la instalación del SCALL, el 84.72% de los usuarios ha decidido ya no comprar garrafones; además, se encontró que la cantidad promedio de compra al mes de garrafones entre las personas que aún los consumen disminuyó en 4 unidades, lo cual también redujo el gasto promedio que se destinaba al mes para la compra de garrafones en \$83. La compra de garrafones al mes disminuyó en un 93.15% y el gasto promedio al mes que era destinado para comprar garrafones tuvo un decremento de 36.12 %.

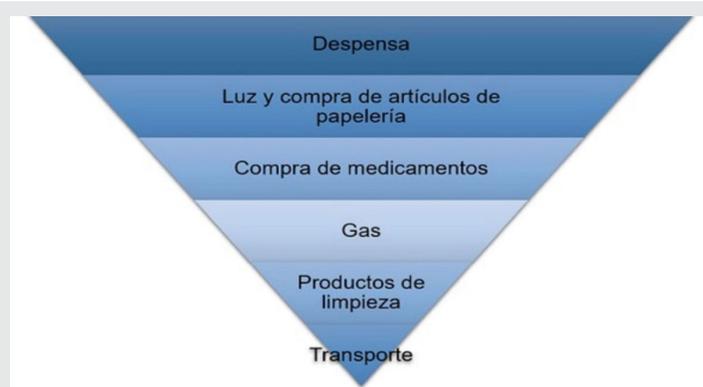


Figura 1. Bienes y servicio que pagan los beneficiarios con el ahorro mensual que identificaron después de la instalación del SCALL.

Fuente: Elaboración propia.

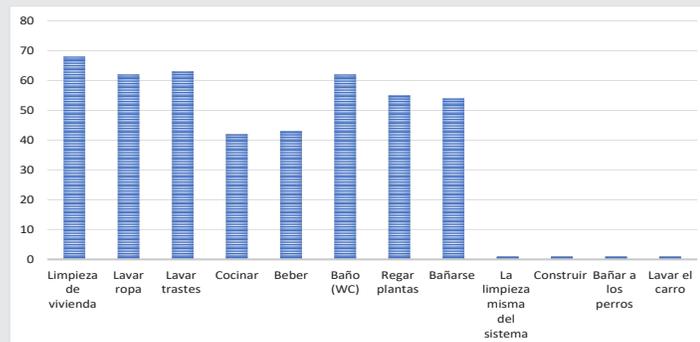


Gráfico 3. Usos de agua de lluvia captada de un SCALL.

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 3 se puede observar el cambio del uso del agua con respecto a las actividades que se plantearon en el Gráfico 2, ya que, ahora que es capturada por medio de este sistema, los beneficiarios ocupan el agua para la limpieza de la vivienda en 94.44%; lavar ropa en 86.11%; lavar trastes en un 87.5%; cocinar en 58.33%; beber en 60%; regar las plantas 76.36%; descarga del WC 86.11%; bañarse en 75%. Además, se incluyeron actividades como limpieza del sistema, construcción, bañar a perros y lavar automóviles en un 1.38%; aun contando con acceso al agua por medio del SCALL, el ahorro y la reutilización del agua sigue estando presente en los usuarios, lo que les permite disminuir su gasto.

Después de la instalación del SCALL, los usuarios perciben un decremento en el gasto promedio al mes; se estima que dejaron de asumir un gasto de \$146.77 en promedio para la compra de garrafones y un gasto promedio de \$319.7 por traslados y \$455 por pago de pipa.

Esta disminución de gasto promedio al mes, se trasladó a la compra de despensa, papelería, gas, medicamentos, transporte, luz y/o productos de limpieza a partir del dinero que han dejado de asignar para la adquisición de agua (véase Figura 1).

CONCLUSIONES

Con el análisis descriptivo de la información, fue posible observar el estimado del beneficio económico que implica la instalación del SCALL para los individuos. Se identificó que las familias encuestadas tienen un ingreso mensual promedio de \$4,333.33 y gastan hasta \$1,491.40 antes de la colocación del sistema, lo que representó un 34.42% de su ingreso. Con el uso de este sistema, el gasto ha disminuido y las personas perciben que pueden consumir otros bienes y/o servicios necesarios. La calidad de vida de las personas mejora, al punto de que recomiendan a sus amigos y familiares la instalación de un SCALL, debido a la percepción de los beneficios durante el tiempo que han ocupado el sistema.

Encontramos que el 100% de los usuarios encuentran positivo poder capturar agua de lluvia por medio del sistema con beneficios económicos evidentes por lo que, impulsar la captación de agua de lluvia alternativa para contrarrestar los efectos provocados por el cambio climático en zonas de esta ciudad en hogares que tienen un alto grado de vulnerabilidad hídrica y socioeconómica.

Es importante señalar que en este estudio no se estimaron las posibles repercusiones en la salud, así como los gastos que esto implicaría por el uso del agua captada antes del SCALL, ya que se usaba para cocinar en un 80.55%, el 79.16% de los beneficiarios incluso la utilizaron para beber y en tercer lugar el 62.5% la usaron para el baño (WC).

Otro elemento que debe considerarse como beneficio al bien público es que la captura, almacenaje y uso del agua de lluvia, permitirá que menor cantidad de agua llegue al sistema de alcantarillado público evitando las inundación de las calles de la ciudad como se ha sufrido en la actualidad.

El récord histórico por inundación en el municipio de Xalapa registró en mayo de 2021 hasta 155 milímetros

cúbicos (mm^3) acumulados lo cual, es equivalente a 155 litros por cada metro cuadrado.

Cada sistema de captación de agua de lluvia tiene una capacidad de retención de 2,500 litros; esto significa que si aproximadamente 7,712 hogares (4.168% de los hogares en Xalapa) tuvieran instalado un SCALL se evitaría que el municipio se inundará por completo¹.

Por el momento se han asignado 80 SCALL a los hogares de los CGC seleccionados captando cerca de 200,000 litros de agua, considerando el registro de lluvia de 2021, ya se evita aproximadamente la acumulación de lluvia en un 1.04%. Esto disminuye la presión sobre el alcantarillado en la zona en las cuales se tienen instalados.

Las personas en situación de vulnerabilidad tienen un beneficio económico y una mejora en la calidad de vida si se prosigue con un proyecto de esta naturaleza, ya que se realizan cambios en la vida de las personas con bajos recursos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable A.C. (SENDAS) y al Programa ONU - CityAdapt por el apoyo y acceso a la información para elaborar esta investigación.

Agradezco a la Universidad Veracruzana, en especial al programa de posgrado de Maestría en Economía Ambiental y Ecológica, y el apoyo por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

BIBLIOGRAFÍA

[1] City Adapt. (2020). *Primer Informe del Estudio Vulnerabilidad Ante el Cambio Climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz; Construcción de resiliencia climática en sistemas urbanos mediante la adaptación basada en ecosistemas AbE, en América Latina y el Caribe*. Consultada el 21 de noviembre de 2021, <https://cityadapt.com/wp-content/uploads/2020/04/191027-Ana%CC%81lisis-de-Vulnerabilidad-Xalapa.pdf>.

[2] Durán Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (2006). *Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media*. *Espiral*, XII(36), 129-162. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13803605>.

[3] Dustin, G., De Stefano., L., Yu, W., Jorgense, I., O'Donnell, E., Turley, L., Aguilar, I., Dai, X., De Souza, R., & Punjabi, B. (2019). *Rural water for thirsty cities: a systematic review of water reallocation from rural to urban regions*. *Environmental Research Letters*, 14 (4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0db7>.

[4] Fewkes, A. (2012). *A review of rainwater harvesting in the UK*. *Structural Survey*, 30(2), 174-194, <https://doi.org/10.1108/02630801211228761>.

[5] García, L., & Colina, A. (2004). *Métodos directos e indirectos en la valoración económica de bienes ambientales. Aplicación al valor de uso recreativo del Parque Natural de Somiedo*. *Estudios de Economía Aplicada*, 22(3), 811-838. Asociación Internacional de Economía Aplicada; Valladolid, España. Consultada el 12 de octubre de 2022, <https://www.redalyc.org/pdf/301/30122318.pdf>.

[6] Haab, T., & McConnell, K. (2003). *Valuing environmental and natural resources*. Edward Elgar Publishing Limited; USA.

[7] Haque, M. M., Rahman, A., & Samali, B. (2016). *Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting*. *Journal of Cleaner Production*, 137, 60-69, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.038>.

[8] Loomis, J., Kent., P., Strange, L., y Fausch, K. (2000). *Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: Results from a contingent valuation survey*. *Ecological Economics* 33(1):103-117. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00131-7).

[9] Mihelcic, J. (2017). *Integrating Developed and Developing World Knowledge into Global Discussions and Strategies for Sustainability*. *Science and Technology. Environ. Sci. Technol.* 2007, 41, 10, 3415-342, <https://doi.org/10.1021/es060303e>.

