

Tecnología y sostenibilidad

en las

Ciencias Agrarias

2

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Fernando Freitas Pinto Junior

Gilcyvan Costa de Sousa

(Organizadores)

15098 4
11 75 19
734 00 5

8374.001.991


Atena
Editora
Año 2024

Tecnología y sostenibilidad
en las

Ciencias Agrarias

2

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Fernando Freitas Pinto Junior
Gilcyvan Costa de Sousa
(Organizadores)

15098 4
11 75 19
75 1 00 5
8374 001991

Editora jefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora ejecutiva

Natalia Oliveira

Asistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecario

Janaina Ramos

Proyecto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imágenes de portada

iStock

Edición de arte

Luiza Alves Batista

2024 por *Atena Editora*

Copyright © *Atena Editora*

Copyright do texto © 2024 Los autores

Copyright de la edición © 2024 *Atena*

Editora

Derechos de esta edición concedidos a

Atena Editora por los autores.

Open access publication by *Atena*

Editora



Todo el contenido de este libro tiene una licencia de Creative Commons Attribution License. Reconocimiento-No Comercial-No Derivados 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

El contenido de los artículos y sus datos en su forma, corrección y confiabilidad son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan necesariamente la posición oficial de *Atena Editora*. Se permite descargar la obra y compartirla siempre que se den los créditos a los autores, pero sin posibilidad de alterarla de ninguna forma ni utilizarla con fines comerciales.

Todos los manuscritos fueron previamente sometidos a evaluación ciega por pares, miembros del Consejo Editorial de esta editorial, habiendo sido aprobados para su publicación con base en criterios de neutralidad e imparcialidad académica.

Atena Editora se compromete a garantizar la integridad editorial en todas las etapas del proceso de publicación, evitando plagios, datos o entonces, resultados fraudulentos y evitando que los intereses económicos comprometan los estándares éticos de la publicación. Las situaciones de sospecha de mala conducta científica se investigarán con el más alto nivel de rigor académico y ético.

Consejo Editorial**Ciencias Agrarias**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Tecnología y sostenibilidad en las ciencias agrarias 2

Diagramación: Thamires Gayde
Corrección: Yaiddy Paola Martinez
Indexación: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisión: Los autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Fernando Freitas Pinto Júnior
Gilcyvan Costa de Sousa

Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)	
T255	<p>Tecnología y sostenibilidad en las ciencias agrarias 2 / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Fernando Freitas Pinto Júnior, Gilcyvan Costa de Sousa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web Inclui bibliografía ISBN 978-65-258-2613-4 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.134241007</p> <p>1. Ciencias agrarias. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizador). II. Pinto Júnior, Fernando Freitas (Organizador). III. Sousa, Gilcyvan Costa de (Organizador). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARACIÓN DE LOS AUTORES

Los autores de este trabajo: 1. Certifican que no tienen ningún interés comercial que constituya un conflicto de interés en relación con el artículo científico publicado; 2. Declaran haber participado activamente en la construcción de los respectivos manuscritos, preferentemente en: a) Concepción del estudio, y/o adquisición de datos, y/o análisis e interpretación de datos; b) Elaboración del artículo o revisión para que el material sea intelectualmente relevante; c) Aprobación final del manuscrito para envío; 3. Acreditan que los artículos científicos publicados están completamente libres de datos y/o resultados fraudulentos; 4. Confirmar la cita y la referencia que sean correctas de todos los datos e interpretaciones de datos de otras investigaciones; 5. Reconocen haber informado todas las fuentes de financiamiento recibidas para la realización de la investigación; 6. Autorizar la publicación de la obra, que incluye las fichas del catálogo, ISBN (Número de serie estándar internacional), D.O.I. (Identificador de Objeto Digital) y demás índices, diseño visual y creación de portada, maquetación interior, así como su lanzamiento y difusión según criterio de Atena Editora.

DECLARACIÓN DEL EDITOR

Atena Editora declara, para todos los efectos legales, que: 1. Esta publicación constituye únicamente una cesión temporal del derecho de autor, derecho de publicación, y no constituye responsabilidad solidaria en la creación de manuscritos publicados, en los términos previstos en la Ley. sobre Derechos de autor (Ley 9610/98), en el artículo 184 del Código Penal y en el art. 927 del Código Civil; 2. Autoriza y estimula a los autores a suscribir contratos con los repositorios institucionales, con el objeto exclusivo de difundir la obra, siempre que cuente con el debido reconocimiento de autoría y edición y sin fines comerciales; 3. Todos los libros electrónicos son de acceso abierto, por lo que no los vende en su sitio web, sitios asociados, plataformas de comercio electrónico o cualquier otro medio virtual o físico, por lo tanto, está exento de transferencias de derechos de autor a los autores; 4. Todos los miembros del consejo editorial son doctores y vinculados a instituciones públicas de educación superior, según recomendación de la CAPES para la obtención del libro Qualis; 5. No transfiere, comercializa ni autoriza el uso de los nombres y correos electrónicos de los autores, así como cualquier otro dato de los mismos, para fines distintos al ámbito de difusión de esta obra.

Las tecnologías de las Ciencias Agrarias están en constante actualización, y la investigación científica, a través de las evoluciones tecnológicas, tiene como objetivo desempeñar un papel vital en la búsqueda de soluciones que garanticen la producción de alimentos de manera sostenible, preservando los recursos naturales y la calidad de vida de la población. La obra “Tecnología y sostenibilidad en las Ciencias Agrarias 2” direcciones, en sus nueve capítulos, investigaciones científicas actuales, conocimientos tecnológicos y prácticas sostenibles para las Ciencias Agrarias.

Los estándares tecnológicos del agronegocio mundial están siendo modificados con la introducción de nuevas tecnologías derivadas del conocimiento científico. Guiada por tales avances, la agricultura deberá sustentarse en un conjunto de requisitos, con el objetivo de lograr progresos en diversificación, agregación de valor, productividad, seguridad y calidad, además de enfrentar los cambios climáticos y los estreses bióticos y abióticos previstos para las próximas décadas.

Entre estos capítulos, el lector podrá entender más sobre transferencias de tecnologías, medicina veterinaria, sostenibilidad, uso de las tecnologías de la información, utilización de bioinsumos en la agricultura, así como trabajos enfocados en la gestión.

Finalmente, se espera que este libro pueda contribuir y estimular a más estudiantes e investigadores en la búsqueda de nuevas tecnologías para el área de las Ciencias Agrarias, posibilitando avances cuantitativos y cualitativos en la producción sostenible para las futuras generaciones, ligados a los avances tecnológicos.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Fernando Freitas Pinto Júnior
Gilcyvan Costa de Sousa

CAPÍTULO 1 1

CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO DE AGUA GENERADOS A PARTIR DE MEDICIONES DE HUMEDAD POR MEDIO DE SENSORES DIGITALES

Ávila-Cisneros; R
Peña-Revuelta; B.P
Rocha-Quiñones; J.L
Avila-Berúmen; S.M

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410071>

CAPÍTULO 2 14

DIROFILARIOSE EM CÃES ATENDIDOS NO HOSPITAL VETERINÁRIO DA UEMA: PREVALÊNCIA DE ANIMAIS INFECTADOS E NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS TUTORES SOBRE A DOENÇA

Daniel Welligton Brito de Souza
Lenka de Moraes Lacerda
Carla Janaína Rebouças Marques do Rosário
Juliana Lacerda Melo
Maria Inez Fernandes Carneiro
Adonias Primeiro Rocha Dias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410072>

CAPÍTULO 322

EFFECTO DE LA FLUIDINÁMICA DEL PROCESO SOBRE LA CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS EN LA PRODUCCIÓN PÉPTIDOS BIOACTIVOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Leidy J. Gómez-Sampedro
Yhoan S. Gaviria Gaviria
José E. Zapata Montoya

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410073>

CAPÍTULO 445

IDENTIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS DEL NOROESTE DE LA ISLA DE PROVIDENCIA MEDIANTE EL USO DE DATOS BATIMÉTRICOS

Harold Rojas Macías
Gabriel Ignacio Antolínez Gómez
Fanny Matilde Pinzón Candelario

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410074>

CAPÍTULO 5 61

LA ACREDITACIÓN DE LAS LICENCIATURAS DEL AMBITO DE LAS CIENCIAS DEL MAR EN MÉXICO

Eduardo Alfredo Zarza Meza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410075>

CAPÍTULO 6	67
LA DISPONIBILIDAD Y EL ACCESO A LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL; MEJORAMIENTO DE LA NUTRICIÓN, LA SALUD Y LA PRODUCTIVIDAD LABORAL DEL SER HUMANO	
Gerardo Juárez Corral	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410076	
CAPÍTULO 7	81
ORGANIZACIÓN Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO	
Ignacio Orona-Castillo	
Cirilo Vázquez Vázquez	
Joaquín Osornio Córdova	
Elizabeth Zúñiga Valenzuela	
Apolinar González Mancilla	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410077	
CAPÍTULO 8	92
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA CRIANZA DE PECARI DE COLLAR (<i>PECARI TAJACU</i>) EN UNA COMUNIDAD RURAL DE YUCATÁN, MÉXICO	
Rubén Cornelio Montes-Pérez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410078	
CAPÍTULO 9	110
TRICHODERMA ASPERELLUM MT04438 COMO BIOESTIMULANTE DE RENDIMIENTO EN MAIZ CRIOLLO BLANCO (<i>ZEА MAYS</i>)	
José Israel Rodríguez Barrón	
Brenda Bermúdez	
Víctor Manuel Mata Prado	
Ramón Rodríguez Blanco	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1342410079	
ACERCA DE LOS ORGANIZADORES	118
ÍNDICE REMISIVO	119

CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO DE AGUA GENERADOS A PARTIR DE MEDICIONES DE HUMEDAD POR MEDIO DE SENSORES DIGITALES

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Ávila-Cisneros; R

Profesor e Investigador B del Dpto. de Ciencias Básicas de la UAAAN UL; Responsable del Cuerpo Académico en Consolidación UAAAN-CA-34. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez, Col. Valle Verde. Torreón Coahuila México

Peña-Reuelta; B.P

Professor e investigador del Depto. de Ciencias Básicas de la UAAAN Unidad Laguna

Rocha-Quiñones; J.L

Professor e investigador del Depto. de Ciencias Básicas de la UAAAN Unidad Laguna

Ávila-Berúmen; S.M

Técnico Académico “A” del Dpto. de Ciencias Básicas UAAAN UL

RESUMEN: En el verano-otoño de 2022 se realizó una investigación con frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la variedad pinto Saltillo en las instalaciones del Centro de investigación Básica y Aplicada (CIBA) de la UAAAN Unidad Laguna. Se implementaron 2 áreas de cultivo cada una de 60 m² con

la finalidad de comparar la producción de grano seco bajo 2 sistemas de riego; mismos que se fueron monitoreando a partir del 22 de agosto de 2022 con sensores electrónicos (Tecnología IoT) con la finalidad de seguir en tiempo real 2 variables: % de humedad y temperatura al interior del suelo en el perfil 0 – 30. Mediante la prueba t de student en la comparación de medias para grupos pequeños se analizó la hipótesis: “La producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la variedad pinto Villa irrigada por micro aspersión ;genera una producción de grano seco muy competitiva y con un ahorro significativo de gasto de agua de riego” reflejado esto a la vez en ahorros financieros. En los resultados obtenidos se logró ajustar el programa de riego en el sistema de irrigación por micro aspersión de regar cada semana a regar cada 2 semanas; pues las lecturas de % de humedad de los sensores digitales en la primera semana aún promediaban un 49.5% de humedad y la segunda semana se acercaban al 20% de humedad (dato buscado para aplicar el riego de auxilio para los 2 sistemas de irrigación). Relacionado con la producción de grano seco la $T_c < T_o$ es decir; no hubo diferencia estadística entre la producción lograda por los 2 sistemas de riego; los 2

se comportaron de manera similar. En los ahorros de agua y pagos proyectados tomando como referencia los precios del Sistema Municipal de Agua y Saneamiento (SIMAS-Rural) se lograron ahorros por encima del 50%. La hipótesis y los objetivos de la investigación fueron validados en términos de aceptación tomando como referencia las decisiones tomadas con el apoyo de la tecnología IoT.

PALABRAS CLAVE: Irrigación, agricultura inteligente, Internet de las cosas, sensores

ECONOMIC QUANTIFICATION OF WATER SAVINGS GENERATED FROM MOISTURE MEASUREMENTS BY MEANS OF DIGITAL SENSORS

ABSTRACT: In the summer-autumn of 2022, an investigation was carried out with beans (*Phaseolus vulgaris L.*) of the Saltillo pinto variety at the facilities of the Centro de Investigación Básica y Aplicada (CIBA) of the UAAAN Unidad Laguna. 2 cultivation areas each of 60 m² were implemented in order to compare the production of dry grain under 2 irrigation systems; These were monitored as of August 22, 2022 with electronic sensors (IoT Technology) in order to follow 2 variables in real time: % humidity and temperature inside the soil in the 0 - 30 profile. Through the test Student's t test in the comparison of means for small groups analyzed the hypothesis: "The production of beans (*Phaseolus vulgaris L.*) of the pinto Villa variety micro sprinkler irrigation generates a very competitive dry grain production with significant savings. irrigation water cost" reflected this in financial savings. In the results obtained, it was possible to adjust the irrigation program in the micro sprinkler irrigation system from watering every week to watering every 2 weeks; since the % humidity readings from the digital sensors in the first week still averaged 49.5% humidity and the second week they were close to 20% humidity (data sought to apply auxiliary irrigation for the 2 irrigation systems). Related to the dry grain production, the $T_c < T_o$ is; there was no statistical difference between the production achieved by the 2 irrigation systems; the 2 behaved similarly. In water savings and projected payments taking as a reference the prices of the Municipal Water and Sanitation System (SIMAS-Rural), savings of more than 50% were achieved. The hypothesis and the objectives of the research were validated in terms of acceptance taking as reference the decisions made with the support of IoT technology.

KEYWORDS: Irrigation, smart agriculture, Internet of things, sensors

DESARROLLO DEL TRABAJO

Revisión de literatura

Hernández- Ramírez y Colaboradores (2020), citando a F. N. Sabri, N. H. H. M. Hanif y Z. Janin (2018) mencionan que "la agricultura de precisión es una metodología que está en constante innovación con el pasar de los años, es el conjunto de tecnologías que se aplican al trabajo de campo como satélites, sensores, imágenes y datos geográficos, que reúnen la información necesaria para entender las variaciones del suelo y los cultivos. Del mismo modo, podrán analizarse, el tipo y la dosis de fertilizante a aplicar, la densidad de las semillas, la fecha de siembra, el espaciamiento entre hileras, etc. El uso de las tecnologías de la agricultura de precisión puede ayudar a mejorar los márgenes de utilidad, a través de

un aumento del valor de rendimiento (cantidad-calidad), una reducción en la cantidad de insumos, o de ambos simultáneamente”.