¹ Tomando como referencia que la ciudad capital mide 124400 m², suponiendo que esta área se inundará por completo, una tormenta que alcanzará el récord histórico por cada me-

tro cuadrado dejaría a esta zona cubierta con un total de 19, 282,000 litros de agua.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Tratamiento de aceite automotriz quemado para su uso como fuente energética de hornos ladrilleros



Colaboración

Raúl Enrique Contreras Bermúdez; Lizeth Ríos Velasco; Rodolfo Andrés Baca; Rodrigo Rosas Cortés; Eduardo Solís Pérez, Universidad Veracruzana

Fecha de recepción: 11 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 13 de diciembre del 2022

RESUMEN: En este trabajo se reporta el tratamiento de aceite automotriz quemado, provenientes de talleres mecánicos, llevándose a cabo la caracterización por las normas ASTM: Viscosidad Saybolt universal ASTM D-88, densidad relativa ASTM D-369, temperatura de inflamación ASTM D-93 y determinación de agua y sedimentos por centrifugación ASTM D-4007. Los valores obtenidos hacen posible utilizarlo el aceite tratado como fuente energética en los hornos de cocción ladrilleros.

PALABRAS CLAVE: Aceite quemado automotriz, hornos ladrilleros, contaminantes, tratamiento, fuente energética.

ABSTRACT: This paper reports the treatment of burned automotive oil, coming from mechanical workshops, carrying out the characterization by ASTM standards: Saybolt universal viscosity ASTM D-88, relative density ASTM D-369, flash point ASTM D-93 and determination of water and sediments by centrifugation ASTM D-4007. The values obtained make it possible to use the treated oil as an energy source in brick kilns.

KEYWORDS: automotive burnt oil, brick ovens, contaminants, treatment, energy source.

INTRODUCCIÓN

El aceite lubricante usado que se quema bajo condiciones no controladas puede emitir contaminantes al aire, según estudios desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). La contaminación originada por este tipo de residuo y a la vez el problema de combustibles fósiles tanto económico como

para generación de energía llevan a buscar alternativas como la de buscar sistemas de tratamiento de aceite quemado automotriz (AQA) y ser empleados como alternativas de materias primas para fuente energética en hornos como lo son los hornos empleados para la cocción de ladrillos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales

El AQA, utilizado para el tratamiento y caracterización fue colectado de talleres mecánicos en la ciudad de Poza Rica, Veracruz. Otros reactivos y materiales fueron empleados en el tratamiento y caracterización del AQA, tal como Tolueno (Reactivos Labesa, 99.9% de pureza), desemulsificante, ácido sulfúrico H₂SO₄ (Fermont 98% de pureza), carbonato de sodio Na₂CO₃ (Sigma Aldrich, 99.5% de pureza), hidróxido de calcio Ca(OH)₂(Sigma Aldrich, 95% de pureza) y tierra de diatomea.

Metodología

El AQA fue recuperado como residuo de talleres mecánicos automotriz en la ciudad de Poza Rica, Veracruz. Inicialmente, algunas muestras de AQA fueron caracterizadas mediante normas ASTM, determinando su viscosidad dinámica, densidad relativa, temperatura de inflamación y determinación de agua y sedimentos. Otra porción de muestra, recibió tratamiento para su limpieza, empleando el método ácido-arcilla [Luján-Álvarez J.E. & Noriega-Ruiz P.], el cual se desarrolla mediante un procedimiento que consta de la destilación del AQA, posterior tratamiento ácido con H₂SO₄ al 98 % y finalmente una filtración del aceite con tierra diatomea; obteniendo un aceite automotriz tratado limpio (AAT), el cual puede ser utilizado como fuente energética alterna en motores o procesos de combustión. Como patrones de referencia y comparación para validar el tratamiento del AQA para su uso como fuente energética, las propiedades del aceite automotriz nuevo (AAN) y el AAT se caracterizaron de manera similar al AQA, bajo las siguientes normas AST:

- **ASTM D88-2007** - Método de prueba estándar para la determinación de la viscosidad Saybolt.
- **ASTM D369-84** - Método de prueba estándar para la determinación de la gravedad específica (densidad relativa).
- **ASTM D93-02a** - Método de prueba estándar para la determinación de la temperatura de inflamación.
- **ASTM D4007-02** - Método de prueba estándar para la determinación de agua y sedimentos en aceite crudo por el método de la centrifuga.

El procedimiento descrito anteriormente se resume y muestra en la Figura 1.

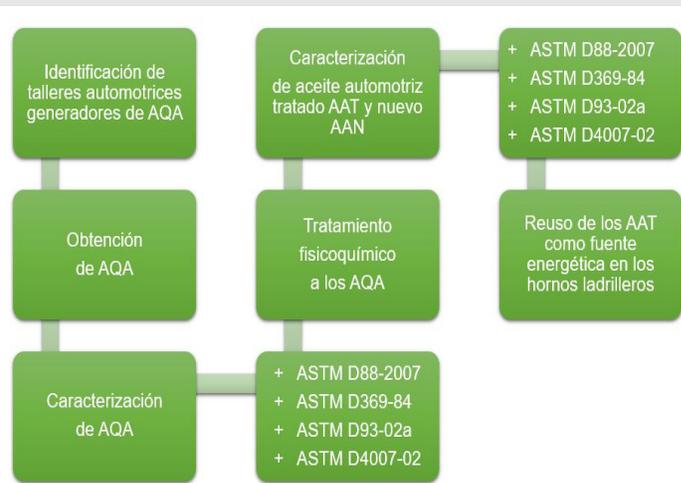


Figura 1. Proceso de tratamiento y caracterización de aceite automotriz para su reuso como fuente energética.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Los diferentes tipos de aceite automotriz quemado (AQA), tratado (AAT) y nuevo (AAN) fueron caracterizados por los métodos de prueba estándar ASTM previamente mencionados. La caracterización del AAN se realizó para establecer una referencia en las propiedades del aceite automotriz en relación al AQA y su tratamiento (AAT). De manera que pudieran evaluarse las propiedades de los aceites tal como viscosidad, gravedad específica, temperatura de inflamación y determinación de agua y sedimentos en aceite crudo, para su reuso como energético.

Los resultados obtenidos a través del análisis fisicoquímico realizado según el estándar ASTM D88-2007 se muestran en la Figura 2.

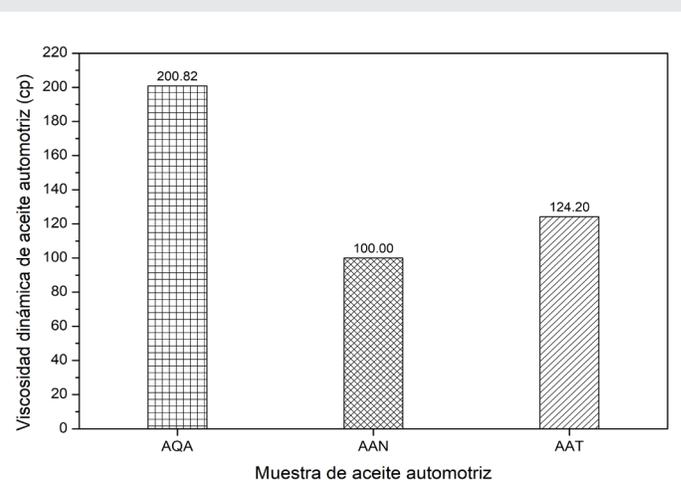


Figura 2. Determinación de viscosidad para las diferentes muestras de aceite automotriz.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una reducción del 37.9% de la viscosidad dinámica del AQA con el tratamiento ácido-arcilla,

desde 200.82 hasta 124.20 cp respectivamente para el AQA y AAT. Mostrando una mayor viscosidad para el AQA debido al alto contenido de residuos sólidos y sedimentos por el desgaste del mismo en el motor. En comparación con el AAN como referencia, se tiene que la viscosidad del AAT está 24.2% por arriba de la del AAN, esto es significativo puesto que la viscosidad del AAT se redujo a un valor muy similar al mostrado en la Figura 2 por el AAN de 100 cp. Indicativo de la mejora en la viscosidad con el tratamiento.

Por otro lado, en la Figura 3, se muestran los resultados obtenidos para la determinación de la densidad relativa de los diversos aceites automotriz, mediante la norma ASTM D369-84. De manera análoga, se observa una reducción considerable de la densidad relativa por efecto del tratamiento, reduciendo la misma desde 0.860 kg/L para el AQA hasta 0.820 kg/L para el AAT, respectivamente. La disminución del valor medido de esta propiedad es considerable en comparación con el valor de referencia en la medición del AAN de 0.810 kg/L. Lo anterior sugiere, que la reducción en el contenido de sólidos y sedimentos, es el principal factor en el mejoramiento y disminución de los valores de la viscosidad y densidad reportados para los aceites tratados. Otro aspecto a considerar es la eliminación de agua del AQA, como indica la Figura 4, por efecto de la destilación realizada en el tratamiento de estos materiales de residuo provenientes de los talleres mecánicos automotriz.

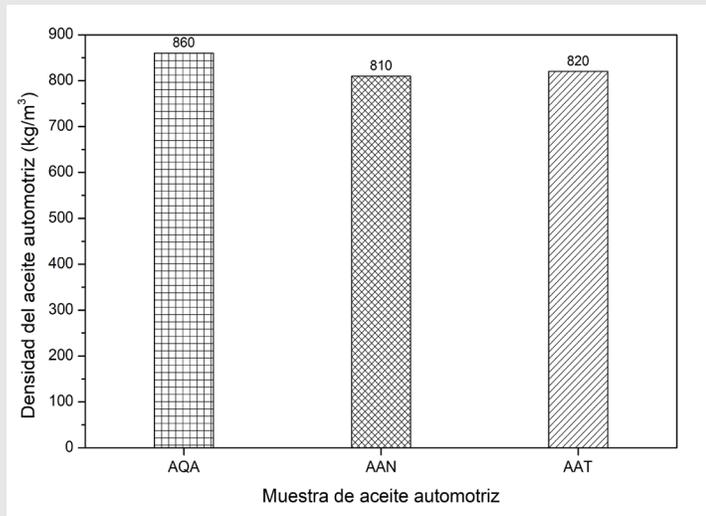


Figura 3. Comparativo de las densidades de las diferentes muestras de aceite automotriz.
Fuente: Elaboración propia.

En el mismo orden de ideas, la eliminación de agua como consecuencia del tratamiento del AQA se evidencia en la reducción de 5 mL en el contenido de agua para el AAT con respecto al AQA. Observando en este caso, un alto contenido de agua en la muestra tratada de 1.5 veces por arriba de la muestra de referencia AAN, ver Figura 4. Esta caracterización fue realizada en base a la norma ASTM D4007-02.

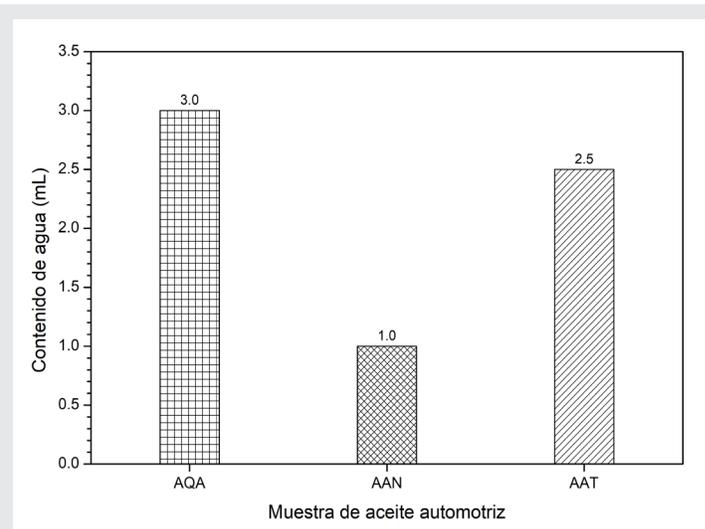


Figura 4. Determinación del contenido agua por el método de centrifuga, en mL.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la caracterización del punto de inflamación mediante el método estándar ASTM D93-02a, permitió determinar analíticamente los valores para las muestras de aceite automotriz: AQA, AAN y AAT. La Figura 5, muestra un bajo punto de inflamación para el AQA, el cual es indicativo de un elevado contenido de agua en esta muestra, reflejándose en la reducción de esta propiedad para este aceite, registrando un valor de 170°C. El tratamiento realizado al AQA refleja una mejora en el punto de inflamación elevando el mismo hasta 217°C, el cual es un valor muy similar al medido para la referencia AAN, el cual fue de 220°C.

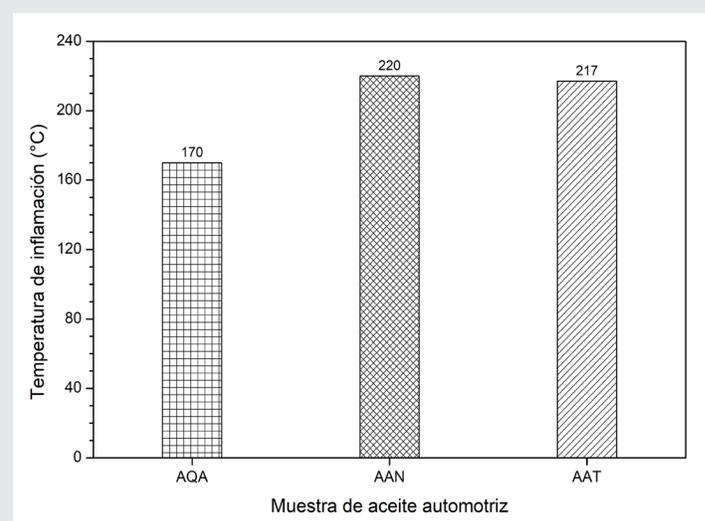


Figura 5. Análisis de punto de Inflamación, en °C, de las diferentes muestras de aceite automotriz.
Fuente: Elaboración propia.

Las caracterizaciones llevadas a cabo en este trabajo de investigación reflejan parámetros muy próximos entre el AAT y AAN. Lo cual hace posible encontrar área de oportunidad en el tratamiento y reúso del aceite automotriz como fuente energética alterna para diversas

actividades tanto industriales como de transporte. Por lo que, un AAT pudiera emplearse como energético en la cocción de ladrillo en los hornos del municipio de El Chote, Papantla, Veracruz.

CONCLUSIONES

Existen residuos como el aceite quemado automotriz que pueden ser reutilizados después de un tratamiento y disminuir la contaminación generando un producto con valor agregado para su uso como fuente energética como por ejemplo en los hornos de cocción. El aceite ya tratado puede reutilizarse empleando tratamientos físico-químicos, dependiendo de las características obtenidas será el uso que deba dársele.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Freire Rosero R. del P., Bravo W. M., Morochó, Ramos Flores J. M., Padilla Padilla C. A. (2020). "Tratamientos químicos y fisicoquímicos para aceites residuales de sistemas automotrices". *Polo de conocimiento*. Núm. 48, Vol. 5, No. 08, 1014-1029.

[2] Hamawand, T. Yusaf, Rafat S. (2003). "Recycling of waste engine oils using a new washing agente". *Energies*, 6(2), 1203-49.

[3] Fong Silva W., Quiñonez Bolaños E., Tejeda Tovar C. (2017). "Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje", *Prospect*. Vol.15, No. 2, 135-144.

[4] Manzanarez Jiménez L. A., Ibarra Ceceña M. G. Ximhai Ra. (2012). "Diagóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio del fuerte, Sinaloa". Vol.8, núm, 2., mayo-agosto, 129-137.

[5] Luján Álvarez J. E., Noriega Ruiz P. (1987). "Reciclaje del aceite lubricante quemado por tratamiento ácido-arcilla, para su uso a nivel industrial y en motores de combustión interna". Vol. 5, no. 1.

[6] Mc W. L., Smith Peter Harriott J. C. (2001). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Mc. Graw-Hill.

[7] Raseev S. (2003). *Thermal and Catalytic Processes in Petroleum Refining*. Marcel Dekker, Inc.



Ciencias *de la* Computación

Ingeniantes

Generación de descripciones accesibles de gráficos estadísticos para personas con discapacidad visual



Colaboración

Luis Roberto Tlapa Monge; Luis Gerardo Montané Jiménez, Universidad Veracruzana

Fecha de recepción: 26 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 16 de diciembre del 2022

RESUMEN: Los gráficos estadísticos son un método que permiten representar y visualizar grandes volúmenes de información de forma resumida, se pueden encontrar en diferentes medios electrónicos, así como en documentos académicos y científicos. Sin embargo, la gran mayoría de gráficos estadísticos no van acompañados de ningún texto descriptivo. Los usuarios con discapacidad visual confían en tecnologías de asistencia como lectores en pantalla para comprender el texto dentro de un medio digital, pero difícilmente pueden acceder a información contenida en gráficos estadísticos debido a que se encuentran en formato de imagen. Actualmente existen métodos computacionales accesibles que permiten extraer información de una imagen para ser procesada con cualquier finalidad. En este trabajo proponemos un modelo conceptual para el procesamiento de gráficos estadísticos en formato de imagen, así como una propuesta para la generación automatizada de texto descriptivo accesible de imágenes que contienen gráficos estadísticos.

PALABRAS CLAVE: Accesibilidad, discapacidad visual, gráficos estadísticos, tecnologías de asistencia, visión por computadora, visualización de datos.

ABSTRACT: Statistical graphics are a method that allows to represent and visualize large volumes of information in a summarized way, they can be found in different electronic media, as well as in academic and scientific documents. However, the vast majority of statistical graphs are not accompanied by any contextual message or textual description. Visually impaired users rely on assistive technologies such as screen readers to understand text within a digital medium, but they can hardly access information contained in graphics because they are in image format. Currently there are accessible computational methods that allow extracting information from an image to be processed for any purpose. In this paper we propose a conceptual model for the processing of statistical graphs in image format, as well as a proposal for the automated generation of accessible descriptive text from images containing statistical graphs.

KEYWORDS: Accessibility, visual impairment, statistical graphics, assistive technologies, artificial vision, data visualization.