La necesidad de adaptación y de la posibilidad de mitigación en la agricultura impone la integración de nuevas tecnologías. Esta última permite elaborar estrategias de crecimiento para apoyar la seguridad alimentaria de las naciones en vías de desarrollo. La agricultura inteligente implica el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y, en particular, el Internet de las Cosas (IoT). (Asael Espinosa A. Y Colaboradores; 2021). Afortunadamente poco a poco los actores sociales de la producción agropecuaria han podido aprovechar el desarrollo tecnológico de la tecnología IoT (Internet of Things) tal como la experiencia de la Universidad de Cuenca de la República de Ecuador que lo definen así: Internet de las cosas IoT, permite la interconexión de objetos dotados de la tecnología necesaria para conectarse a internet (Bravo-Merchán; 2017).

Mora-Magallanes y Rosas-Pari (2019); realizaron una investigación en Perú con sensores y tecnología IoT con la finalidad de monitorear factores ambientales de temperatura ambiental, humedad del ambiente, presencia de lluvia y cantidad de smoke (humo) todo ello relacionado con frijol (*Phaseolus vulgaris L.*); estos datos fueron enviados a la nube mediante internet con la finalidad de enviar información de manera sencilla al usuario para que se tomen decisiones en tiempo real. Lo que hicieron los autores de la investigación mencionada está referida dentro del contexto de conexión digital entre objetos de uso cotidiano con internet, es decir; tener la conexión de dispositivo de medición en forma inalámbrica.

Lo que se puede observar en las consultas anteriores es que la gama de aplicaciones del internet de las cosas para las actividades agropecuarias es bastante amplia; por lo que en esta investigación se buscan experiencias relacionadas con la aplicación de riegos y su monitoreo con sensores digitales; y es que como lo menciona Aguilar-Zavaleta (2020), citando a Khokhar (2017); Las actividades agropecuarias demandan una gran cantidad de agua para lograr la producción de alimentos que día a día demanda la población del mundo; y dicen: “ a nivel mundial se consume un 70% de agua dulce en las actividades agrícolas; y en particular en la República de Perú; el dato de consumo alcanza un 76%. Es decir; tenemos un área de oportunidad en la tecnología IoT para monitorear y medir en tiempo real uno de los insumos más escasos y finitos necesario éste para las actividades: El agua.

Mata; I.I.(2021) realizó la evaluación de 3 láminas de riego en suelos de diferentes texturas sembrados con frijol (*Phaseolus vulgaris L.*); mediante el uso de 2 tipos de sensores FDR (Frequency Domain Reflectometry) y TDR (Time Domain Reflectometry); y midió a 12 centímetros de profundidad la humedad del suelo en un experimento llevado en maceteros; la mayor variabilidad de humedad de suelo se presentó con el sensor FDR. Relacionado con experiencias de riego por goteo; método muy utilizado en la actualidad con la finalidad de eficientar el uso de agua de riego; Ugalde-Acosta; et al (2011) realizaron un trabajo de investigación en el cuál básicamente se compararon las producción de frijol

con 2 métodos de riego: El riego tradicional de agua rodada comparado con el riego por goteo. En el primero de ellos se aplicaron 5 riegos distribuidos durante el ciclo de cultivo, para el segundo se aplicaron 16 riegos (5 días c/u) mismo que cubrieron la demanda hídrica desde la plántula hasta el llenado de vaina. En sus resultados nos comparten entre otras cosas; que la lámina de riego acumulada para el sistema de goteo fue un 85% menor que el de riego de agua rodada. Hay coincidencia con Haynes y Swift (1997) quienes mencionan que el riego por goteo de agua se tiene un gasto significativamente menor que con otros sistemas de riego.

Ahora bien; las experiencias de estudios previos sobre el coste del agua de riego parte de la comparación de El Precio de Sombra que los productores y estudiosos del tema han compartido tal como se da a conocer a continuación. Granda-Ordoñez L.E. (2021); citando a Zabalza-Martí A.(1972) definen el precio de sombra o precio social, llamado también como precio de cuenta así: “es una medida monetaria del cambio en pro del bienestar de una comunidad, manejado en el contexto de la Economía y de las Finanzas Públicas como el costo de la contribución a los objetivos socio-económicos de un cambio marginal del bien o factor”; y añaden “ los precios comerciales no pueden ser usados para medir las consecuencias sociales de un proyecto, bajo estas circunstancias es necesario establecer otro tipo de precios que no se ajustan a los generados en el mercado”. Y es que en relación al precio de sombra es como se han establecido en diferentes regiones de México al cobrar el uso de un metro cúbico de agua se hacen las siguientes referencias: Godínez-Montoya y Colaboradores (2007) ; realizaron un modelo en base los modelos decrecientes (la función cuadrática) y apoyándose en las derivadas parciales basados en la productividad marginal del precio del agua de gravedad han generado un precio sombra de \$0.73 Pesos/m³ para riego por bombeo y de \$ 0.25 pesos/m³ de agua de riego por gravedad; y en una realidad del año 2002 el costo para los usuarios era de solo \$0.05 pesos/m³. Para el año 2019 según Ramírez-Barraza y Colaboradores (2019) el precio sombra logrado bajo la misma metodología de los rendimientos decrecientes (una actualización del anterior estudio) fueron: Precio para bombeo llegó a los \$1.56 pesos/m³, y para el agua de gravedad llegó a los \$0.91 pesos/m³; estos 2 estudios para el acuífero 017 de La Comarca Lagunera. Murillo-Trujillo E. (2021) en estudio de para el acuífero de Acámbaro Guanajuato generó un precio real de \$1.03 pesos/m³ y el costo para los usuarios en ese año del 2021 fue de \$1.03 pesos/m³.

La Comarca Lagunera juega un papel preponderante en el sector agropecuario, dada su ubicación geográfica, la vocación agrícola y social que ha tendido la región. Se cuenta con 44 mil productores agropecuarios que son atendidos por la SAGARPA mediante tres subdelegaciones, dos distritos de Desarrollo Rural y 16 Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (González, 2016).

Ramírez-Barraza S.A y Colaboradores (2019) mencionan que “en el caso del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera se cobra una cuota de riego de \$1 600 pesos MN ha⁻¹

sin considerar el tipo de cultivo. Esta cuota alcanza a cubrir parcialmente los costos de operación, pero no incluye los costos de mantenimiento de los canales ni de las obras principales, así como la pérdida de agua en el proceso de conducción y distribución”; es decir el costo con algunas variaciones es de \$0.16 pesos/m² por riego de gravedad sin importar el cultivo.

- Objetivo General: Establecer un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad pinto villa bajo 2 sistemas de riego
- Objetivo específico 1: Comparar la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) pinto villa al utilizar 2 sistemas de riego: El riego por microaspersión y el riego por agua rodada.
- Cuantificar en términos económicos los ahorros de agua logrados en el sistema de riego por microaspersión.

Hipótesis: La producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad pinto villa irrigada por microaspersión ;genera una producción de grano seco muy competitiva y con un ahorro significativo de gasto de agua de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En el verano - otoño de 2022 se establecieron 2 superficies de siembra del frijol de la variedad pinto Villa en las instalaciones del Centro de Investigación Básica y Aplica (CIBA) que se encuentra en los campos de cultivo de la Unidad Laguna de la UAAAN en áreas de 60 m² cada una. Una de ellas de irrigó por medio de riego por microaspersión en surcos de 10 metros lineales y la distancia entre surco fueron de .40 metros; la segunda superficie fue irrigada con agua rodada; y los surcos tuvieron las mismas características de distancia y ancho de la primera superficie.

Al interior de cada una de las áreas de trabajo de instalaron 8 sensores digitales (4 en cada una de las superficies) con la finalidad de dar seguimiento a la humedad del suelo

Los datos de desarrollo de planta y de producción de vaina y grano seco se analizaron por medio de la comparación de medias de la prueba t de student para un α del 5%.

El sistema de monitoreo estuvo dividido en diferentes módulos los cuales se agrupan en 3 rubros fundamentales que permiten que los trabajos de investigación se puedan llevar a cabo de forma paralela, pues aun cuando se integran para formar un producto final, estos pueden ser desarrollados y llevados a cabo por diferentes integrantes del cuerpo de investigación.

- Módulo de Procesamiento: Encargado de recabar los datos en el sitio de monitoreo, posteriormente procesarlos, es decir, ajustarlos y transformar las magnitudes físicas en información digital que pueda ser enviada hacia la nube.

El proyecto tecnológico integra sensores de humedad y temperatura, ya que estos parámetros son los indispensables para el análisis propuesto, siendo el sensor de humedad de tipo analógico por lo que proporciona la medición de los niveles de humedad de forma no analógica, necesitando la implementación de un sistema que lo convierta a digital, mientras que sensor de temperatura es de tipo digital y recaba los datos correspondientes a temperatura del suelo sin necesidad de intervenir en el proceso de adquisición; los sensores se encuentran colocados a una profundidad de 40 cm puesto que es la distancia óptima y donde se encuentra la raíz del cultivo

Para obtener, procesar y enviar la información al cloud, se realizó el montaje y programación de un microcontrolador que incorpora un algoritmo de procesamiento y conexión al servidor para que funcionen de forma independiente, lo que permite que si existe fallo en alguno de ellos se pueda identificar de forma rápida cuál dispositivo es el que requiere atención sin entorpecer el trabajo de los demás.

En cuanto a la comunicación y transporte de los datos obtenidos de los cultivos hasta su visualización en cualquier dispositivo que disponga de un navegador web, se requiere una arquitectura de múltiples capas como se muestra en la figura 2. Los dispositivos al adquirir los datos lo hacen de forma independiente, por lo que tienen que establecer comunicación a través de internet con el servidor, para lo cual se opta por el estándar Wifi, evitando el tendido de cables sobre los cultivos; posteriormente y asegurando que existe conexión con el servidor, se verifica mediante credenciales token que el dispositivo tiene los permisos necesarios para guardar la información en la base de datos del servidor, con lo que se evita que intrusos, ya sean personas o dispositivos no registrados almacenen información y alteren los datos de las mediciones válidas.

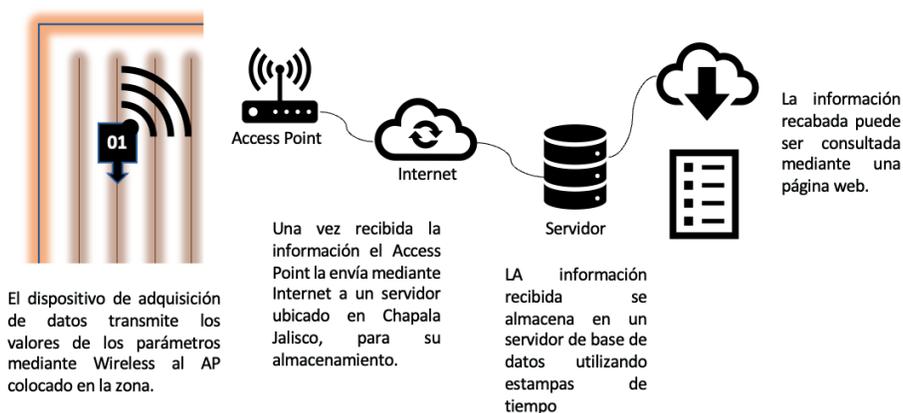


Figura 2 Distribución de dispositivos de adquisición de datos.

Los registros almacenados en el servidor por si solos no son funcionales, es necesario implementar un sistema informático que permita acceder de forma sencilla y ordenada a los registros para su análisis, por lo que se desarrolló un sistema de ventanas que permiten a los investigadores obtener la información almacenada en un formato adecuado, es decir, la información se observa de forma categorizada, permitiendo un entendimiento de las condiciones del terreno cultivado y sus cambios a través de tiempo

Las pruebas que se llevaron a cabo están divididas en diferentes formas o partes las cuales son de comunicación con la base, comunicación de sensores dentro del suelo para ver si están generando los datos que se requieren y así poder realizar la calibración de los mismos para un mejor comportamiento, además, se realizará la configuración de almacenamiento de la nube para registrar los datos que van llegando de los sensores en una base de datos, los cuales pueden ser accedidos a través de la petición a un web service por parte de cualquier plataforma web, stand alone o app móvil que requiera dicha información.

Para validar el óptimo funcionamiento del sistema es necesario colocar los dispositivos de censado y comunicación en el sitio y realizar mediciones manuales periódicas para corroborar que se obtienen datos precisos, pudiendo hacer los cambios pertinentes para el ajuste de los sensores en la etapa de calibración, garantizando que los reportes generados por la plataforma en la nube son confiables y corresponden a la realidad del terreno en observación.

Relacionado con los precios del agua de riego se han tomado 2 referencias:

Ramírez-Barraza S.A y Colaboradores (2019) mencionan que “en el caso del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera se cobra una cuota de riego de \$1 600 pesos MN ha⁻¹”; independientemente del cultivo; pero para el caso del frijol cuyo sistema radicular está dentro de los 0.30 metros; tendríamos un volumen de 3000 m³ de agua; dividiendo esta relación tenemos el valor de referencia de \$0.53 pesos/m³.

La segunda referencia es el valor de consumo del Sistema Municipal de Agua y Saneamiento (SIMAS)-Rural; lesto para el área del Suroriente de Torreón Coahuila.)

RESULTADOS

Se realizó un muestro de 12 matas del frijol irrigadas por micro aspersión y de 10 matas irrigadas por inundación el 3 de septiembre de 2022 cuyos resultados fueron los siguientes; tal como se ve en tabla 1:

Riego por Micro aspersión	Riego por Inundación
MAE=35.83 ejotes	MAT=46.4
SE=14.78	ST=4.71
n1=12	n2=10
Tc= -2.21 < To= 1.7247	La Producción de ejotes de las matas muestra irrigadas por inundación no fueron mayores que las irrigadas por micro aspersión

Tabl 1: Prueba t para No Promedio de ejotes por mata.

Un mes después; el 30 de octubre de 2022; tomando como referencia en número de vainas secas ss realizó la prueba t para comparar la producción de la variable arriba mencionada tal como se puede observar en la tabla 2.

Riego por Micro aspersión	Riego por Inundación
MAE=33.72 Vainas	MAT=30.72
SE=12.61	ST=9.54
n1=11	n2=11
Tc= 0.6302 < To= 1.7247	La Producción Promedio de Vainas Secas fue similar entre las plantas irrigadas por micro aspersión y las plantas irrigadas por inundación.

Tabla 2: Prueba t para No Promedio de Vainas Secas por planta.

El 03 de noviembre de 2022 se formaron 6 “borregos” (Montones de Plantas) para cada una de las 2 áreas de 60 m² que fueron las áreas testigo y experimento del frijol pinto villa. Tal como se puede observar en la tabla 3; la prueba t de student nos permitió determinar los siguientes datos promedio de No de plantas promedio por borrego.

Riego por Micro aspersión	Riego por Inundación
MAE=27.5 plantas por borrego	MAT=25.6
SE=7.34	ST=7.56
n1=6	n2=6
Tc= 0.44 < To= 1.8125	Relacionado con el No de plantas por borregos; fue similar en No de Plantas para el área irrigada por micro aspersión a el área irrigada por inundación-

Tabla 3: Prueba t para No de plantas promedio por “borregos” de frijol.

Las plantas totales de las áreas del experimento de frijol pinto villa se pueden observar en la tabla 4; así mismo se puede observar la producción de grano seco en gramos para la superficie irrigada por micro aspersion y el área irrigada por inundación.