INTRODUCCIÓN

En el mundo se genera un gran volumen de información que proviene de diferentes fuentes la cual se digitaliza para ser accedida en medios digitales mediante navegadores web, estos documentos generalmente vienen acompañados de información textual, así como de imágenes (tablas, gráficos estadísticos, mapas mentales) que complementan la información y permiten transmitir el mensaje de manera clara y resumida.

La visualización de la información es una práctica que busca transformar lo simbólico en geométrico y que además estudia los mecanismos que permitan percibir, usar y comunicar la información de manera visual, uno de los métodos más conocidos para la visualización son los gráficos estadísticos [1-3].

La visualización de la información es abordada desde diferentes perspectivas, cognitiva, tecnológica y computacional, la primera se apoya de la visión para su percepción y procesamiento, mientras que la tecnológica se apoya del uso de diferentes disciplinas y métodos para facilitar el análisis de aspectos cuantitativos y cualitativos, la tercera y última, considera a la visualización como una herramienta eficaz para transmitir ideas [2-7].

Los usuarios con discapacidad visual confían y hacen uso de diferentes tecnologías de asistencia para acceder y navegar en internet, una de estas tecnologías son los lectores en pantalla los cuales son un tipo de software que permiten leer en tiempo real lo que aparece como texto en el monitor; si bien es cierto que en su momento los lectores en pantalla disminuyeron la brecha de accesibilidad entre este tipo de usuarios y tecnologías computacionales, en la actualidad no logran mejorar la accesibilidad en imágenes ya que no cuentan con la capacidad de procesarlas.

En un contexto normal un usuario puede acceder a la información gráfica, analizar y comprender la información resumida, sin embargo, existen diferentes contextos en donde este acceso a la información se ve comprometida, en particular las personas con discapacidad visual al carecer o padecer una disminución del sentido de la vista no pueden acceder a la información en este tipo de formatos [2, 5-7].

Actualmente existe un gran interés por parte de la comunidad científica en mejorar esta problemática desde una perspectiva computacional haciendo uso de diferentes tecnologías, computer vision (CV), data visualization (DV), deep learning (DL), machine learning (ML), natural language processing (NLP), para darle solución a esta problemática social persistente [4, 8]. No obstante, pocos son los trabajos que abordan la problemática del contexto sobre el cual fue construido el gráfico estadístico, no solo la extracción de datos y colocación en un formato que pueda ser leído de principio a fin es importante, considerar el contexto puede promover una mejora en la generación de descripciones accesibles para imágenes.

En este trabajo se presenta un modelo conceptual para el procesamiento de gráficos estadísticos en formato de imagen, que permita generar descripciones textuales accesibles considerando el contexto, con la firme convicción de que la inclusión y la accesibilidad son temas que deberían importar cada vez más en virtud de crear una mejor sociedad para todos, con más oportunidades para todas las personas incluso aquellas que presentan una discapacidad de cualquier índole.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con la finalidad de entender mejor el contexto se revisaron trabajos que han abordado como temática principal la problemática de accesibilidad en imágenes, adicionalmente se revisaron aquellos artículos que tenían como tema principal accesibilidad en gráficos estadísticos en formato de imagen, en busca de indicadores que nos permitan entender su funcionamiento y resultados, así como determinar si consideraban el contexto a la hora de procesar el gráfico.

La problemática de accesibilidad en imágenes se ha abordado desde cuatro perspectivas diferentes, soluciones textuales, sonificación, soluciones hápticas, y soluciones multimodal [6, 7].

Las soluciones textuales generalmente buscan resolver el problema desde la inclusión de elementos textuales que mejoren la accesibilidad de gráficos estadísticos en formato de imagen [2, 5, 6, 9, 10], por ejemplo, la implementación de texto descriptivo o alternativo, adición de tablas con la información complementaria del gráfico, ver Figura 1, este tipo de agregaciones representa una solución idónea del problema, sin embargo, existen ciertas problemáticas asociadas a ella, por mencionar algunas podemos argumentar que en internet, existen cientos de miles de imágenes que contienen gráficos y que en su momento no existían estos elementos para ser agregados en el cuerpo de un sitio web o un documento digital y que como consecuencia actualmente no contienen este tipo de metadatos, adicionalmente hacer una reingeniería para solventar este problema puede ser un trabajo duro que pocos están dispuestos a realizar, por otra parte para los nuevos documentos y gráficos que se generan actualmente es posible agregar estos metadatos, sin embargo no todos los autores de este tipo de contenidos saben cómo realizar una descripción textual adecuada que más adelante sirva para hacer accesible el gráfico.

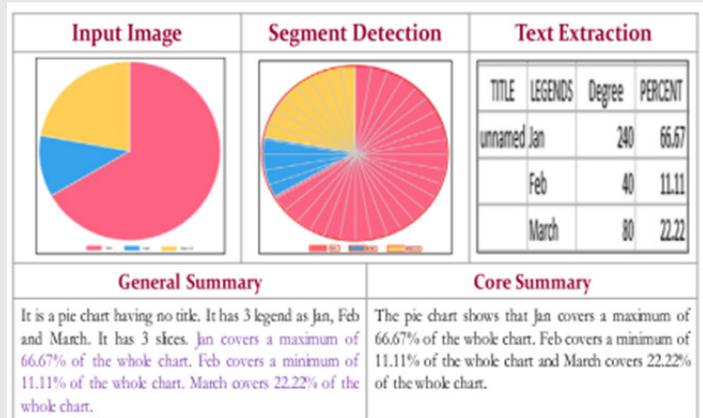


Figura 1. Representación de un gráfico circular, adicionalmente con elementos textuales que mejoran su accesibilidad.

Fuente: Recuperada de: [10].

Otros trabajos abordan el uso de técnicas de sonificación que permite representar información mediante el uso de

sonidos, sin la necesidad de usar la voz [11, 12], por ejemplo, la representación de un valor dentro de un gráfico de barras puede, mediante un tono bajo o alto en función del valor, a mayor volumen se entiende que el valor aumenta y a menor volumen se entiende que el valor disminuye, sin embargo, no todos los gráficos son aptos para este tipo de accesibilidad.

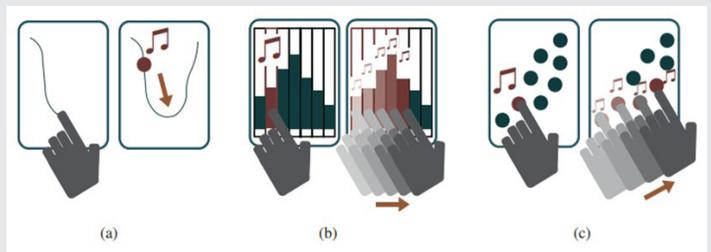


Figura 2. Representación de un gráfico audible al ser explorado manualmente por los usuarios. Fuente: Recuperada de: [11].

El uso de patrones o texturas (interfaces hápticas), permiten explotar el sentido del tacto para buscar solucionar esta problemática mediante el uso de diferentes técnicas como impresión con relieve, impresión en 3D o modelos generados a mano [13–23], esta solución es muy práctica ya que hace uso de un sentido que la mayoría de personas con discapacidad visual tienen bien desarrollado, sin embargo, depende directamente de hardware y software especializado para su implementación y en muchos de los casos es poco accesible para un usuario con discapacidad visual, adicionalmente es necesaria la intervención de terceros, adicionalmente los materiales que se ocupan para su elaboración son especiales y se degradan rápidamente con el uso [19].

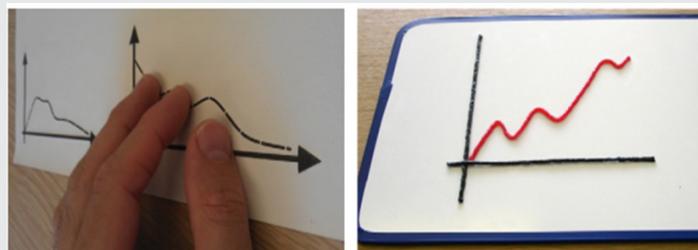


Figura 3. La imagen de la izquierda representa un gráfico elaborado en papel hinchable cuando se expone al calor, la imagen de la derecha representa un gráfico elaborado manualmente con listón y cera para que mantenga su forma. Fuente: Recuperada de: [19].

Las soluciones multimodal hacen referencia a la mezcla de dos o más métodos antes mencionados [6, 21, 24–28], por ejemplo, la combinación de elementos táctiles junto a la sonificación con la finalidad de incrementar la cantidad de canales por la cual se transmite la información, la Figura 4 representa un claro ejemplo de una solución multimodal.

Como podemos observar las propuestas de solución a esta problemática no han sido pocas, en la Tabla 1 repre-

senta los artículos revisados y contrasta con el tipo de solución que proponen al problema de accesibilidad en imágenes.



Figura 4. Representación del funcionamiento de RoboGraphics un sistema que permite mediante el uso de pequeños robots representar intervalos de tiempo los usuarios con discapacidad visual pueden tocar y sentir el movimiento del robot adicionalmente emite sonidos que van de acuerdo con la representación. Fuente: Recuperada de: [16].