Área de Referencia	No. De Plantas Totales	Producción de grano seco en gms./ superficie de 60 m ²	Producción de grano seco promedio por planta
Riego por Micro aspersion	165	4000	4000/165= 24.26 grs
Riego por inundación	154	4094	26.58 grs

Tabla 4: No de plantas totales por superficie y Producción de grano seco en gramos.

Como se observa en la tabla 5; la prueba t para comparar las medias de producción de grano seco para los “borregos” de riego por inundación y riego por micro aspersion nos permiten observar que en relación a la producción de grano seco; fue la superficie de riego por inundación quién dio una Tc de 0.1422; valor menor a To de 1.8125; lo que dice que la producción de grano seco fue similar entre los 2 sistemas de producción.

Riego por Inundación	Riego por micro aspersion
MAE=716.62 grs de grano seco/ por borrego de frijol	MAT=666.6 grs de grano seco/ borrego de frijol
SE=201.65	ST=177.98
n1=6 borregos	n2=6 borregos
Tc= 0.1422 < To= 1.8125	La producción de grano seco para los 2 sistemas de riego presentó producción similar; es decir no se presentó diferencia estadística.

Tabla 5: Análisis de la prueba t para comparar producción de grano seco entre los 2 sistemas de riego para los “borregos” formados.

Realizando una proyección de producción de frijol pinto villa por hectárea se generan los siguientes resultados.

En la tabla 6 se puede observar la proyección de producción de grano seco para los 2 sistemas de riego; y un posible ingreso bruto con precio de garantía de \$16.00 pesos por Kg/Frijol.

Sistema de riego	Producción para 60 m ²	Para una hectárea	Ingreso bruto/ha.
Inundación	4.094 Kgs	682.3 Kgs	\$ 10 917.3
Micro aspersion	4 Kgs	666.6 Kgs.	\$ 10 666.6
DIFERENCIA:	0.094 Kgs	15.7 Kgs	\$ 251. pesos/ ha a favor del riego por inundación

Tabla 6: Proyecciones de producción de frijol/ha para los 2 sistemas de riego.

Relacionado con el Consumo de agua es importante compartir los siguientes resultados.

Para el riego de auxilio ambas áreas (La de micro aspersión y la de inundación) fueron irrigadas por aproximadamente 11 000 litros de agua; mientras que en los riegos de auxilio se realizaron la aplicación de los siguientes volúmenes.

- Cada riego de auxilio del área de micro aspersión fue de 1500 litros (en lunes de cada semana); hasta que llegaron las lluvias de agosto, después se irrigaron cada 2 semanas; pues con la instalación de los sensores digitales que fue 24 de agosto de 2022; a la semana enviaba una lectura de entre 46 y 50%; y a las 2 semanas se llegaba al 20% de humedad; y las plantas de frijol iniciaban con síntomas de estrés hídrico.

- Para el área de riego por inundación se aplicó un volumen de 11 000 litros de agua cada 3 semanas; al llegarse ese periodo de tiempo los sensores de humedad estaban en promedio de 10% de humedad.

La diferencia entre riegos de auxilio fueron los siguientes:

- Cada 3 semanas se aplicaban en el riego por inundación 11 000 litros
- Cada semana se aplicaban 1500 litros por microaspersión x 3 = 4500 litros en las tres semanas.

Le lograba un ahorro de 6500 litros de agua; es decir cada 3 semanas se ahorraba el 59% de agua.

En la tabla 7 se puede apreciar los costos totales tomando como referencia los precios subjetivos del agua de riego por bombero de la Comisión Nacional del Agua-Cuenca Zona Norte y Los precios del SIMAS-Rural a partir del número de riegos aplicados por Microaspersión; generando éste casi \$450.00 pesos.

Tabla No 7: Cantidad de agua aplicada en m³ y cálculos de costes a partir de precio/m³ (Según costo de CONAGUA y SIMAS Rural).

1.-Riego por microaspersión para 60 m² de superficie de frijol

Tipo de riego	Litros aplicados	No de riegos	Cantidad de agua (lts) y m ³	Costo/m ³ CONAGUA	Costo total CONAGUA	Costo/m ³ SIMAS Rural	Costo Total SIMAS R.
Pre siembra	11 000	1	11 000 = 11	\$ 0.53 pesos	\$ 5.83	\$16.22	\$178.42
Riego de auxilio	1500	11	16 500 =16.5	\$ 0.53 pesos	\$ 8.745	\$16.22	\$ 267.63
Total		12	27500= 27.5		\$14,58 pesos		\$ 446.05

En la tabla número 8 se puede apreciar la cuantificación monetaria del riego por bombeo llevando el agua por inundación a la superficie del frijol; en esta se puede apreciar un costo cercano a los \$900.00 pesos.

Tabla No 8: Cantidad de agua aplicada en m³, y cálculos de costes a partir de precio/m³ (Según costo de CONAGUA y SIMAS Rural).

2.-Riego por inundación para 60 m² de superficie de frijol

Tipo de riego	Litros aplicados	No de riegos	Cantidad de agua (lts) y m ³	Costo/m ³ CONAGUA	Costo total CONAGUA	Costo/m ³ SIMAS Rural	Costo Total SIMAS R.
Pre siembra	11 000	1	11 000 = 11	0.53 pesos	\$ 5.83	\$16.22	\$178.42
Riego de auxilio	11 000	4	44 000 =44	0.53 pesos	\$ 23.32	\$ 16.22	\$713.68
Total		5	55 000=55		\$29.15 pesos		\$892.1

CONCLUSIONES

Relacionado con la variable de producción de grano seco; la técnica de la t de student en la comparación de medias nos dio una $T_c < T_o$; es decir los 2 sistemas de riego (Por Inundación y Por micro aspersión) generaron una producción similar de grano seco; no hubo diferencia estadística entre ellos. Y llevando esta reflexión a el uso de agua; el sistema de riego por inundación para la superficie del experimento fue de 55 m³ durante todo el proceso de producción; y para el sistema de riego por micro aspersión fue de 27.5 m³ es decir; un ahorro de agua en todo el ciclo a favor de la micro aspersión por encima del 50%. Y finalmente relacionado con los costos más reales que son los del SIMAS-Rural que cobra a \$16.22 pesos/m³ el uso de agua (tomado en cuenta que el CIBA-UAAAN UL está ya dentro de esa referencia geográfica); los costos para el sistema de riego por inundación fueron del orden de los casi \$900.00 pesos, y para el sistema de riego por micro aspersión ascendieron en un orden de \$ 446 pesos; es decir un ahorro del 50% en términos económicos a favor del sistema de riego presurizado.

REFERENCIAS

Aguilar-Zavaleta; S. (2020). Diseño de una solución basada en el internet de las cosas(loT) empleando lorawar para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú. Tesis de licenciatura en telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Perú.

Bravo-Merchán; V.P. (2017). Evaluación de un sistema VBM384 para la aplicación técnica de internet de las cosas IoT, en el monitoreo automático de la humedad y la temperatura del suelo. Tesis de Magister. Repositorio Latinoamericano. Universidad de Cuenca. República de Ecuador.

Espinosa; A., Ponte; D., Gibeaux; S., y González; C. (2021). Estudio de sistemas IoT aplicados a la agricultura inteligente. Revista Plus Economía. Vol.9(1). Universidad Autónoma de Chiriquí. República de Panamá.

Grada-Ordoñez; L.E. (2021). Análisis y determinación de los precios sombra en el sector del transporte. Tesis de licenciatura en Contabilidad Superior. Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Azuay, Cuenca Ecuador.

Godínez-Montoya; A., García-Salazar; J.A., Fortis-Hernández; M., Mara-Flores; J.J., Martínez-Damian, Valdivia-Alcalá; R. y Hernández-Martínez J. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca lagunera. Revista Terra latinoamericana, volumen2(1). Chapingo Estado de México.

Haynes; R.S. y Swift; D. (1987). Efectos de la fertirrigación por goteo en 3 formas de nitrógeno sobre el pH del suelo, los niveles de nutrientes extraíbles por debajo del emisor y el crecimiento de las plantas. Revista Planta y Suelo, Vol. 2 (2). Pag:211 – 221.

Hernández-Ramírez; L.F., Arce-Valdez; J.L., Martínez-Rivera; J.A. (2020). Desarrollo de sistemas mecatrónicas enfocados a tecnologías de agricultura de precisión, aplicables a cultivos de frijol: Una revisión. ELECTRO, Vol. 42. ISSN: 1405-2172. Chihuahua, Chihuahua México.

Khokhar, T. (2017). Chart: Globally, 70% of Freshwater is Used for Agriculture. Recuperado el 9 de febrero de 2019, de <https://blogs.worldbank.org/opendata/chartglobally-70-freshwater-used-agriculture>

Mata-Vigil; I.I. (2021). Evaluación de 3 láminas de riego en suelos de diferentes texturas en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de licenciatura de la Escuela Agrícola Panamericana; El Zamorano. Dpto. de Ciencias Agropecuarias. Honduras

Mora-Magallanes; H.V. y Rosas-Peri; J.L. (2019). Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en tecnología IoT: Caso de estudio del cultivo del frijol. Tesis profesional de Ingeniería electrónica. Facultad de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Murillo-Trujillo; J., Perales-Salazar; A. (2009). Precio sombra y coste real del agua para riego en Acámbaro Guanajuato. Revista Tecnología y Ciencia del agua. Volumen 13(1). Universidad Autónoma Chapingo. ISSN: 2007-2422.

Ramírez-Barraza; B.A., González-Estrada; A., Valdivia-Alcalá, R., Salas-González; J.M. y García-Salazar; J.A. (2019). Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en La Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen 10(3). Texcoco, Estado de México.

Sabri; F.N., Hanif; N.H.H.M., Janin; Z. (2018). Precision Crop Management for Indoor Farming. IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA).

Ugalde-Acosta; F.J., Tosquy-Valle; O.H., López-Salinas; E. y Francisco, N. (2011). Productividad y rentabilidad del cultivo del frijol con fertirrigación en Veracruz México. Revista Agronomía Mesoamericana, 22(1); 29-36. San Pedro. Costa Rica.

Zabalza-Martí A. (1972). El concepto del precio de sombra. Centro de estudios económicos y sociales (CSIC). Departamento de Teoría Económica de la Universidad de Barcelona. Barcelona España.

CAPÍTULO 2

DIROFILARIOSE EM CÃES ATENDIDOS NO HOSPITAL VETERINÁRIO DA UEMA: PREVALÊNCIA DE ANIMAIS INFECTADOS E NÍVEL DE CONHECIMENTO DOS TUTORES SOBRE A DOENÇA

Fecha de envío: 07/05/2024

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Daniel Wellington Brito de Souza

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1178639510436480>

Lenka de Moraes Lacerda

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/4499976656869163>

Carla Janaína Rebouças Marques do Rosário

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/8929786232927576>

Juliana Lacerda Melo

Universidade CEUMA
São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1239652229984271>

Maria Inez Fernandes Carneiro

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/2056601128146408>

Adonias Primeiro Rocha Dias

Universidade Estadual do Maranhão
São Luís – Maranhão

RESUMO: A dirofilariose é uma infecção parasitária cosmopolita, com potencial zoonótico, causada pelo nematódeo *Dirofilaria immitis*, transmitido por uma grande variedade de espécies de mosquitos. Possui como hospedeiro definitivo o cão, que, quando infectados pode exibir alterações pulmonares graves, que podem causar sintomatologia aguda e morte. A cidade de São Luís, Estado do Maranhão, possui características climáticas que fornecem condições ideais para o ciclo de vida dos insetos vetores da dirofilariose, o que favorece o aumento do número de animais infectados. Avaliou-se a percepção dos tutores de cães atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Maranhão HVU- UEMA sobre a dirofilariose através da aplicação de questionários junto aos tutores de cães, envolvendo aspectos socioeconômicos, manejo de cães domiciliados e conhecimento sobre a dirofilariose e determinou-se a prevalência de animais acometidos por essa enfermidade a partir da análise do banco de dados do HVU. O estudo revelou que a maioria dos tutores entrevistados pratica a guarda responsável de cães, no entanto, notou-se resultados insatisfatórios em algumas variáveis, como castração

e acompanhamento veterinário, também afirmaram não conhecer a dirofilariose, seus sintomas e sua capacidade zoonótica. Apesar de não ser constatada uma endemicidade da dirofilariose no HVU-UEMA, a enfermidade foi diagnosticada em alguns animais. Assim, as informações obtidas apontam para a necessidade de trabalhos de educação em saúde desenvolvidos para os tutores de cães sobre a dirofilariose, com foco em prevenção, para evitar a emergência de um problema de saúde pública futuramente.

PALAVRAS-CHAVE: posse responsável. canídeos. zoonose.

ABSTRACT: Heartworm disease is a cosmopolitan parasitic infection, with zoonotic potential, caused by the nematode *Dirofilaria immitis*, transmitted by a wide variety of mosquito species. Its definitive host is the dog, which, when infected, can exhibit severe lung changes, which can cause acute symptoms and death. The city of São Luís, State of Maranhão, has climatic characteristics that provide ideal conditions for the life cycle of insect vectors of heartworm disease, which favors an increase in the number of infected animals. The perception of dog owners treated at the Veterinary Hospital of the State University of Maranhão HVU-UEMA about heartworm disease was evaluated through the application of questionnaires to dog owners, involving socioeconomic aspects, management of domiciled dogs and knowledge about heartworm disease and determined The prevalence of animals affected by this disease was determined based on the analysis of the HVU database. The study revealed that the majority of owners interviewed practice responsible dog ownership, however, unsatisfactory results were noted in some variables, such as castration and veterinary monitoring, and they also stated that they did not know about heartworm disease, its symptoms and its zoonotic capacity. Although heartworm endemicity was not found in HVU-UEMA, the disease was diagnosed in some animals. Thus, the information obtained points to the need for health education work developed for dog owners about heartworm disease, with a focus on prevention, to avoid the emergence of a public health problem in the future.

KEYWORDS: responsible ownership. canidea. zoonosis.

INTRODUÇÃO

A dirofilariose, também chamada “doença do verme do coração”, é uma enfermidade zoonótica, frequentemente diagnosticada em regiões de clima tropical e subtropical, causada por nematódeos do gênero *Dirofilaria* (SILVA; LANGONI, 2009). A principal espécie, *Dirofilaria immitis*, tem como hospedeiro definitivo o cão, porém o ser humano pode albergar esse verme, atuando como hospedeiro acidental (LARSSON, 2020).

Sua ocorrência está intimamente ligada à presença de mosquitos vetores (*Aedes* spp., *Anopheles* spp., *Culex* spp.), condições climáticas favoráveis, assim como trânsito entre regiões endêmicas e epidêmicas e expansão das cidades, os quais elevam o potencial da infecção por *Dirofilaria immitis* (AHS, 2014).

Desta maneira, o presente trabalho visou realizar uma avaliação epidemiológica da dirofilariose em cães com suspeita clínica da doença, atendidos no Hospital Veterinário da UEMA - HVU, e conhecer o grau de informação dos tutores ludovicenses sobre essa zoonose.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no período no Hospital Veterinário Universitário Francisco Edilberto Uchoa Lopes da Universidade Estadual do Maranhão (HVU/UEMA), situado na cidade de São Luís, posicionada na região litorânea do estado do Maranhão.

Para a aquisição de dados sobre perfil socioeconômico dos tutores, manejo de cães domiciliados e conhecimento sobre a dirofilariose foram entrevistados um total de 100 tutores de cães no HVU. A determinação da prevalência de animais acometidos por dirofilariose foi realizada a partir da análise do banco de dados de cães atendidos no HVU ao longo do ano de 2022. Nesses arquivos, foram coletados os resultados dos testes diagnósticos, efetuados através do método imunocromatográfico ou esfregaços sanguíneos, e variáveis referentes aos animais avaliados (sexo, *status* vacinal, uso de vermífugos, faixa etária, ambiente que vivem).

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa (CEP) da Plataforma Brasil com cadastro de número 70199823.9.0000.5554.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi analisado um total de 6.883 prontuários de canídeos consultados no HVU-UEMA ao longo do ano de 2022. Do total de prontuários avaliados, apenas em 37 prontuários constavam animais diagnosticados com dirofilariose, representando 0,54% do montante de canídeos domésticos.

Resultados superiores foram observados por FILHO (2018), em que foi observada a presença de microfilárias em 23,47% (100/426) das amostras sanguíneas coletadas de cães no litoral alagoano, uma área endêmica para a dirofilariose. Ao analisar os resultados obtidos e compará-lo com o trabalho citado, é evidente a baixa prevalência de animais microfilarêmicos atendidos no HVU em 2022, podendo-se supor que a dirofilariose não é uma enfermidade endêmica em São Luís do Maranhão.

Uma hipótese formulada para o baixo número de cães diagnosticados com a dirofilariose é o uso excessivo de antimicrobianos para o combate da bactéria *Ehrlichia canis*, causadora de Erliquiose Canina (MACHADO, 2005). As tetraciclina, fármacos de eleição para o tratamento dessa infecção, são letais para larvas de dirofilariose de terceiro e quarto estágio, prejudicando o desenvolvimento do verme até o estágio adulto, além de suprimir gradualmente a microfilaremia em cães com vermes adultos (GREENE, 2015; AHS, 2014). Assim, ao usar essa classe de antibióticos para o tratamento da erliquiose, pode haver um controle cruzado da dirofilariose.

Do total de entrevistados, a maioria dos tutores (75%), era do sexo feminino, com ensino médio completo (88%) dos entrevistados, e com relação à renda familiar, apenas 26% dos entrevistados recebiam até um salário-mínimo.

Estudios comprovam que o nível de informação em geral de um indivíduo está atrelado ao seu nível educacional, o qual determina o acesso aos recursos sociais e, por consequência, aos cuidados com a saúde (SANCHEZ; CICONELLI, 2012). Além disso, o acesso à educação favorece a aquisição de condições para proporcionar uma melhor qualidade de vida para os seres humanos e seus animais de estimação, o que inclui maiores cuidados com a saúde (BAPTISTA *et al.*, 2008). Esses fatos explicam o porquê da maioria dos tutores entrevistados, que foram em busca de tratamento médico veterinário para seus *pets*, tinha um ótimo nível educacional e financeiro.

Verificou-se que 75% dos tutores residem em casa com quintal, porém residir em ambientes fechados pode estar vinculado à redução dos casos de infecções por dirofilariose, presumivelmente porque esse aspecto interfere na capacidade dos hospedeiros intermediários da dirofilariose de localizar os canídeos e realizar o repasto sanguíneo (LABARTHE *et al.*, 2014). Os cães que ficam principalmente ao ar livre estão mais expostos aos mosquitos vetores, o que favorece uma maior ocorrência de casos para animais nessas condições (TRANCOSO, 2017).

Depois da casa, o segundo maior percentual de animais infectados por *D. immitis* (29,73%) residia em sítios. Isso se deve ao fato de que os cães habitantes de zonas rurais apresentam um maior risco de contrair a infecção devido à maior exposição dos vetores biológicos, já que a presença de mata favorece uma maior variedade de artrópodes (TZIPORY *et al.*, 2010, VIDAL, 2014).

No presente estudo, 61% dos tutores entrevistados tinha ao menos um cão macho, já em relação a fêmeas essa porcentagem foi maior (69%). Estudos sobre a doença identificaram que os machos apresentam uma predisposição maior de acometimento da doença quando comparado a fêmeas, em uma proporção de 3-4:1 (LARSSON, 2020; ALMEIDA, 2001, WANG *et al.*, 2016).

Apesar do que se sugere na literatura, através da análise dos prontuários médicos veterinários do HVU, verificou-se que a variável “sexo” não apresentou diferença entre os dois atributos de avaliação, com as fêmeas (56,76%) apresentando um percentual levemente superior ao dos machos (43,24%).

Entre os cães com diagnóstico de dirofilariose, houve predominância de parasitismo na faixa etária entre 1 a 4 anos (43,24%), seguido pela faixa etária de 5 a 7 anos (24,32%). Segundo Larsson (2020), animais de qualquer idade podem ser parasitados por *D. immitis*, no entanto os adultos jovens, com idade entre 3 a 5 anos tendem a ser mais acometidos, como observado no presente estudo.

Um aspecto relevante no contexto de bem-estar animal e guarda responsável é a castração de cães. Verificou-se nesta pesquisa que apenas 38% dos tutores possuíam animais castrados. Destes, 84% possuíam somente um animal esterilizado; 7,89% apenas dois cães; e 7,89%, três ou mais. Já em relação aos cães diagnosticados com dirofilariose em 2022, no HVU-UEMA, o percentual de animais castrado foi ainda inferior, com 8,11% dos animais esterilizados.

A ausência de um controle reprodutivo efetivo, como a castração, favorece o aumento do índice de abandono de animais, especialmente de crias indesejadas, o que eleva a população de animais errantes (CATAPAN *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2013). Estudos sugerem que os cães em situação de rua podem oferecer maior risco de infecção por *D. immitis*, em virtude da maior chance de serem mordidos por mosquitos (HOU *et al.*, 2011).

Ao serem questionados sobre a variável “acesso a rua”, 88% dos tutores afirmaram que seus cães não têm acesso à rua desacompanhados. Além disso, 66% afirmam passear junto com seus animais regularmente; com a maioria (36,36%) levando seus *pets* às ruas ao menos uma vez na semana, 15,15% mais de uma vez ao dia, 39,39% uma vez por semana e 9,09% uma vez por mês.

A prática do passeio é importante para a manutenção da qualidade de vida dos animais domésticos. No entanto, cães mantidos ao ar livre apresentaram uma probabilidade de contrair a dirofilariose significativamente maior do que os animais domiciliados, devido ao ambiente aberto fornecer condições melhores para o desenvolvimento do hospedeiro intermediário, e favorecer o contato com o vetor, aumentando suas chances de infecção (HOU *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2014).

Quando abordados sobre o acompanhamento com médico veterinário, apenas 34% dos respondentes afirmaram levar seus animais de estimação às clínicas veterinárias regularmente.

Os anti-helmínticos foram utilizados em cães por 78,65% dos tutores. Desse total, 29,21% dos respondentes fornecem vermífugos aos seus *pets* a cada 3 meses, 31,46% a cada 6 meses, 17,98% uma vez ao ano e 21,35% não sabem a frequência de uso.

Atualmente, os preventivos de dirofilariose aprovados são vermífugos pertencentes à classe das lactonas macrocíclicas (AHS, 2014). Quando usado esses fármacos, a chance de contaminação por *D. immitis* é reduzida.

No presente trabalho, não se questionou acerca da classe farmacológica dos anti-helmínticos profiláticos usados pelos entrevistados, porém, caso usem lactonas macrocíclicas, as chances de obter um diagnóstico positivo para dirofilariose são menores.

Entre os cães com diagnóstico de dirofilariose no HVU-UEMA durante todo o ano de 2022, 59,46% estava com a vermifugação em dia, 32,43% estava atrasada e 8,11% não tinha informação sobre essa variável.

Quando abordados sobre a vacinação, 66% dos entrevistados afirmaram vacinar seus animais regularmente. Desse total, 68,18% dos respondentes afirmaram que o uso da vacina antirrábica está em dia, enquanto 51,52% possuem animais vacinados contra as doenças infectocontagiosas, 6,06% utilizam outras vacinas e 27,27% não sabem sobre o *status* vacinal de seu animal. Já em relação aos animais com diagnóstico de dirofilariose, o percentual de animais que fazem uso desse método profilático foi menor, com apenas 51,35% dos animais com a vacinação regular, sendo a vacina antirrábica a mais citada nos prontuários médicos.

Na população estudada, 86% dos tutores de cães reconhecem que algumas doenças podem ser transmitidas entre os animais e os humanos. Verificou-se que há maior influência da escolaridade na percepção sobre zoonoses, no qual 93,5% dos tutores com nível médio ou superior reconhece que os animais podiam transmitir doenças aos seres humanos. Pode-se supor que o alto percentual de indivíduos possuindo ensino médio completo (88%) neste trabalho tenha influenciado no conhecimento dos respondentes sobre zoonoses (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Tratando-se da dirofilariose, 90% dos respondentes afirmaram não conhecer a doença, e 100% desconhecem os sintomas dessa parasitose. Além disso, 84% dos tutores de cães não sabiam se a dirofilariose se enquadrava no grupo de doenças que são transmitidas entre seres humanos e animais, apenas 6% afirmaram que a dirofilariose é uma zoonose. Pode-se supor que o desconhecimento acerca da dirofilariose por parte dos tutores atendidos no HVU-UEMA possa estar relacionado baixa incidência da doença no local de estudo, com apenas 0,54% dos cães atendidos com diagnóstico da doença no ano de 2022.

A presença de mosquitos em um local pode induzir o aumento da disseminação da dirofilariose. No entanto, 60% dos tutores alegaram não existir focos de mosquitos em suas residências. Como consequência disso, 58% dos tutores não se utilizam de medidas para repelir mosquitos. Acredita-se que medidas sanitárias desenvolvidas pela prefeitura de São Luís – MA, possam ter influenciado na ausência de focos de mosquitos na residência da maioria dos entrevistados. Como consequência, não apenas o *Aedes aegypti* é afetado, mas também outros culicídeos que possam atuar como vetores da *D. immitis*.

CONCLUSÃO

A prevalência de *D. immitis* em cães atendidos no Hospital veterinário da UEMA, da cidade de São Luís, Maranhão é considerada baixa. No entanto, apesar do reduzido percentual de animais microfilarêmicos encontrados neste estudo, a dirofilariose se faz presente na região e o conhecimento sobre essa parasitose se mostrou ínfimo entre os tutores de cães entrevistado no HVU-UEMA. Como consequência disso, a transmissão da infecção para cães e seres humanos pode tornar-se facilitada, o que pode favorecer uma emergência de um problema de Saúde Pública futuramente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. F. et al. **Grau de informação de proprietários de cães e gatos sobre guarda responsável.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico **Conhecer**, Goiânia - GO, v.9, n.16; p.1222-1229, 2013.

ALMEIDA, M. A. O. et al. **Parasitismo de cães por microfírias de *Dirofilaria immitis*: influência da raça, sexo e idade.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.2, n.3, p. 59–64, 2001.

AMERICAN HEARTWORM SOCIETY. **Orientações atuais para Prevenção, Diagnóstico e Controle da Dirofilariose (*Dirofilaria immitis*) em cães**, 2014. Disponível em <https://d3ft8sckhnqm2.cloudfront.net/images/documents/2014_AHS_Canine_Guidelines.Portuguese.Pesquis%C3%A1vel.pdf?1457714957>. Acesso em: 5 de abril de 2023.

BAPTISTA, F. et al. **Análise da associação da escolaridade com renda e com cuidados de saúde ectoparasitismo em cães na cidade de Araguaína, Tocantins**. The Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 45, suplemento, p. 82-87, 2008.

CATAPAN, D. C. et al. **Percepção e atitudes do ser humano sobre guarda responsável, zoonoses, controle populacional e cães em vias públicas**. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, v. 22, n. 2, p. 92-98, 2015.

FILHO, W. F. B. L. **Prevalência de *Dirofilaria immitis* em cães provenientes do litoral de Alagoas**. 26 f. 2018. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) - Unidade Educacional Viçosa, Universidade Federal de Alagoas, Viçosa - AL, 2018.

GREENE, C. **Doenças infecciosas em cães e gatos**. 4. ed. 2836 f. Rio de Janeiro: Roca, 2015.

HOU, H. et al. **Prevalence of *Dirofilaria immitis* infection in dogs from Dandong, China**. Veterinary Parasitology, v. 183, p. 189– 193, 2011.

LABARTHE N. et al. **Updated canine infection rates for *Dirofilaria immitis* in areas of Brazil previously identified as having a high incidence of heartworm-infected dogs**. Parasites & Vectors, v.7, n. 493, p. 1-8, 2014

MACHADO, E. S. **Aspectos epidemiológicos de dirofilariose canina e humana, no município de Florianópolis - SC, Brasil. Perfil de uma zoonose**. 64 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2005.

OLIVEIRA, A. L. et al. **Conhecimento de responsáveis por cães e gatos sobre zoonose e guarda responsável no hospital veterinário do campus Jataí da Universidade Federal de Goiás**. In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão – CONPEEX, p. 12387-12391., 2013.

SANCHEZ, R. M.; CICONELLI, R. M. **Conceitos de acesso à saúde**. Revista Panam Salud Publica, v.31, n.3, p.1-9, 2012.

SILVA, D. B. DA. **Investigação epidemiológica de *Dirofilaria immitis* em cães residentes na cidade de tubarão, Santa Catarina, e fatores de risco associados à infecção**. 57 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, Tubarão - SC, 2021.

SILVA, R. C.; LANGONI, H. **Dirofilariose. Zoonose emergente negligenciada**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1614-1623, 2009.

SONG, K. H. et al. **Seroprevalence of canine dirofilariosis in South Korea**. Veterinary Parasitology, v. 114, p.231-236, 2003.

TRANCOSO, T. A. L. **Comparação de técnicas para o diagnóstico de filarioses caninas**. 2017, 82f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) - Pós-Graduação em Microbiologia e Parasitologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

TZIPORY, N. P.; CRAWFORD C.; LEVY J. K. **Prevalence of *Dirofilaria immitis*, Ehrlichia canis, and Borrelia burgdorferi in pet dogs, racing greyhounds, and shelter dogs in Florida.** *Veterinary Parasitology*, v. 171, n.1, p.136-139, 2010.

VIDAL, I. F. **Dirofilariose canina no litoral da Paraíba.** 84f. 2014. Tese (Doutorado em Medicina veterinária) – Centro De Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2014.

WANG, S. et al. Prevalence of *Dirofilaria immitis* infection in dogs in Henan province, central China. **Parasite**, v. 23, n. 43, p. 20–22, 2016.