Tabla 1. Trabajos identificados por tipo de solución.

Solución	Artículos
Descripción textual	[2], [5], [6], [9], [10]
Háptica	[13]–[23]
Multimodal	[6], [21], [24]–[28]
Sonificación	[11], [12]

El contexto importa para la generación de descripciones

Generalmente cuando se hace uso de imágenes dentro de un documento este se encuentra acompañado de un contexto el cual si es importante para la generación de texto descriptivo [8], la Figura 5 expone un ejemplo de cómo el contexto afecta la manera en la que es descrita una imagen. En gráficos estadísticos particularmente se incluye información textual que hace referencia a estos mismos y que ayuda a completar el contexto y ayuda en su análisis.



Figura 5. Imagen de un gráfico de columnas cuyo contexto es un censo poblacional, adicionalmente se incluye junto a este un párrafo que complementa el contexto. Fuente: Recuperada de: www.inegi.org.mx/temas/.

Propuesta de solución modelo conceptual

Tomamos como inspiración el trabajo desarrollado por [6], se adicionó a su modelo conceptual una serie de pasos en donde se busca incluir el contexto para el desarrollo de descripciones textuales de gráficos estadísticos que más adelante mediante lectores en pantalla pueden ser audibles para personas con discapacidad visual.

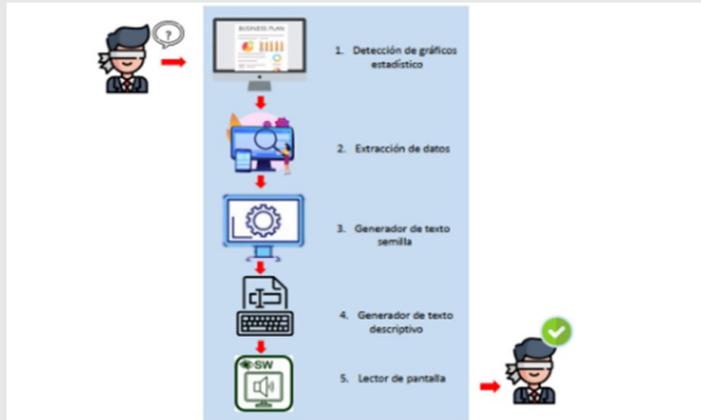


Figura 6. La imagen representa una adaptación de [6], en donde se agregó el paso 3 y 4 para incluir elementos que permitan entender el contexto sobre el cual está representado el gráfico.

Fuente: Elaboración propia.

Para esta tarea se desarrolla una serie de 3 pasos que se cree es necesaria para generar las descripciones, como ya mencionamos anteriormente un gráfico es acompañado generalmente de información que lo complementa, con base en este hecho se desarrolló la idea de que se puede hacer uso de ese fragmento de texto y analizar su contexto a fin de poder elaborar descripciones adecuadas, en la Figura 7 representa esta secuencia de pasos como tareas en el siguiente orden: (1) clasificar el gráfico mediante CNN por considerarse rápidas y efectivas a fin de darle un tratamiento diferente a cada uno de los diferentes gráficos existentes, (2) extracción de información textual del gráfico (solo texto y su complemento), (3) generación de un texto semilla y descripción textual con la información extraída en el paso número dos, (4) accesible mediante tecnologías de asistencia (lector en pantalla), ver la Figura 7.



Figura 7. Representación de los pasos 1 a 4 así como la salida accesible.

Fuente: Elaboración propia.

Extracción de información en imágenes que contienen gráficos estadísticos

Actualmente existen herramientas de software procesan imágenes de gráficos estadísticos [29], con la finalidad de extraer información de estos (HigCharts, Adopted 3D), se acepta que uno de los pasos primordiales para poder hacer accesibles los gráficos es abrirlos es decir, conocer su contenido para usar esta información en pro de crear métodos que sean accesibles, sin embargo detectamos que esta tarea se concentra únicamente en la extracción de los datos para colocarlos en tablas o en pequeños resúmenes que describen de forma breve el contenido.

Este método es útil, sin embargo, una persona visual puede hacer más que solo leer la información, son capaces de hacer análisis e incluso inferencia a partir de la información contenida en un gráfico, por lo que consideramos que esta tarea es necesaria, pero puede ir un paso más adelante y promover resúmenes de información con contenido más detallado e incluso facilitar la comprensión y análisis de los gráficos.

Generador de descripciones

Actualmente el procesamiento de lenguaje natural PLN es un campo de estudio de la ciencias computacionales, lingüística e inteligencia artificial, que estudia la interacción que existe entre las computadoras y el lenguaje natural es decir con el que se comunican los seres humanos, su funcionamiento y replicación mediante computadoras.

En este trabajo se aborda una propuesta para la utilización de un generador de lenguaje natural que realice descripciones textuales gráficos estadísticos tomando como base de su entreno el contenido textual que envuelve al gráfico y los datos del gráfico mismo.

Actualmente esta fase se encuentra en proceso de estudio y desarrollo, ya que es la mayor complejidad presenta.

RESULTADOS

Clasificador de imágenes

El estudio de uso de redes convolucionales (CNN) para la resolución de problemas de regresión, así como de clasificación ha aumentado drásticamente tal vez por qué existe un grupo fuerte que empuja su desarrollo [30, 10], nos muestra un estudio realizado para determinar mediante revisión de la literatura los avances en clasificación de gráficos estadísticos mediante CNN's, en donde se evaluaron los resultados de varios modelos: Support Vector Machine (SVM), GoogleLeNet, LeNet, AlexNet, ResNet y VGG16, para el procesamiento de varios tipos de gráficos estadísticos en formato de imagen, reportando una precisión de 80%, 91.3%, 89%, 88.4%, 98% y 96.35% respectivamente.

Tomando como inspiración lo propuesto por [20, 6, 8], se decide entrenar nuestro propio modelo usando Mobile-NetV2, se utilizó el vector futo de MobileNetV2 congelando el resto de las capas del modelo y agrego nuestra propia arquitectura que consiste en una capa densa de 8 nodos con una función de activación SoftMax para su entreno con un tamaño de lote de 32 para 20 épocas.

Se extrajeron de internet imágenes de gráficos estadísticos para crear un set de datos de 3200 imágenes seleccionadas y procesadas a mano cada una, para gráficos de calor, caja, circular, columnas, dispersión, histograma, línea y pareto con un tamaño de 400 imágenes cada uno, del 100% de las imágenes se utilizó el 70% para el entreno y el resto para las pruebas, los resultados obtenidos a la fecha con los datos de prueba alcanzó un porcentaje de predicción del 97%, creemos firmemente que es posible llegar a un 99% de predicciones correctas mejorando la arquitectura, sin embargo, para el trabajo actual el 97%, es considerado como aceptable.

La Figura 8. representa el comportamiento del entrenamiento contra las pruebas realizadas representando un comportamiento correcto y esperado.

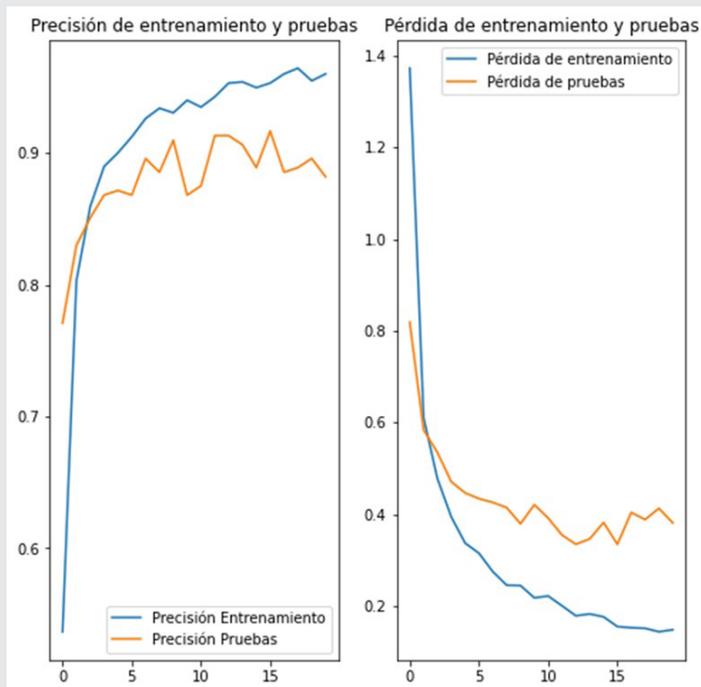


Figura 8. A la izquierda un gráfico de líneas que representa la presión del entrenamiento de la red contrastado con la precisión reportada en las pruebas, a la derecha graficamos la perdida de entrenamiento contra la perdida de pruebas.

Fuente: Elaboración propia.

Extracción de datos textuales

Para esta sección se probó el uso de diferentes herramientas para el reconocimiento óptico de ca-

racteres (OCR), por lo que nos dimos a la tarea de probar tres de las más usadas a fin de definir cual resolvía nuestro problema de mejor manera, las herramientas utilizadas fueron Pytesseract, Keras OCR y Easy OCR, se utilizo para esta tarea un conjunto de 20 imágenes, ver Figura 9.