EFECTO DE LA FLUIDINÁMICA DEL PROCESO SOBRE LA CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS EN LA PRODUCCIÓN PÉPTIDOS BIOACTIVOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Leidy J. Gómez-Sampedro

Grupo GIEPRONAL, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia

Yhoan S. Gaviria Gaviria

Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia

José E. Zapata Montoya

Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia

del escalado sobre la producción de dichos péptidos. Se utilizan como sustratos modelo las proteínas de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) para el estudio del efecto de Cg y Va, y la proteína de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el estudio de efecto del escalado. En ambos casos la enzima utilizada es Alcalasa 2,4L. El efecto de Cg y Va se estableció utilizando un diseño experimental central compuesto. Se determinó que la grasa actúa como inhibidor de la Alcalasa 2,4L en la hidrólisis enzimática de la proteína utilizada como modelo. A partir de esto, se plantearon experimentos para establecer el mecanismo por medio del cual se ejerce dicha inhibición. Por otro lado, quedó establecido que la velocidad de agitación también puede afectar la reacción hidrolítica, por lo que se plantearon ensayos para determinar la naturaleza de dicho efecto sobre la actividad de la enzima. Se aplicó la metodología de análisis dimensional para definir las variables fluidodinámicas relevantes en el proceso de escalado desde 0,5L (modelo) hasta 7,5 L (prototipo). Se obtuvieron 4 números adimensionales que permiten llevar el proceso desde el modelo hasta el prototipo sin diferencias significativas en las variables de salida.

PALABRAS CLAVE: hidrólisis enzimática, vísceras, *Oreochromis sp.*, alcalasa 2,4l, inhibición enzimática.

RESUMEN: Las reacciones químicas y bioquímica dependen en gran medida de las condiciones del medio fluido en el que se desarrollan. El caso de reacciones enzimáticas no es la excepción. Por tal razón en el presente capítulo se presentan resultados del estudio del efecto de la concentración de grasa (Cg) y la velocidad de agitación (Va), sobre el grado de hidrólisis (GH), en la reacción de hidrólisis enzimática de proteínas que han sido reportadas como fuente de péptidos bioactivos. Además, se evalúa el efecto

EFFECT OF PROCESS FLUID DYNAMICS ON THE KINETICS OF ENZYMATIC HYDROLISIS OF PROTEINS IN THE PRODUCTION OF BIOACTIVE PEPTIDES FROM AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES

ABSTRACT: Chemical and biochemical reactions largely depend on the conditions of the fluid medium in which they occur. Enzymatic reactions are no exception. For this reason, this chapter presents the results of the study on the effect of fat concentration (C_g) and stirring speed (V_a) on the degree of hydrolysis (GH) in the enzymatic hydrolysis reaction of proteins that have been reported as a source of bioactive peptides. Additionally, the effect of scaling on the production of these peptides is evaluated. Proteins from red tilapia viscera (*Oreochromis* sp.) are used as model substrates to study the effect of C_g and V_a , and red Californian earthworm protein (*Eisenia foetida*) is used to study the scaling effect. In both cases, the enzyme used is Alcalase 2.4L. The effect of C_g and V_a was established using a central composite experimental design. It was determined that fat acts as an inhibitor of Alcalase 2.4L in the enzymatic hydrolysis of the protein used as a model. Based on this, experiments were designed to establish the mechanism by which this inhibition occurs. On the other hand, it was established that stirring speed can also affect the hydrolytic reaction, so tests were designed to determine the nature of this effect on enzyme activity. Dimensional analysis methodology was applied to define the relevant fluid dynamic variables in the scaling process from 0.5 L (model) to 7.5 L (prototype). Four dimensionless numbers were obtained, allowing the process to be scaled from model to prototype without significant differences in the output variables.

KEYWORDS: enzymatic hydrolysis, vísceras, *Oreochromis* sp., alcalase 2,4l, enzyme inhibition.

INTRODUCCIÓN

La hidrólisis enzimática de proteínas es una técnica biotecnológica que ha cobrado gran importancia, dado que constituye una estrategia efectiva para la obtención de hidrolizados y péptidos con propiedades tecno-funcionales y biológicas (Kafle et al., 2024). Una reacción de hidrólisis proteica implica la ruptura de un enlace peptídico por acción del agua y catálisis enzimática o química. En el caso de aplicación en residuos agroindustriales, esta es una reacción multi sustrato, donde una proteína es descompuesta en un número de oligómeros, los cuales son sustrato para el subsecuente proceso de hidrólisis; conllevando a cambios en las características moleculares de las proteínas y en sus propiedades (Benítez et al., 2008b; Trusek-Holownia et al., 2016). Debido al proceso de hidrólisis, las propiedades moleculares de las proteínas cambian, produciéndose disminución del peso molecular, aumento de la carga y liberación de grupos hidrofóbicos, entre otros (Habinshtut et al., 2023). Los péptidos bioactivos están encriptados en la proteína precursora, y es necesaria una proteólisis para liberarlos, después de lo cual pueden desarrollar una o varias actividades biológicas (Gianfranceschi et al., 2018). La hidrólisis química, que incluye la hidrólisis alcalina o ácida, tiende a ser difícil de controlar y conlleva a modificaciones en los aminoácidos; así las condiciones convencionales de la hidrólisis ácida puede destruir

el Trp y la hidrólisis alcalina puede reducir químicamente el contenido de Cys, Arg, Thr, Ser y/o Lys, y formar residuos de aminoácidos inusuales como lisinoalanina o lantionina (Halim et al., 2016). A diferencia de la hidrólisis química, la hidrólisis enzimática permite obtener hidrolizados con péptidos específicos y preservados (Habinshuti et al., 2023). Los hidrolizados obtenidos pueden ser fraccionados y purificados con la matriz apropiada de acuerdo con las características estructurales de interés, resultando en péptidos específicos con actividades particulares (Gianfranceschi et al., 2018).

La obtención de péptidos bioactivos sobresale como una estrategia altamente útil en la industria alimentaria, dada la creciente demanda de alimentos funcionales en el mercado. Los péptidos bioactivos son definidos como secuencias pequeñas de entre 2 y 20 residuos de aminoácidos, derivados de proteínas alimentarias, que muestran grandes beneficios para controlar enfermedades y promover la salud humana (Tu et al., 2018). Adicionalmente, por provenir de proteínas alimentarias, son considerados compuestos seguros y saludables, de bajo costo, alta actividad y fácil absorción, que incluso presentan propiedades tecnofuncionales además de la actividad biológica que poseen (Singh & Gaur, 2024). La especificidad de la actividad de los péptidos puede cubrir un alto grado de biodiversidad, dado que depende de un conjunto de características estructurales, como composición de aminoácidos, tipo de aminoácido en el C- y N-terminal, largo y peso de la cadena, propiedades hidrofóbicas, carácter de carga de los aminoácidos y estructura espacial; características que dependen en gran medida de la enzima utilizada y el grado de hidrólisis alcanzado en el proceso (Gianfranceschi et al., 2018). Los péptidos bioactivos se han investigado ampliamente en los últimos años, dado el considerable interés en el desarrollo de compuestos naturales que reemplacen los compuestos sintéticos usados hasta ahora, en este sentido, muchas investigaciones han reportado que, hidrolizados de proteína de diferentes fuentes de origen animal y vegetal, adicional a sus propiedades nutricionales, exhiben varias funciones biológicas, incluyendo antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, citoprotectora, antihipertensiva, quelantes de metales, anticoagulante, hipoglucémico, entre otros (Gianfranceschi et al., 2018; Gómez et al., 2020; Singh & Gaur, 2024).

Las condiciones de operación que más han sido estudiadas en la hidrólisis enzimática de proteínas son el pH y la temperatura (Lassé et al., 2015; Ovissipour et al., 2009; Seo et al., 2015), específicamente estas dos variables han sido estudiadas en la hidrólisis de proteínas de vísceras de tilapia roja (Zapata Montoya et al., 2018) y de lombriz roja californiana (Gaviria & Zapata, 2023). Sin embargo factores como el efecto de la agitación y la presencia de sustancias inhibitoras en la muestra, así como los efectos del escalado sobre las actividades biológicas de los hidrolizados obtenidos, han sido poco estudiados. El efecto de la agitación mecánica sobre la estabilidad de las enzimas, han sido estudiadas previamente (Caussette et al., 1997a; Charm & Wong, 1981; Colombié et al., 2001a); sin embargo, no existen reportes sobre los cambios generados en las enzimas por

efecto de la agitación mecánica en procesos de hidrólisis de proteínas. Tampoco se tienen reportes sobre la posible inhibición de la enzima asociada con el contenido de grasa que puedan tener algunos residuos alimentarios, como es el caso de vísceras de pescado. En el presente capítulo se presentan resultados del estudio del efecto de la concentración de grasa (Cg) y la velocidad de agitación (Va), sobre el grado de hidrólisis (GH), en la reacción de hidrólisis enzimática de proteínas de fuentes agroalimentarias que han sido reportadas como fuente de péptidos bioactivos como es el caso de las proteínas de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Además, se evalúa el efecto del escalado sobre la reacción de hidrólisis para la producción de dichos péptidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo de materiales

Para evaluar el efecto de la fluidinámica sobre la cinética de hidrólisis enzimática de proteínas, se utilizaron dos sustratos diferentes: vísceras de tilapia roja (VTR) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (LRC). Las VTR se obtuvieron en cadena de frío de la Piscícola el Gaitero (Antioquia), tomando muestras de lotes de producción diferentes. Dichas vísceras fueron homogenizadas, calentadas a 90 °C por 20 minutos para inactivar las enzimas endógenas y separar la grasa. Luego se almacenaron a -20 °C hasta el momento de la hidrólisis. En cuanto a LRC, los animales fueron separados manualmente del sustrato de cría, se lavaron con agua para remover los residuos de sustrato, se purgaron por 4 h, por inmersión en una solución de bicarbonato de sodio; posteriormente fueron enjugadas con agua para remover los restos de bicarbonato. Posteriormente, fueron sacrificadas por inmersión en solución de cloruro de sodio al 7%, por 30 min. Finalmente, la pasta obtenida se lavó con agua y se almacenó hasta el proceso de hidrólisis. En todos los ensayos se utilizó la enzima Alcalasa 2,4 L grado alimenticio (Novo Nordisk Co., Dinamarca).

Análisis proximal

El contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas de las VTR, fueron analizados de acuerdo a los métodos de la AOAC (AOAC, 2005).

Hidrólisis Enzimática de VTR

Las hidrólisis se realizaron en un reactor de vidrio con 500 mL de solución de trabajo, con una concentración de sustrato de 4 g de proteína/L, una relación E/S de 10% (p/p), un pH de 9,5 y una temperatura de 53°C, basándose en resultados anteriores (Zapata Montoya et al., 2018). El control del pH y la temperatura se llevó a cabo con un electrodo combinado de vidrio, conectado a un Titrand 842 (Metrohm, Suiza) operado por un

ordenador con el software Tiamo 1.2.1. La velocidad de agitación del sistema de reacción (V_a) y la concentración de grasa en la solución (C_g) se variaron según lo especificado en el diseño experimental (Tabla 1). La reacción fue monitoreada durante 4 horas mediante el GH, expresado como la relación entre el número de enlaces peptídicos hidrolizados (h) y el número total de enlaces peptídicos en la proteína nativa por unidad de peso (h_t) (Adler-Nissen, 1985). El método empleado para determinar el GH fue el método del pH-estado, que consiste en mantener constante el pH del medio de reacción añadiendo una solución básica, ya que a medida que la hidrólisis avanza en un medio alcalino, el grupo carboxilo terminal se disocia completamente y los protones formados se distribuyen de acuerdo con el equilibrio de protonación de los grupos α -amino liberados. La base agregada para mantener constante el pH neutraliza únicamente los protones que son sustituidos por el catión de la base (Guadix et al., 2000). El cálculo del GH se realizó según la ecuación 1 (Adler-Nissen, 1985).

$$GH (\%) = \frac{B N_B}{M_p \alpha h_t} \times 100 \quad (1)$$

En el que B representa el volumen consumido de base en L, con una concentración de N_B , M_p es la masa de la proteína en kg y α es el grado de disociación de los grupos aminos liberados en la reacción. Se empleó un h_t de 8,6 Eqv/Kg que ha sido reportado para proteínas del pescado (Adler-Nissen, 1985) y un α de 0,99, calculado en función del pH y la temperatura de reacción, de acuerdo a las ecuaciones 2 y 3 respectivamente (Forghani et al., 2012).

$$\alpha = \frac{10^{pH-pK}}{(1+10^{pH-pK})} \quad (2)$$

$$pK = 7,8 + \frac{(298 - T)}{298 * T} * 2400 \quad (3)$$

Diseño experimental

Se diseñó un experimento de superficie de respuestas utilizando un modelo central compuesto de cara centrada. Los factores considerados fueron C_g entre 0,1% y 1,9% (p/v) y V_a entre 240 y 1200 rpm, tomando GH como variable de respuesta. Se realizaron 13 experimentos de acuerdo con este diseño, tal como se muestra en la Tabla 1. Para generar y analizar los datos del diseño, se utilizó el software Design-Expert® 8.0.5 (Stat-Ease, EE.UU.).

Va (rpm)	Cg (%)	GH (%)
1200	1,9	8,39
720	1,9	6,65
720	0,1	9,38
1200	0,8	9,18
720	0,8	9,62
240	1,9	4,71
720	0,8	10,15
720	0,8	9,67
240	0,1	6,65
720	0,8	10,17
720	0,8	8,50
240	0,8	5,48
1200	0,1	9,48

Tabla 1. Diseño experimental planteado y resultados de la hidrólisis enzimática de VTR

Además, se realizó la optimización del modelo polinomial obtenido para determinar las condiciones de Cg y Va que maximizan el GH en un periodo de 4 horas de reacción, utilizando la técnica de modelos de superficie de respuesta. La precisión del ajuste del modelo empírico se verificó mediante los resultados experimentales, llevando a cabo tres réplicas experimentales y comparando estos resultados con los predichos por el modelo polinomial ajustado.

Actividad enzimática

La actividad catalítica se determinó utilizando la metodología descrita por Cheung et al. (2012), usando caseína como sustrato. En este análisis, cada unidad catalítica se define como la producción de color equivalente a 1 μmol de tirosina por minuto a pH 7,5 y 37°C. Para ello, se incubaron por 10 minutos a 37°C, 100 μL de la enzima con 500 μL de una solución de caseína (0,65 %). La reacción se detuvo añadiendo 500 μL de una solución de ácido tricloroacético (110 mM) y la mezcla se centrifugó. Se tomaron 200 μL del sobrenadante y se mezclaron con 500 μL de Na_2CO_3 0,5 M y 100 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Esta última solución se incubó a 37°C durante 30 minutos y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 660 nm. Se utilizó una curva estándar de tirosina en un rango de 0-200 mg/L como referencia.

Efecto de la agitación sobre la actividad de la Alcalasa 2,4L

Para evaluar si se genera algún daño en la Alcalasa 2,4 L, que cause su inactivación debido al efecto mecánico de la velocidad de agitación, se prepararon 500 mL de la enzima sin sustrato, diluida a una concentración de 0,017 g/mL, con un pH de 9,5 y a 53°C. La solución se sometió a agitación constante a 480, 960 y 1440 rpm durante 4 horas, tomando muestras cada 40 minutos para medir la actividad catalítica residual según la metodología descrita anteriormente. Además, para determinar si la agitación afecta la interacción de la enzima con el sustrato, se llevaron a cabo ensayos de actividad catalítica de la Alcalasa 2,4 L en un reactor de vidrio de 500 mL, usando velocidades de agitación entre 0 y 1440 rpm durante los 10 minutos de incubación de la enzima con la caseína.

Determinación del patrón de inhibición de la grasa sobre la Alcalasa 2,4L

El tipo de inhibición que la grasa presente en las vísceras ejerce sobre la Alcalasa 2,4 L se investigó realizando procesos de hidrólisis de VTR con una temperatura de 53°C, pH de 9,5 y Va de 960 rpm; utilizando Cg de 0,1%, 1,9% y 5% (p/v). Para cada Cg, se emplearon diferentes concentraciones iniciales de sustrato (S), para calcular para cada una la velocidad inicial (Vo) de la reacción, medida como la pendiente de la parte lineal inicial del gráfico de concentración de producto (P) versus tiempo, donde P se calcula como el número de enlaces peptídicos rotos según la ecuación 4. Las cinéticas de la Alcalasa 2,4 L en presencia del inhibidor (grasa) se determinaron mediante el análisis de gráficos de Lineweaver-Burk.

$$P = \frac{B N_B}{\alpha} \quad (4)$$

Actividad antioxidante del hidrolizado

- Medición de TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)

Se realizó siguiendo el método descrito por (Re et al., 1999), en el cual 20 µL de la muestra o estándar Trolox, son mezclados con 180 µL de la solución ABTS* e incubados a 30 °C por 30 min. Después de esto se toman las medidas de absorbancia a 730 nm, en un equipo Varioskam Lux multiplier reader equipment (Thermo Fisher Scientific, USA). Como estándar para la curva de calibración se usó trolox en concentraciones entre 0 – 500 µM. Los resultados son expresados como micro moles de equivalentes Trolox por gramo de proteína hidrolizada(µmoLET/g).

- Medición de FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power)

Se llevó a cabo con la metodología descrita por Benzie & Straint, (1996), donde 175 μL del reactivo FRAP (con TPTZ, FeCl y buffer de acetato de sodio se mezclan con 25 μL de la muestra o estándar Trolox y se incuban a 37 °C por 30 min. Después de este tiempo se lee la absorbancia a 595 nm en un Varioskam Lux multiplier reader equipment (Thermo Fisher Scientific, USA). Como estándar para la curva de calibración se usó trolox en concentraciones entre 0 – 500 μM . Los resultados son expresados como micro moles de equivalentes Trolox por gramo de proteína hidrolizada($\mu\text{molET/g}$).

- Medición de ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

El ensayo ORAC se realizó según el método de Ou et al., (2001). Todas las soluciones de trabajo de AAPH (2,2'-Azobis-(2- amidinopropane), 2HCl, 2,2'-Azobis-(2-methylpropionamidine)), fluoresceína e hidrolizado de lombriz se diluyeron en tampón fosfato 75mM (pH 7,4) y la mezcla de reacción final fue de 200 mL. Las soluciones de hidrolizado (50 μL) y fluoresceína (50 μL ; 78 nmol/L de concentración final) se pusieron en la microplaca negra de 96 pozos. La mezcla se pre incubó durante 15 minutos a 37°C antes de añadir el AAPH (25 μL ; 40 mmol/L de concentración final). La fluorescencia fue registrada cada minuto durante 120 min. Las medidas de fluorescencia se realizaron a 37 C. Los filtros de excitación y emisión fueron de 485 y 520 nm, usando un Varioskam Lux multiplier reader equipment (Thermo Fisher Scientific, USA), respectivamente.

Escalado de la hidrolisis enzimática

Normalmente, el proceso de escalado se basa en el llamado “principio de similitud química, biológica y geométrica”, en el que las diferencias de propiedades entre los dos sistemas mantienen una proporción constante y la reacción se lleva a cabo en las mismas condiciones (Ruiz & Álvarez, 2011). En algunos casos, sólo se utiliza la similitud dinámica, pero en otros es necesario recurrir al análisis dimensional (Cacciuttolo & Arunakumari, 2005; Marko, 2006). La teoría en la que se basa este modelo afirma que “dos procesos pueden considerarse completamente similares si tienen similitud geométrica espacial y si cada uno de los números adimensionales necesarios para describirlos tiene el mismo valor numérico ($\pi_i = \text{idem}$).” Esto se debe a que el espacio Pi es invariante e independiente de la escala a la que se trabaje. “Cada uno de los puntos determinados por una relación Pi corresponderá a un número infinito de formas posibles de realizarse”. El proceso de escalado se realizó pasando de un reactor de 0.5L (modelo de laboratorio) a un reactor de 7.5L (prototipo escala de banco), presentando una relación de escalado de 1:15, como se observa en la Figura 1 (Gómez Grimaldos & Zapata, 2021). La hidrólisis enzimática en el escalado se realizó para ambas escalas bajo las condiciones óptimas definidas en el diseño experimental. Se parte de un modelo geométrico a pequeña escala con algunas

características similares al prototipo y de la comprensión de las propiedades físicas del fluido y del sistema, así como de las dimensiones de los sistemas de trabajo (Sofer, 2003). El análisis dimensional establece que un fenómeno físico puede formularse de forma dimensionalmente homogénea siguiendo los siguientes tres pasos:

1. Hacer una lista de las variables importantes, que incluyen los parámetros físicos de influencia en el sistema modelo, que son independientes entre sí y que deben ser considerados con respecto a la cantidad que se necesita producir.
2. Verificar la homogeneidad dimensional del contenido físico transfiriéndolo a una forma adimensional.
3. Determinar un conjunto de números adimensionales de Pi a partir de una matriz de transformación, procedimiento conocido como “teorema de Pi”, que determina que se necesitan al menos 2 números adimensionales para describir el sistema tecnológico mediante un cálculo matricial (Marko, 2006).

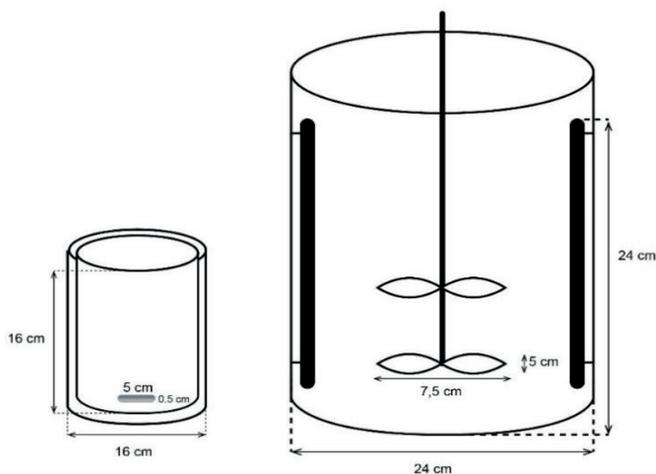


Figura 1. Dimensiones del reactor modelo de 0.5L (izquierda) y reactor prototipo de 7.5L (derecha)

Análisis estadístico

La adecuación del modelo experimental, la significancia estadística de los coeficientes de regresión y la interacción entre las distintas variables independientes fueron evaluadas mediante análisis de varianza (ANOVA). La significancia de los coeficientes estimados en el modelo se probó utilizando el estadístico F (valor-*P*) con un nivel de confianza del 95%. Adicionalmente, las diferencias de medias existentes entre los valores de actividad enzimática de la Alcalasa 2,4L a los diferentes niveles de agitación, y los valores de actividad biológica obtenidas entre el modelo y el prototipo en los ensayos de escalado, se evaluaron mediante la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD), usando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal de los sustratos en estudio

En la tabla 2 se muestra la composición química proximal de las vísceras enteras y desengrasadas, así como de la lombriz roja californiana, que fueron los sustratos usados como modelo en el presente capítulo. Otros autores han señalado resultados similares en cuanto a la composición proximal de vísceras enteras de otras especies (Bhaskar & Mahendrakar, 2008; Šližyte et al., 2005a), sin embargo de las vísceras desengrasadas no han sido suficientemente reportadas.

Composición g/100g	Vísceras enteras	Vísceras desengrasadas	Lombriz roja Californiana
Humedad	62,00	83,21	84,87
Lípidos	26,08	1,88	1,42
Proteína	8,48	10,04	7,86
Cenizas	1,19	1,71	2,82

Tabla 2. Composición proximal de las vísceras enteras y desengrasadas

Efecto de Cg y Va sobre el proceso de hidrólisis

En la tabla 1 se muestran las 13 corridas del diseño experimental y los valores de GH obtenido en cada corrida. El diseño experimental fue realizado para evaluar el efecto Va y Cg sobre el GH, en el proceso de hidrólisis de VTR con Alcalasa 2,4 L. Se puede ver que los valores obtenidos después de las 4 horas de reacción están en el rango de 4,9 y 10,6%, los cuales son comparables con los GH obtenidos en el mismo tiempo de reacción por (Abdelhedi et al., 2017) para vísceras de *Mustelus* con diferentes enzimas exógenas. Por otro lado, en la tabla 3 aparece el ANOVA del diseño experimental, el cual contiene la significancia estadística del modelo, de cada factor o interacción (valor-*P*), el R^2 , R^2 -Ajustado y la carencia de ajuste.

Fuente (X_i)	Valor- P
Modelo	0,0006
Va	0,0008
Cg	0,0203
Va ²	0,0032
Carencia de ajuste	0,2732
R^2	0,8437
R^2 Ajustado	0,7917

Tabla 3. Análisis de varianza (Valor- P) del diseño factorial

El ANOVA del diseño experimental presenta el valor P para el modelo y los factores, y fue verificado con los supuestos de normalidad, varianza constante e independencia. Los resultados muestran un modelo altamente significativo, donde Va es el factor con mayor influencia sobre la variable respuesta, presentando significancia tanto de su término lineal y cuadrático. Mientras que Cg tiene un efecto menor en su término lineal, con un valor P de 0,01. En el rango experimental de trabajo, el término cuadráticos de Cg y la interacción entre las dos variables, no presentan efectos significativos sobre la variable de respuesta con valores $p > 0,05$, por lo que no fueron tenidas en cuenta para la definición del modelo polinomial, por considerar que es poca su contribución a la explicación de la respuesta. Dicho modelo se presenta en la ecuación 5 en cual se describe el GH en función a Va y Cg.

$$GH = 3,528 + (1,811xVa) - (0,062xCg) - (0,115xVa^2) \quad (5)$$

La figura 2 presenta el comportamiento gráfico del GH en relación con los dos factores Va y Cg. De acuerdo con el modelo ajustado, se observa que Va tiene un impacto más significativo que Cg. Se puede ver que el efecto de Va en su término lineal es positivo sobre el GH, mientras que en su término cuadrático es negativo. Esto sugiere que bajas valores de Va favorecen la reacción, probablemente porque contribuye a mantener una mayor homogeneidad en la muestra. Sin embargo, cuando Va supera cierto umbral, comienza a tener un efecto negativo sobre el GH, lo que se refleja en un cambio en la pendiente del gráfico. Este fenómeno podría explicarse por un cambio conformacional de la Alcalasa 2,4L debido a la alta velocidad de agitación, lo que dificulta la interacción enzima-sustrato, o por un proceso de inactivación y agregación de la enzima. Algunos autores han informado sobre este último fenómeno, mostrando que parámetros hidrodinámicos como la agitación mecánica pueden provocar la inactivación enzimática al aumentar la velocidad de agitación (Caussette et al., 1997b; Colombié et al., 2001b; Glatz et al., n.d.). En relación a la Cg, la figura 2 muestra un efecto negativo sobre el GH de la reacción, sugiriendo que la grasa interfiere en la hidrólisis de proteínas. Este fenómeno ha sido poco estudiado, pero algunos investigadores lo atribuyen a la formación de complejos proteína-lípido, los cuales son más resistentes a la acción catalítica de las proteasas (Šližyte et al., 2005b).

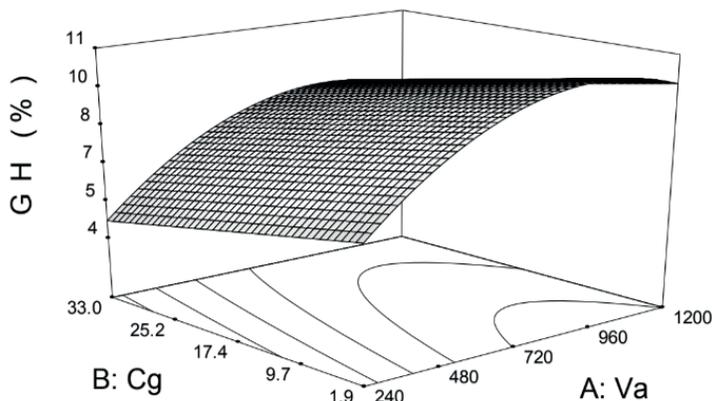


Figura 2. Gráfico de superficie de respuesta para el efecto de Va y Cg sobre el GH de la reacción.

La optimización del modelo de la ecuación 5 predijo los valores de Va y Cg que maximizan el GH. Para corroborar la validez del modelo, se realizaron ensayos experimentales en las condiciones óptimas y los resultados predichos y experimentales se muestran en la tabla 4. Encontrándose un error relativo del 4.9%, lo cual indica la capacidad del modelo para predecir el comportamiento del GH en función de Va y Cg.

Factor	Valor óptimo	Tiempo predicho	Tiempo experimental	Error relativo
Va (rpm)	982	10,00	9,51 ± 0,02	4,9 %
Cg (% p/p)	2,0			

Tabla 4. Máximos locales predichos y experimentales en la optimización de Va y Cg para la hidrólisis enzimática de VTR

Inactivación de la Alcalasa 2,4L por efecto de la agitación

La figura 3 muestra el comportamiento de la actividad catalítica de la enzima en agua, en ausencia del sustrato a pH 9,5 y 53 °C, en función de la velocidad de agitación. En esta figura se observa como la actividad descende con el tiempo, para todas las velocidades evaluadas. Sin embargo, durante los primeros 200 min, no observan diferencias en la actividad enzimática para las diferentes velocidades evaluadas, lo cual señala que el descenso en la actividad de la enzima se debe al efecto factores diferentes a la agitación mecánica, como pueden ser el pH y la temperatura (England et al., 2014; Lassé et al., 2015; Perdana et al., 2012; Verhaeghe et al., 2016).