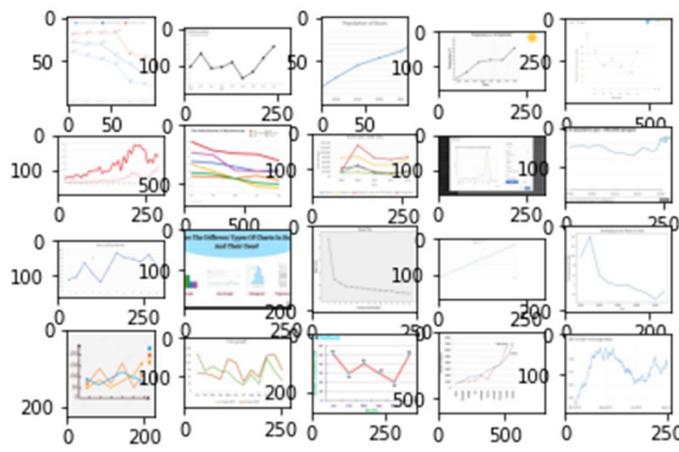


Figura 9. Conjunto de imágenes utilizadas para las pruebas.

Fuente: Elaboración propia.

Se comparó el tiempo promedio de procesamiento, así como el porcentaje promedio de palabras encontradas de manera correcta con la finalidad de identificar si existen diferencias significativas que mejoren el proceso de extracción de datos.

Tabla 2. Resultados obtenidos, tiempo promedio de procesamiento, % de palabras encontradas.

	Pytesseract	Keras OCR	Easy OCR
Tiempo promedio de procesamiento	3 seg	13 seg	8 seg
% palabras	74 %	94 %	92 %

Como se puede observar en la Tabla 2 el mejor tiempo de procesamiento promedio por imagen pertenece a Pytesseract, sin embargo, el promedio de palabras encontradas de manera correcta 74% no es adecuado para la tarea que pretendemos realizar, no obstante los tiempos promedio de Keras OCR y Easy OCR son más elevados, sin embargo el promedio general de palabras encontradas aumenta drásticamente, es por este motivo que continuamos con la utilización de Easy OCR para el resto de procesos por considerar ese 92% como adecuado, adicionalmente el tiempo de ejecución promedio de 8 segundos es un tiempo que para este tipo de tareas consideramos aceptable.

CONCLUSIONES

Hoy en día las tecnologías computacionales tales como visión computacional, redes neuronales, generadores de lenguaje natural, así como tecnologías de

asistencia han progresado hasta el punto de abordar esta problemática social persistentes y ofrecer una alternativa que permita mejorar la accesibilidad en gráficos estadísticos.

Se puede observar en la literatura que se resuelven ciertos aspectos de esta problemática, se defiende que la inclusión del contexto no solo permitirá crear mejores descripciones si no que permitirá también a su vez generar nuevas y mejores métricas que permitan evaluar las descripciones.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor de este trabajo agradece al CONACYT, por el otorgamiento de la beca N° 1140638 para el estudio su posgrado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Butler, L. M. Holloway, S. Reinders, C. Goncu, and K. Marriott, "Technology developments in touch-based accessible graphics: A systematic review of research 2010-2020," in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2021, pp. 1-15.
- [2] J. Choi, S. Jung, D. G. Park, J. Choo, and N. Elmquist, "Visualizing for the non-visual: Enabling the visually impaired to use visualization," in *Computer Graphics Forum*, 2019, vol. 38, no. 3, pp. 249-260.
- [3] M. A. Malberti et al., "Visualizando la información en ciencia de datos," in *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja)*, 2021.
- [4] J. L. Coatrieux, "Computer vision and graphics: frontiers, interfaces, crossovers, and overlaps in science," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 24, no. 1, pp. 16-19, 2005.
- [5] V. Carvalho and D. Freitas, "Automatic description of SVG images for the visually impaired: a Gestaltic approach," *Procedia Comput Sci*, vol. 67, pp. 2-11, 2015.
- [6] S. Figueroa-Gutiérrez, L. G. Montané-Jiménez, J. C. Pérez-Arriaga, J. R. Rojano-Cáceres, and G. Toledo-Toledo, "Towards Automatic Interpretation Of Statistical Graphs For The Visually Impaired," in *2021 9th International Conference on Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)*, 2021, pp. 180-188.
- [7] R. A. Martín-Vinez, M. R. Turró, and T. G. Saltiveri, "Accessible statistical charts for people with low vision and colour vision deficiency," in *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction*, 2019, pp. 1-2.
- [8] E. Kreiss, C. Bennett, S. Hooshmand, E. Zelikman, M. R. Morris, and C. Potts, "Context Matters for Image Descriptions for Accessibility: Challenges for Referenceless Evaluation Metrics," *arXiv preprint arXiv:2205.10646*, 2022.
- [9] W. Dai, M. Wang, Z. Niu, and J. Zhang, "Chart decoder: Generating textual and numeric information from chart images automatically," *J Vis Lang Comput*, vol. 48, pp. 101-109, 2018.
- [10] P. Mishra, S. Kumar, M. K. Chaube, and U. Shrawankar, "ChartVi: Charts summarizer for visually impaired," *J Comput Lang*, vol. 69, p. 101107, 2022.
- [11] J. Lazar, S. Chakraborty, D. Carroll, R. Weir, B. Sizemore, and H. Henderson, "Development and Evaluation of Two Prototypes for Providing Weather Map Data to Blind Users Through Sonification.," *J Usability Stud*, vol. 8, no. 4, 2013.
- [12] I. Trummer, M. Bryan, and R. Narasimha, "Vocalizing large time series efficiently," *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 11, no. 11, pp. 1563-1575, 2018.
- [13] A. Awada, Y. B. Issa, C. Ghannam, J. Tekli, and R. Chbeir, "Towards digital image accessibility for blind users via vibrating touch screen: A feasibility test protocol," in *2012 Eighth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, 2012, pp. 547-554.
- [14] J. Braier, K. Lattenkamp, B. Räthel, S. Schering, M. Wojatzki, and B. Weyers, "Haptic 3d surface representation of table-based data for people with visual impairments," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 6, no. 1, pp. 1-35, 2014.
- [15] A. Drogemuller, A. Cunningham, J. A. Walsh, J. Baumeister, R. T. Smith, and B. H. Thomas, "Haptic and visual comprehension of a 2d graph layout through physicalisation," in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2021, pp. 1-16.
- [16] D. Guinness, A. Muehlbradt, D. Szafir, and S. K. Kane, "Robographics: Dynamic tactile graphics powered by mobile robots," in *The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 2019, pp. 318-328.
- [17] D. Nikitenko and D. Gillis, "Touching the data: Exploring data sonification on mobile touchscreen devices," *Procedia Comput Sci*, vol. 34, pp. 360-367, 2014.

- [18] A. Martos, G. Kouroupetroglou, V. Argyropoulos, and K. Papadopoulos, "Tactile identification of embossed lines and square areas in diverse dot heights by blind individuals," *Univers Access Inf Soc*, vol. 20, no. 2, pp. 333–342, 2021.
- [19] S. A. Panëels, P. D. Ritsos, P. J. Rodgers, and J. C. Roberts, "Prototyping 3D haptic data visualizations," *Comput Graph*, vol. 37, no. 3, pp. 179–192, 2013.
- [20] A. Panotopoulou, X. Zhang, T. Qiu, X.-D. Yang, and E. Whiting, "Tactile line drawings for improved shape understanding in blind and visually impaired users," *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol. 39, no. 4, pp. 81–89, 2020.
- [21] A. Reichinger et al., "Pictures in your mind: using interactive gesture-controlled reliefs to explore art," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 11, no. 1, pp. 1–39, 2018.
- [22] Z. Wang, N. Li, and B. Li, "Fast and independent access to map directions for people who are blind," *Interact Comput*, vol. 24, no. 2, pp. 91–106, 2012.
- [23] H. P. Palani and N. A. Giudice, "Principles for designing large-format refreshable haptic graphics using touchscreen devices: an evaluation of nonvisual panning methods," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 9, no. 3, pp. 1–25, 2017.
- [24] S. Carberry et al., "Access to multimodal articles for individuals with sight impairments," *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)*, vol. 2, no. 4, pp. 1–49, 2013.
- [25] C. Engel, E. F. Müller, and G. Weber, "SV-GPlott: an accessible tool to generate highly adaptable, accessible audio-tactile charts for and from blind and visually impaired people," in *Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, 2019, pp. 186–195.
- [26] L. Ferres, G. Lindgaard, L. Sumegi, and B. Tsuji, "Evaluating a tool for improving accessibility to charts and graphs," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 20, no. 5, pp. 1–32, 2013.
- [27] T. Götzelmann, "Visually augmented audio-tactile graphics for visually impaired people," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 11, no. 2, pp. 1–31, 2018.
- [28] Z. P. Putra, D. Setiawan, B. Priambodo, Y. Jumaryadi, and M. DesiAnasanti, "Multi-touch gesture of mobile auditory device for visually impaired users," in *2020 2nd International Conference on Broadband Communications, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*, 2020, pp. 90–95.
- [29] J. Sun, Z. Wang, H. Yu, F. Nishino, Y. Katsuyama, and S. Naoi, "Effective text extraction and recognition for WWW images," in *Proceedings of the 2003 ACM symposium on Document engineering*, 2003, pp. 115–117.
- [30] M. M. Luqman, T. Brouard, and J.-Y. Ramel, "Graphic symbol recognition using graph based signature and bayesian network classifier," in *2009 10th International Conference on Document Analysis and Recognition*, 2009, pp. 1325–1329.