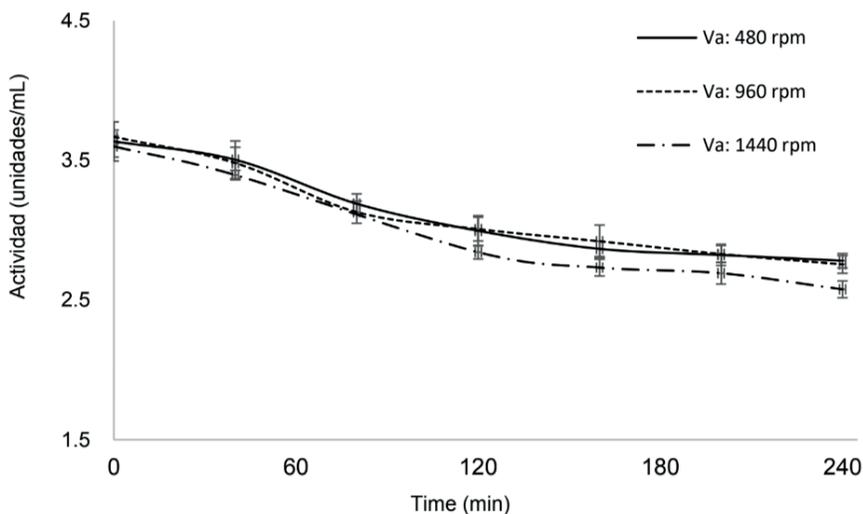


Figura 3. Cinética de inactivación de la Alcalasa 2,4L bajo diferentes niveles de agitación

Por encima de los 200 min, la velocidad de agitación de 1440 rpm provoca un descenso significativamente mayor respecto a las otras dos. Señalando que someter la enzima a altas velocidades de agitación, por periodos de tiempo prolongados, pueden acabar por afectar la actividad catalítica de la enzima, posiblemente quizás por efecto de interfases físicas y catalizada por el incremento de superficies con propiedades hidrofóbicas de las enzimas inactivadas, como lo propuso Colombié et al. (2001). Debido a que el efecto de V_a en presencia del sustrato sobre la actividad catalítica de la enzima, que se observó en el diseño experimental, no puede ser explicado por agregación de la enzima o inactivación de esta, se diseñaron experimentos para determinar si el incremento en V_a afectaba negativamente la actividad de la enzima, posiblemente porque se modificó la interacción enzima-sustrato. En la figura 4 se presentan los resultados de dichos experimentos, en ella se observa que la actividad de la enzima se incrementa con la velocidad de agitación hasta llegar a 960 rpm, por encima de lo cual se observa un descenso en la actividad, corroborando lo que se había observado en el diseño experimental inicial. Este comportamiento puede explicarse considerando que inicialmente el incremento de V_a favorece la homogeneidad del medio de reacción, con lo que se facilita la interacción enzima-sustrato, pero al superar cierto umbral, mayores valores de V_a pueden generar modificaciones que afecten de forma negativa la actividad de la enzima.

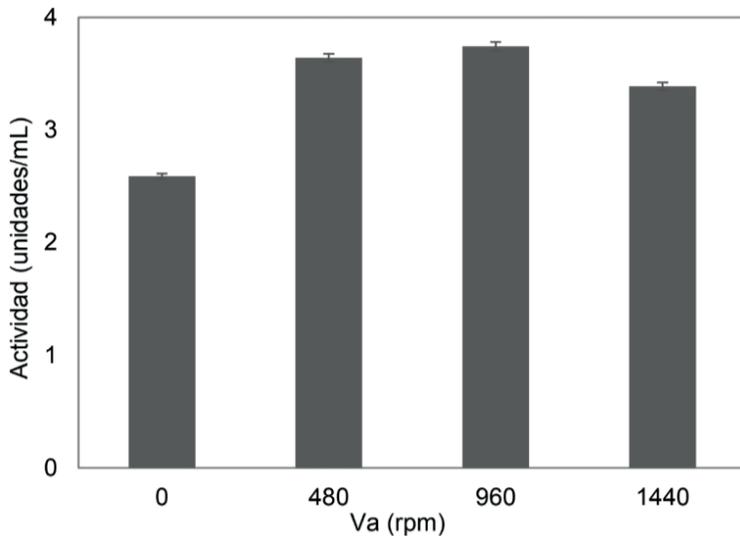


Figura 4. Actividad catalítica de la alcalasa 2,4 L a diferentes velocidades de agitación.

Análisis de mecanismo de inhibición de la grasa sobre la enzima Alcalasa 2,4L

El contenido de grasa genera un descenso en la actividad enzimática, como ya fue demostrado en el diseño experimental. Para corroborar si se trata de un efecto inhibitorio sobre la Alcalasa 2,4L y evaluar mecanismo por el cual se pueda estar dando dicha inhibición, se ajustaron gráficos de Lineweaver–Burk (figura 4), con diferentes niveles de grasa (inhibidor). A partir de los cuales se determinó que la grasa sigue un mecanismo de inhibitorio competitivo sobre la Alcalasa 2,4 L y que concentraciones por encima del 1,9% no provocan aumento significativo de dicha inhibición. Este mecanismo de inhibición se explica debido a que la Alcalasa 2,4L está constituida mayoritariamente por subtilisina, una seri-proteasa que cataliza no solo la hidrólisis de amidas, sino también de esteres (Wong, 1995); considerando el elevado contenido de enlaces éster en la grasa (Belitz et al., 2009), existe la posibilidad de que dichos componentes compitan por el sitio activo de la enzima con el sustrato proteico, generando de ese modo una disminución del grado de hidrólisis de la proteína.

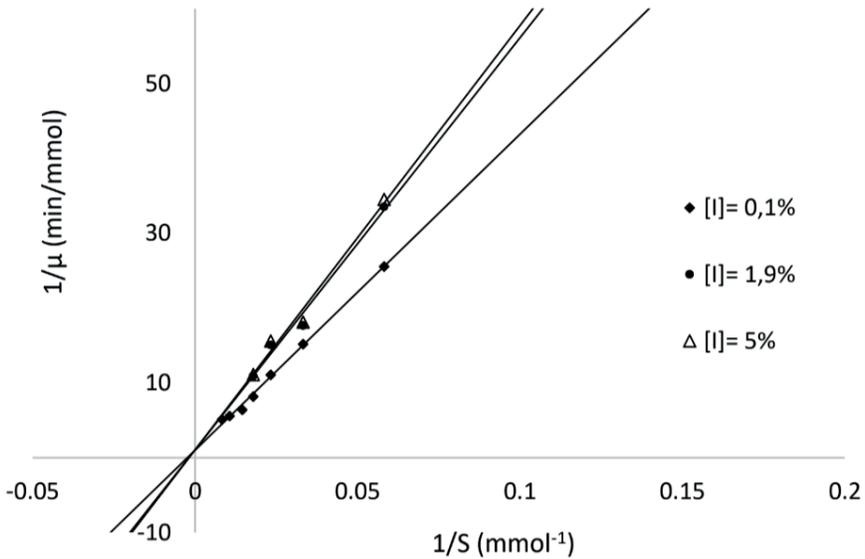


Figura 5. Grafico de Lineweaver–Burk para la velocidad de reacción de la Alcalasa 2,4L en presencia de grasa.

Escalado del proceso de hidrolisis enzimática de proteínas de lombriz roja californiana

Asumiendo la similitud dinámica como criterio de escalado, se aplicó un análisis dimensional, en el que se tomó como variables influyentes en el proceso de la hidrolisis enzimática el diámetro del reactor (D_r) y el diámetro del agitador (D_s), desde el punto de vista geométrico. Se tomaron como propiedades físicas del fluido la densidad (ρ), la viscosidad cinemática (ν), la concentración del sustrato (S_0) y como parámetros dinámicos la velocidad del agitador (N_i) y el tiempo de reacción (t). En este sentido, la lista de relevancia quedó establecida como: S_0 , D_s , D_r , ρ , ν , N_i y t . Además, las dimensiones involucradas en las variables de influencia son M, L y t las cuales mediante la ecuación 6, permiten calcular el rango de la matriz dimensional.

$$\text{Rango matriz} = \text{Parámetros-dimensiones} = 7 - 3 = 4 \quad (6)$$

Con base en el resultado anterior, se define la necesidad de un total de cuatro (4) números P_i adimensionales. De la transformación de la lista de relevancia en una matriz dimensional con las cantidades físicas, la solución matricial condujo a una matriz reducida (Figura 6), que resultó en los cuatro números P_i adimensionales presentados en las ecuaciones 7-10. Estos números, adecuadamente combinados, dan como resultado el número P_i observado en la ecuación 11, donde se identifica que el número adimensional que gobierna el proceso de escalamiento de la hidrólisis enzimática es el número de Reynolds (Banerjee et al., 2012; Palmqvist et al., 2016).

$$\begin{bmatrix} & S_o & t & D_{ag} & D_r & \rho & \mu & N_i \\ M & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ L & 0 & 0 & 1 & 1 & -3 & -1 & 0 \\ & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Figura 6. Matriz de reducción dimensional.

$$\pi_1 = \frac{D_{ag}}{D_r} \quad (7)$$

$$\pi_2 = \frac{\rho * D_{ag}^3}{S_o} \quad (8)$$

$$\pi_3 = N_i * t \quad (9)$$

$$\pi_4 = \frac{D_r * t * \mu}{S_o} \quad (10)$$

El número de Reynolds (Re) está relacionado con las condiciones dinámicas del recipiente de reacción. Por lo tanto, el dimensionamiento se realizó manteniendo su similitud dinámica, conservando así constante el número Re entre el sistema de laboratorio y el prototipo. Según lo establecido por el procedimiento de análisis dimensional en el proceso de escalado, se tuvieron en cuenta las relaciones paramétricas de seis dimensiones (Cacciuttolo & Arunakumari, 2005; Gómez Grimaldos & Zapata, 2021).

$$\frac{\frac{N_i * t * \rho * D_{ag}^3}{S_o}}{\frac{D_r * t * \mu * D_{ag}}{D_r}} = \frac{\rho * N_i * D_{ag}^2}{\mu} = \text{Reynolds} \quad (11)$$

En consecuencia, la relación mostrada por el número Pi será válida para los dos sistemas de estudio, con un aumento de escala en el llamado punto de operación. Este procedimiento se utilizó desde que se conoció el sistema prototipo. Por supuesto, el concepto de similitud no garantiza que un proceso será igual en el modelo y en la versión a escala en todos los aspectos, ya que este método sólo reproduce el mismo proceso en las condiciones analizadas, y aquellas que fueron descritas por una determinada relación Pi. Ambos sistemas de reacción fueron homogéneos y mantuvieron una similitud dinámica, lo cual es un requisito para escalar cualquier bioproceso (Figura 1). El aumento de escala basado en la similitud dinámica del sistema utilizando el número de Reynolds supone que las fuerzas de inercia con respecto a las tensiones viscosas permanecen constantes en ambas escalas. En este estudio se ha utilizado el criterio del número de Reynolds constante que, por su carácter teórico y empírico, determina una similitud en el patrón

de flujo hidrodinámico. Esto implica que el proceso debe mantener el mismo grado de homogeneidad en ambos sistemas (Gómez Grimaldos & Zapata, 2021; Junker, 2004). Con el aumento de la escala, la velocidad de agitación necesaria para mantener constante el Reynolds disminuye significativamente, con el objetivo de conseguir un comportamiento hidrodinámico similar en ambos procesos (Ruiz & Álvarez, 2011). La condición para lograr la similitud hidrodinámica se establece en la ecuación 12, donde “m” corresponde al modelo y “p” corresponde al prototipo; N_i es la velocidad de agitación (rpm) y D_s es el diámetro del agitador (m). En este caso la densidad y viscosidad del medio son constantes en ambos sistemas y la única variación es en el diámetro de los agitadores. En este sentido, la velocidad del agitador prototipo de $(N_i)_p$ varía en función del tamaño del sistema de reacción, como se muestra en la ecuación 12.

$$(N_i \cdot D_{ag}^2)_m = (N_i \cdot D_{ag}^2)_p \rightarrow (N_i)_p = \frac{(N_i \cdot D_{ag}^2)_m}{(D_{ag}^2)_p} \quad (12)$$

El diámetro del agitador del reactor de 7,5L fue de 0,075 m y el diámetro respectivo de la barra agitadora en el sistema de reacción de 0,5 L fue de 0,05 m, presentando una relación de escalado similar a las reportadas en la literatura para procesos de hidrólisis de proteínas (Martínez et al., 2017). Las condiciones establecidas para la hidrólisis enzimática en el reactor de 7,5 L se muestran en la tabla 5, manteniendo constantes los factores de temperatura y pH y ajustando la concentración de sustrato y enzima según el volumen total del reactor. La velocidad del agitador en el prototipo se calculó con la ecuación 12, presentando una reducción respecto al modelo de aproximadamente un 50%. La Figura 7 muestra el comportamiento cinético de la hidrólisis enzimática bajo las condiciones óptimas del diseño experimental, tanto en el reactor de 0,5L como en el de 7,5L. Se encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades de los hidrolizados en la etapa final del proceso (4000 s).

FACTOR	UNIDADES	Valor
pH		8,50
Temperatura	°C	45
Sustrato	g	1501,05
Enzima	mL	14,93
Agitación	RPM	122,45

Tabla 5. Factores dimensionados para reactor de 7,5L

El análisis cinético de la reacción de hidrólisis enzimática de la proteasa Alcalase® 2,4 L con proteína de lombriz roja californiana dio como resultado un grado final de hidrólisis (GH) de 18,4 %, como se puede observar en la Figura 7, tanto para el reactor de 0,5L como para el reactor de 7,5L. Aproximadamente 40 minutos después de iniciada la hidrólisis (o después 2500 segundos), la curva de hidrólisis enzimática comienza a exhibir un comportamiento asintótico, indicando cambios decrecientes en la velocidad de hidrólisis a medida que avanza el tiempo.

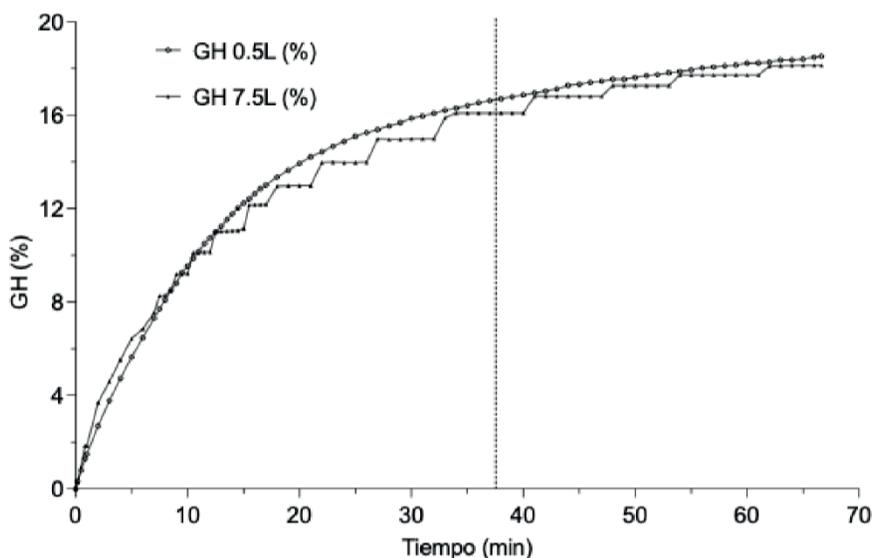


Figura 7. Grado de hidrólisis del modelo (0,5L) y el prototipo (7,5L).