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Desarrollo de herramienta web para la autoevaluación de acuerdo al Marco de Competencia Digital de los Educadores



Colaboración

Karla Alejandra Jiménez Martínez; Blanca Rosa Zamudio Rodríguez; María Luisa Lázaro García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Coahuila

Fecha de recepción: 6 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 13 de diciembre del 2022

RESUMEN: La competencia digital conlleva el uso crítico y seguro de las Tecnologías de la Sociedad de la Información apoyándose en habilidades TIC básicas, así como para la comunicación y participación en redes de colaboración a través de internet [1]. En este sentido, se considera el Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores (DigCompEdu) [2], el cual se ha convertido en una herramienta ampliamente aceptada para medir y certificar la competencia digital utilizándose como base para la formación y el desarrollo profesional. Se distinguen seis áreas en las que se pone de manifiesto la competencia digital de los docentes a través de un total de veintidós ítems. Dicho marco es usado como referencia para este estudio en el desarrollo de la herramienta web, que tiene como objetivos, permitir una mejor comprensión de este y proporcionar un informe personalizado con información sobre el nivel competencial global y por áreas a través de un panel de control, el cual permite visualizar de forma sencilla los resultados y con ello facilitar la toma de decisiones a la institución con respecto al diseño de planes para capacitar o actualizar a los docentes en temas de competencias digital.

PALABRAS CLAVE: capacitación docente, DIGCOMPEDU, docente, evaluar, TIC.

ABSTRACT: Digital competence involves the critical and safe use of Information Society Technologies supported by basic ICT skills, as well as for communication and participation in collaborative networks through the internet [1]. In this sense, the European Framework for Digital Competence of Educators (DigCompEdu) [2], which has become a widely accepted tool for measuring and certifying digital competence and is used as a basis for training and professional development, is considered. It distinguishes six areas in which the digital competence of teachers is highlighted through a total of twenty-two items. This framework is used as a reference for this study in the development of the web tool, which aims to allow a better understanding of this and provide a customized report with information on the overall competence level and by areas through a control panel, which allows to easily visualize the results and thus facilitate decision making for the institution regarding the design of plans to train or update teachers on issues of digital competencies.

KEYWORDS: train, DIGCOMPEDU, teacher, evaluate, ICT.

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han crecido exponencialmente en la última década, revolucionando digitalmente la formación actual de los estudiantes. Estos continuos cambios, exigen a los docentes perfeccionarse constantemente, para promover entre los estudiantes las habilidades y competencias que necesitan para ser parte de la sociedad del futuro, es por ello la necesidad de docentes competentes digitalmente [3].

La competencia digital implica el uso crítico y seguro de las Tecnologías de la Sociedad de la Información apoyándose en habilidades TIC básicas: uso de computadoras para recuperar, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar informa-

ción, así como para comunicar y participar en redes de colaboración a través de internet [1].

Llorente et al. [4], señalan que la sociedad de la información necesita del aprendizaje y de la formación permanente para poder integrarse, o convertirse, en una verdadera sociedad del conocimiento. En dicho aprendizaje y formación tienen mucho que ver los profesionales del ámbito educativo, dado que la información (abierta, distribuida, escalable, volátil) disponible en la internet es abundante y se va actualizando constantemente. El crecimiento de la información se da, entre otras cosas, por el continuo aprendizaje que demandan los usuarios de la sociedad del conocimiento, lo que implica determinar nuevas formas de enseñanza que faciliten que la información recibida por los estudiantes sea de calidad y produzca los aprendizajes esperados [5].

En este nuevo tipo de educación digital resulta necesario formar (alfabetizar) tecnológicamente a la sociedad a través de diferentes acciones educativas. Entre los tipos de alfabetización tecnológica se encuentra la informacional, o desarrollo de competencias digitales de uso crítico de información [5]. De esto se desprende, desde luego, que los profesores sean capaces de usar esta información para innovar en sus aulas [6].

En consecuencia, la competencia digital, vista desde el papel del docente, debería basarse no en el simple uso de la tecnología, sino en la interacción entre esta y el alumnado, permitiendo una interacción efectiva al incluir y utilizar adecuadamente la tecnología de la información y la comunicación como recurso metodológico dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje [7].

Asimismo, permite hacer frente a los cambios sociales, brindar una respuesta a las necesidades de una sociedad cada día más globalizada [8, 9, 10, 11] y resulta fundamental en entornos futuros marcados por la incertidumbre de pasar por una situación igual o similar a la pandemia por COVID-19.

En las diferentes propuestas de competencias del siglo XXI como el de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) 2009 o el de la UNESCO 2017, se hace énfasis en el uso efectivo y crítico de las TIC frente a desafíos presentes y futuros y se recalca que “sin las habilidades del siglo XXI, los estudiantes se preparan para triunfar en el mundo de ayer, no en el de mañana” [12].

El desarrollo de competencias digitales docentes permitirá entonces, una educación de calidad para todos. Se considera entonces el Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores (DigCompEdu), que se ha convertido en una herramienta ampliamente aceptada para medir y certificar la competencia digital. Por lo que una herramienta web basada en el marco Di-

gCompEdu, permitirá conocer a los docentes, su nivel de competencia y detectar necesidades de capacitación a nivel institucional basados en el tablero de control con el concentrado de los datos para su análisis.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio utiliza una metodología de investigación evaluativa desde un punto de vista fundamentalmente cuantitativo, de alcance descriptivo y corte transversal.

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó en primer lugar una revisión documental acerca del estado y desarrollo de las competencias digitales de los docentes en un contexto post-confinamiento.

Una vez realizada la revisión sistemática de la literatura, el estudio se basó en evaluar la competencia digital docente del profesorado a través del instrumento DigComEdu Check In. Una investigación de evaluación a través del coeficiente competencia experta destaca el modelo DigCompEdu como el más adecuado para evaluar la Competencia Digital Docente [13].

La herramienta desarrollada realiza el análisis de los resultados obtenidos a través de la autopercepción y los procesa para detectar fortalezas y debilidades de las competencias digitales que posee el docente. Esto se realiza a través de 22 ítems que responden a las 6 áreas competenciales: compromiso profesional (4), recursos digitales (3), pedagogía digital (4), evaluación y retroalimentación (3), empoderar a los estudiantes (3) y facilitar la competencia digital de los estudiantes (5).

Cada ítem se mide en una escala Likert de 5 intervalos. En cada uno de ellos, los participantes indican en qué medida reflejan su propia práctica docente seleccionando una de las cinco opciones. Estas están organizadas progresivamente, reflejando la lógica de progresión general de “DigCompEdu” a través de un sistema de puntuación interna. Dicha progresión sigue la estructura de: sin compromiso (0 puntos), conocimiento parcial (1 punto), uso ocasional (2 puntos), uso creciente (3 puntos) y uso sistemático e integral (4 puntos). En consecuencia, el número máximo de puntos por pregunta es de 4. Al mismo tiempo, el número máximo de puntos a obtener en la prueba es de 88 [13].

El instrumento también incluye ítems que recogen datos sociodemográficos de los docentes como son: género, años de servicio, etapa, situación del centro, participación del centro en programas de digitalización, tiempo dedicado al uso de la tecnología en clase, herramientas digitales usadas en clase, competencia digital ciudadana del docente, participación en redes sociales y condiciones laborales que favorecen el uso de la tecnología digital.

Para el cálculo del nivel de competencia digital docente, se desarrolla un sistema de asignación de niveles. El

sistema asigna un nivel global de competencia digital docente y otro específico por áreas.

Una vez que se desarrolle la herramienta, esta proporcionará un informe personalizado con información sobre el nivel competencial global y por áreas. Actualmente, la herramienta está en fase de pilotaje con docentes inscritos en diversos Tecnológicos centralizados y descentralizados del país.

RESULTADOS

A continuación, se obtienen los siguientes datos para su análisis y revisión. En la Tabla 1 se analizan los datos sociodemográficos de los 62 docentes que proporcionaron información:

Tabla 1. Datos sociodemográficos de los 62 docentes encuestados.

EDAD	SEXO	GRADO ACADEMICO	NIVEL EN EL QUE IMPARTE CLASES
Menos de 25 0.00%	Hombre 32.26%	Licenciatura 9.68%	Licenciatura 88.71%
25-29 1.61%			
30-39 9.68%			
40-49 30.65%	Mujer 67.74%	Maestría 70.97%	Posgrado 1.61%
50-59 51.61%			
60 o más 6.45%	Otro 0.00%	Doctorado 19.35%	Licenciatura, Posgrado 9.68%
Total 100%	Total 100.00%	Total 100.00%	Total 100.00%

Fuente: Elaboración propia.

La edad aproximada de los docentes encuestados oscila entre los 50 a 59 años con el poco más del 50%, seguido de docentes entre 40 y 49 años con el 30.65%. El 67.74% son del sexo femenino, además que el mayor grado de estudios de dichos docentes es la Maestría con 70.97%, además de que la mayoría imparte clases en el nivel Licenciatura. De acuerdo con los resultados obtenidos, del área 1 (Compromiso profesional), se obtuvo que el 36.48% de los encuestados se perfila con el nivel de Pionero, el 29.03% tiene un nivel de Experto, el 27.42% de Líder y, por último, el 8.06% como Integrador. Ningún docente obtuvo el nivel de Novato en esta área.

Con respecto al área 2 (Recursos digitales), el 45.16% de los docentes encuestados obtuvo el nivel de Pionero, el 24.19% un nivel de Experto, el 20.97% de Líder, el 8.06% de Integrador y solo el 1.61% de Explorador.

El área 3 (Enseñar y aprender) arrojó que el 41.94% tiene un nivel de Experto y el 35.48% de Integrador, el 12.9% se perfiló como Líder y el 9.68% como Explorador. No se obtuvieron docentes con niveles de Novato, ni Pionero.

En el área 4 (Evaluación) se obtuvo que el 45.16% tiene un nivel Pionero, el 24.19% tiene un nivel Experto, el 20.97% de Líder, el 8.06% de Integrador y el 1.61% Explorador.

El área 5 (Capacitar a los estudiantes), el 28.45% obtuvo un perfil de Pionero, seguido del 15.24% con nivel de Experto, el 13.21% Líder, 5.8% Integrador y el resto, como Explorador.

Por último, en el área 6 (Facilitar la competencia digital de los estudiantes) nos arrojó que el 56.45% tiene un perfil de Integrador, el 25.81% de Experto, el 14.52% de Experto el 14.52% de Explorador y el 3.23% en Novato.

En la evaluación de los resultados generales obtenidos que tenemos que; el 38.71% obtuvo un perfil de Experto, el 29.03% de Integrador, el 24.19% de Líder, el 4.84% de Explorador y por último solo el 3.23% obtuvo un perfil de Pionero.

Por último, se dedicó un apartado para que el docente, de acuerdo con su propia percepción, seleccionara el nivel competencial en la que él, o ella, se sentía identificada. En este apartado se obtuvo que el 43.55% se perfilaba con un nivel Integrador, el 20.97% con un perfil Experto, el 17.74% como Explorador, el 8.06% con nivel Líder, el 8.06% como Pionero y, por último, el 1.61% se colocó en un nivel Novato.

Al realizar un contraste entre la autopercepción de los docentes y el análisis de los resultados, es notable que la mayoría de los docentes se auto percibió en un nivel Intermedio (Experto e Integrador) y Básico (Explorador), pero la realidad es que los docentes encuestados, se concentran más con un nivel Intermedio y Avanzado (Líder).

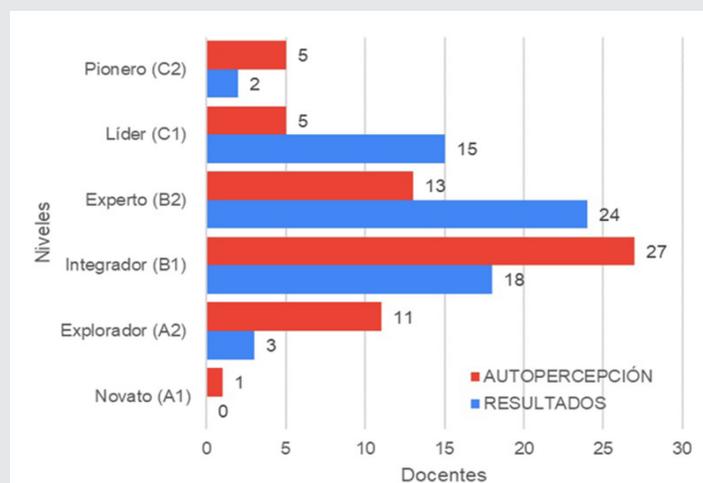


Figura 1: Gráfica del contraste de la autopercepción y los resultados analizados.

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la herramienta web para la evaluación de las competencias digitales docentes sigue en fase de desarrollo, pero se muestra en la Figura 3 una vista de la página principal en donde se muestra información acerca del marco "DigCompEdu", así como los objetivos, información de cada área competencial y de cada nivel de competencia. En la parte superior derecha y la final de la página se encuentra el botón para acceder a la evaluación.



Figura 2. Página principal de la herramienta web.

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación el panel de control que se genera una vez contestado el cuestionario en donde se muestra el nivel competencial por áreas y general.



Figura 3: Panel de control de los resultados.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La COVID-19 desde marzo del 2020 no ha sido solo un tema de salud pública sino una situación que ha afecta la vida social, la economía, la política, la movilidad y, sin duda, la conectividad entre los profesores y estudiantes para la interacción en el proceso de enseñanza y aprendizaje [14], por ello la evaluación de las estrategias implementadas para dotar a los docentes con habilidades digitales que les permitan en primera instancia dar continuidad y posteriormente innovar en la práctica educativa es indispensable. El estudio realizado arrojó que se tienen docentes con habilidades digitales en nivel Integrador y Experto, aun así, es necesario desarrollar planes de capacitación de acuerdo al nivel que posee cada uno de ellos, especialmente para los que se ubican por debajo del promedio.

Los avances de la tecnología exigen habilidades y conocimientos digitales de parte de los docentes para brindar escenarios pedagógicos eficientes e innovadores. El resultado de esta investigación permite entonces presentar una herramienta basada en estándares internacionales que facilitará la toma de decisiones a las instituciones con respecto a los planes de capacitación o acciones a tomar para la formación digital docente y en consecuencia mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje garantizando la continuidad académica y estar preparados con un modelo híbrido ante cualquier eventualidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] European Parliament and Council (2006). Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union.
- [2] Redecker, C. (2019). Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores: DigCompEdu. <https://doi.org/10.2760/159770>.
- [3] Krumsvik, R. J. (2012). Teacher educators' digital competence. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58(3), 269–280. <https://doi.org/10.1080/00313831.2012.726273>.
- [4] García Llorente, H. J., Martínez Abad, F., & Rodríguez Conde, M. J. (2019). Validación de un instrumento de evaluación de competencias informacionales autopercebidas en educación secundaria obligatoria. *Anales De Documentación*, 22(1). <https://doi.org/10.6018/analesdoc.22.1.305641>.
- [5] Cabero-Almenara, J. (2017). La formación en la era digital: ambientes enriquecidos por la tecnología. *Revista Gestión De La Innovación En Educación Superior*, 2(2), 41–64. <https://idus.us.es/handle/11441/67192>.

[6] Ramírez, M. S. (2012). *Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes presenciales ya distancia*. México: Editorial Digital Tecnológico de Monterrey.

[7] Fullan, M., & Donnelly, K. (2013). *Alive in the Swamp: assessing digital innovations in education*. London: Nesta.

[8] Martínez Garcés, J., & Lugo de Davalillo, L. (2018). *Agentes que impulsan la capacidad innovativa en unidades universitarias de investigación agropecuaria: un análisis prospectivo*. *Omnia*, 24(1), 87-99.

[9] Martínez, J. (2017). *Desarrollo del capital humano para la construcción del desarrollo endógeno*. En Mata, J.; Ruíz, J., y Atienzo, H. *Memorias arbitradas 1era Jornada de divulgación y socialización científica, tecnológica e innovativa para el desarrollo endógeno en Venezuela (393-396)*. Cabimas, Venezuela: Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt.

[10] García-Castilla, F. J., & Vírseda-Sanz, E. (2016). *Inclusión de competencias digitales en los estudios de grado en Trabajo Social*. *Opción: Revista De Ciencias Humanas Y Sociales*, 32(9), 802-820. <https://www.redalyc.org/pdf/310/31048482044.pdf>.

[11] Duque Bedoya, E. T. (2016). *Adquisición de competencias digitales para la inclusión social*. *Opción: Revista De Ciencias Humanas Y Sociales*, 32(9), 610-630. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048482033>.

[12] North Central Regional Educational Laboratory (NCRL) and Metiri Group. (2003). *EnGauge 21st century skills: Literacy in the Digital Age*. Available online at: <http://www.metiri.com/21/MetiriNCREL21stSkills.pdf>.

[13] Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2020). *Marco Europeo de Competencia Digital Docente «DigCompEdu»*. Traducción y adaptación del cuestionario «DigCompEdu Check-In». *EDMETIC*, 9(1), 213-234. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i1.12462>.

[14] Reimers, F., & Schleicher, A. (2020). *Un marco para guiar una respuesta educativa a la pandemia del 2020 del COVID-19*. *Enseña Perú*, 62.

Ingeniantes