En consecuencia, el tiempo máximo de hidrólisis se estableció en 4000 segundos. Esta desaceleración en la hidrólisis enzimática se puede atribuir principalmente a tres factores críticos: (1) una disminución gradual en la disponibilidad de enlaces peptídicos que son susceptibles a las enzimas proteolíticas, que ocurre naturalmente a medida que el sustrato se hidroliza cada vez más; (b) la acumulación de productos de hidrólisis que pueden actuar como inhibidores, reduciendo así la eficacia de la enzima; y (c) la desnaturalización térmica de la enzima, un proceso en el que la estructura de la enzima se altera debido a la exposición prolongada a la temperatura operativa, lo que lleva a una pérdida de actividad catalítica (Gómez et al., 2013). Este valor de GH sugiere que el producto de reacción tiene un potencial prometedor como hidrolizado con componentes de interés biológico, ya que se ha demostrado que valores de GH superiores al 10% tienden a generar hidrolizados con propiedades bioactivas (Benítez et al., 2008a). Estos hidrolizados son potencialmente valiosos en diversas aplicaciones, desde nutracéuticos hasta ingredientes alimentarios funcionales, debido a su capacidad para ejercer efectos beneficiosos para la salud. Estos

efectos pueden incluir actividades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias, entre otras. En la tabla 6 se observa la verificación de las actividades antioxidantes en los dos sistemas de reacción. Esto valida y confirma que el proceso de ampliación de escala de la hidrólisis enzimática de la proteína de la lombriz roja californiana se llevó a cabo adecuadamente, y que los números de Pi adimensionales encontrados, y el número de Reynolds constante son criterios válidos para la ampliación de escala de este tipo de proceso. Esto es relevante, considerando las diferencias geométricas entre el modelo y el prototipo, ya que el modelo utiliza una barra magnética de agitación en un reactor sin deflectores, mientras que el prototipo utiliza un reactor con dos deflectores y dos turbinas Rushton. Resultados similares fueron reportados por Gómez Grimaldos & Zapata, (2021), en el aumento de la hidrólisis enzimática de la proteína plasmática bovina para producir un antioxidante a partir de una fuente biológica, escalando desde un reactor de 1L a uno de 5L. Adicionalmente, Pozdnyakov et al. (2022), informaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos en la cinética de hidrólisis enzimática del aislado de proteína de soja entre la escala de laboratorio y una escala semiindustrial.

Muestra	GH	Proteína	TEAC	FRAP	ORAC
	%	%	μ eqmol Trolox /g prot	μ eqmol Trolox /g prot	μ eqmol Trolox /g prot
Reactor 0,5 L	18,552	3,27 ^a	2088,82 ^a	183,12 ^a	858,72 ^a
Reactor 7,5 L	18,202	3,15 ^a	2055,08 ^b	170,09 ^a	823,79 ^a

Tabla 6. Verificación del escalado de la hidrólisis enzimática

CONCLUSIONES

La velocidad de agitación y el contenido de grasa del sistema de reacción afectan significativamente el grado de hidrólisis alcanzado en la reacción de hidrólisis enzimática de VTR, llegando a un máximo de 9,5% de GH, trabajando a V_a de 982 rpm y C_g de 2,0%. La grasa presente en las vísceras de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), sigue un mecanismo de inhibición competitiva sobre la Alcalasa 2,4L, mientras que V_a reduce la actividad catalítica de la enzima, cuando se trabaja a valores de mayores a los 960 rpm.

El escalado del sistema de reacción desde un reactor de 0.5L hasta uno de 7.5L utilizando el criterio de similitud dinámica basado en el número de Reynolds, permite reproducir las condiciones óptimas obtenidas en el sistema modelo, lo que es esencial para lograr su validación a nivel piloto o industrial. El hidrolizado enzimático de lombriz roja californiana presenta valores elevados de actividad antioxidante evaluada por diferentes metodologías en comparación con hidrolizados de proteínas de otras fuentes animales, lo que constituye un valor importante para su implementación en alimentos funcionales o nutraceuticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo dan las gracias a la Gobernación de Antioquia, al Sistema General de Regalías de Colombia y a la estrategia de sostenibilidad 2014-2015 del Comité para el Desarrollo de la Investigación en la Universidad de Antioquia (CODI), por el apoyo financiero entregado.

REFERENCIAS

- Abdelhedi, O., Nasri, R., Jridi, M., Mora, L., Oseguera-Toledo, M. E., Aristoy, M. C., Amara, I. Ben, Toldrá, F., & Nasri, M. (2017). In silico analysis and antihypertensive effect of ACE-inhibitory peptides from smooth-hound viscera protein hydrolysate: Enzyme-peptide interaction study using molecular docking simulation. *Process Biochemistry*, 58(December 2016), 145–159. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.04.032>
- Adler-Nissen, J. (1985). Enzymic hydrolysis of food protein. *Elsevier Applied Science Publishers*.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (sixteenth). Association of Official Analytical Chemists.
- Banerjee, G., Car, S., Liu, T., Williams, D. L., Meza, S. L., Walton, J. D., & Hodge, D. B. (2012). Scale-up and integration of alkaline hydrogen peroxide pretreatment, enzymatic hydrolysis, and ethanolic fermentation. *Biotechnology and Bioengineering*, 109(4), 922–931. <https://doi.org/10.1002/bit.24385>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (Springer-Verlag, Ed.; 4th ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Benítez, R., Ibarz, A., & Pagan, J. (2008a). Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquím Clin Latinoam*, 42(2), 227–236. <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v42n2/v42n2a08.pdf>
- Benítez, R., Ibarz, A., & Pagan, J. (2008b). Hidrolizados de proteína : procesos y aplicaciones Resumen. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42(2), 227–237.
- Benzie, I., & Straint, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bhaskar, N., & Mahendrakar, N. S. (2008). Protein hydrolysate from visceral waste proteins of Catla (Catla catla): Optimization of hydrolysis conditions for a commercial neutral protease. *Bioresource Technology*, 99(10), 4105–4111. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.006>
- Cacciuttolo, M., & Arunakumari, A. (2005). *Scale-Up Considerations for Biotechnology-Derived Products* (Inc. Marcel Dekker, Ed.). <https://doi.org/10.1201/9781420026658.ch5>
- Caussette, M., Planche, H., Delepine, S., Monsan, P., Gaunand, a, & Lindet, B. (1997a). The self catalytic enzyme inactivation induced by solvent stirring: a new example of protein conformational change induction. *Protein Engineering*, 10(10), 1235–1240. <https://doi.org/10.1093/protein/10.10.1235>
- Caussette, M., Planche, H., Delepine, S., Monsan, P., Gaunand, A., & Lindet, B. (1997b). The self catalytic enzyme inactivation induced by solvent stirring: a new example of protein conformational change induction. In *Protein Engineering* (Vol. 10, Issue 10).

- Charm, S., & Wong, B. (1981). Shear effects on enzymes. *Enzyme and Microbial Technology*, 3(2), 111–118. [https://doi.org/doi:10.1016/0141-0229\(81\)90068-5](https://doi.org/doi:10.1016/0141-0229(81)90068-5)
- Cheung, I. W. Y., Cheung, L. K. Y., Tan, N. Y., & Li-Chan, E. C. Y. (2012). The role of molecular size in antioxidant activity of peptide fractions from Pacific hake (*Merluccius productus*) hydrolysates. *Food Chemistry*, 134(3), 1297–1306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.215>
- Colombié, S., Gaunand, A., & Lindet, B. (2001a). Lysozyme inactivation under mechanical stirring: Effect of physical and molecular interfaces. *Enzyme and Microbial Technology*, 28(9–10), 820–826. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(01\)00340-4](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(01)00340-4)
- Colombié, S., Gaunand, A., & Lindet, B. (2001b). *Lysozyme inactivation under mechanical stirring: effect of physical and molecular interfaces*. www.elsevier.com/locate/enzmictec
- England, E. M., Matarneh, S. K., Scheffler, T. L., Wachet, C., & Gerrard, D. E. (2014). pH inactivation of phosphofructokinase arrests postmortem glycolysis. *Meat Science*, 98(4), 850–857. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.019>
- Forghani, B., Ebrahimpour, A., Bakar, J., Abdul Hamid, A., Hassan, Z., & Saari, N. (2012). Enzyme hydrolysates from *stichopus horrens* as a new source for angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/236384>
- Gaviria, Y. S., & Zapata, J. E. (2023). Efecto del fraccionamiento con membranas sobre la actividad biológica de hidrolizados enzimáticos de proteína de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Información Tecnológica*, 34(2), 147–158. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200147>
- Gianfranceschi, G. L., Gianfranceschi, G., Quassinti, L., & Bramucci, M. (2018). Biochemical requirements of bioactive peptides for nutraceutical efficacy. *Journal of Functional Foods*, 47, 252–263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.034>
- Glatz, C. E., Hoare, M., & Landa-Vertiz, J. (n.d.). *The Formation and Growth of Protein Precipitates in a Continuous Stirred-Tank*.
- Gómez Grimaldos, N., & Zapata, J. E. ; (2021). Scaling up the enzymatic hydrolysis of bovine plasma protein to produce an 3 antioxidant from a biological source. *Curr Pharm Biotechnol.*, 22(15), 150–158. <https://doi.org/DOL: 10.2174/1389201021666200807104636>
- Gómez, L. J., Figueroa, O. A., & Zapata, J. E. (2013). Actividad antioxidante de hidrolizados enzimáticos de plasma bovino obtenidos por efecto de alcalasa® 2.4 L. *Informacion Tecnologica*, 24(1), 33–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000100005>
- Gómez, L. J., Gómez, N. A., Zapata, J. E., López-García, G., Cilla, A., & Alegría, A. (2020). Optimization of the Red Tilapia (*Oreochromis spp.*) Viscera Hydrolysis for Obtaining Iron-Binding Peptides and Evaluation of In Vitro Iron Bioavailability. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(7), 883. <https://doi.org/10.3390/foods9070883>
- Guadix, A. ;, Guadix, E. M. ;, Páez-Dueñas, M. P. ;, González-Tello, P. Y., & Camacho, F. (2000). *Technological processes and methods of control in the hydrolysis of proteins* (Vol. 41, Issue 1).

Habinshuti, I., Nsengumuremyi, D., Muhoza, B., Ebenezer, F., Yinka Aregbe, A., & Antoine Ndisanze, M. (2023). Recent and novel processing technologies coupled with enzymatic hydrolysis to enhance the production of antioxidant peptides from food proteins: A review. *Food Chemistry*, *423*, 136313. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136313>

Halim, N. R. A., Yusof, H. M., & Sarbon, N. M. (2016). Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, *51*, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.007>

Junker, B. H. (2004). Scale-Up Methodologies for Escherichia coli and Yeast Fermentation Processes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *97*(6), 347–364. <https://doi.org/10.1263/jbb.97.347>

Kafle, B., Måge, I., Wubshet, S. G., Dankel, K., Cattaldo, M., Böcker, U., O'Farrell, M., & Afseth, N. K. (2024). From laboratory to industrial use: Understanding process variation during enzymatic protein hydrolysis with dry film fourier-transform infrared spectroscopy. *Food Control*, *164*, 110577. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110577>

Lassé, M., Deb-Choudhury, S., Haines, S., Larsen, N., Gerrard, J. a., & Dyer, J. M. (2015). The impact of pH, salt concentration and heat on digestibility and amino acid modification in egg white protein. *Journal of Food Composition and Analysis*, *38*, 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.007>

Marko, Z. (2006). *Scale-up in chemical engineering: second, completely revised and extended edition*. (Wiley-VCH verlag GmbH & Co., Ed.; 2nd ed.).

Martínez, D., Menéndez, C., Hernández, L., Sobrino, A., Trujillo, L. E., Rodríguez, I., & Pérez, E. R. (2017). Scaling-up batch conditions for efficient sucrose hydrolysis catalyzed by an immobilized recombinant *Pichia pastoris* cells in a stirrer tank reactor. *Electronic Journal of Biotechnology*, *25*, 39–42. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2016.11.003>

Ou, B., Maureen, H.-W., & Prior, R. L. (2001). Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe. *J. Agric. Food Chem.*, *49*(295–6615), 4619–4626. <https://doi.org/10.1021/jf1010586o>

Ovissipour, M., Abedian, A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R., & Shahiri, H. (2009). The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. *Food Chemistry*, *115*(1), 238–242. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.013>

Palmqvist, B., Kadić, A., Hägglund, K., Petersson, A., & Lidén, G. (2016). Scale-up of high-solid enzymatic hydrolysis of steam-pretreated softwood: the effects of reactor flow conditions. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *6*(2), 173–180. <https://doi.org/10.1007/s13399-015-0177-3>

Perdana, J., Fox, M. B., Schutyser, M. A. I., & Boom, R. M. (2012). Enzyme inactivation kinetics: Coupled effects of temperature and moisture content. *Food Chemistry*, *133*(1), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.080>

Pozdnyakov, N., Shilov, S., Lukin, A., Bolshakov, M., & Sogorin, E. (2022). Investigation of enzymatic hydrolysis kinetics of soy protein isolate: laboratory and semi-industrial scale. *Bioresources and Bioprocessing*, *9*(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00518-2>

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, *26*(9/10), 1231–1237. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

Ruiz, Á. A., & Álvarez, H. (2011). Escalamiento de procesos químicos y bioquímicos basado en un modelo fenomenológico. *Informacion Tecnologica*, 22(6), 33–52. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000600005>

Seo, H.-W., Jung, E.-Y., Go, G., Kim, G.-D., Joo, S.-T., & Yang, H.-S. (2015). Optimization of hydrolysis conditions for bovine plasma protein using response surface methodology. *Food Chemistry*, 185(2015), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.133>

Singh, N., & Gaur, S. (2024). New insights into multifunctional aspects of milk derived bioactive peptides: A review. *Food Chemistry Advances*, 4, 100628. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100628>

Šližyte, R., Daukšas, E., Falch, E., Storror, I., & Rustad, T. (2005a). Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, 40(6), 2021–2033. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.07.016>

Šližyte, R., Daukšas, E., Falch, E., Storror, I., & Rustad, T. (2005b). Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, 40(6), 2021–2033. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.07.016>

Sofer, G. (2003). Validation of biotechnology processes. In *Pharmaceutical Process Validation: An International, An International Third Edition, Revised and Expanded*. <https://doi.org/10.1201/9780203912119-11>

Trusek-Holownia, A., Lech, M., & Noworyta, A. (2016). Protein enzymatic hydrolysis integrated with ultrafiltration: Thermolysin application in obtaining peptides. *Chemical Engineering Journal*, 305, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.05.087>

Tu, M., Cheng, S., Lu, W., & Du, M. (2018). Advancement and prospects of bioinformatics analysis for studying bioactive peptides from food-derived protein: Sequence, structure, and functions. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 105, 7–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.04.005>

Verhaeghe, T., Vlaemynck, G., De Block, J., Van Weyenberg, S., & Hendrickx, M. (2016). Thermal inactivation kinetics of proteases and polyphenoloxidase in brown shrimp (*Crangon crangon*). *Food Chemistry*, 197, 641–647. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.024>

Wong, D. W. S. (1995). *Food Enzymes: Structure and Mechanism* (1st ed.). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/DOI 10.1007/978-1-4757-2349-6>

Zapata Montoya, J. E., Giraldo-Rios, D. E., & Baéz-Suarez, A. J. (2018). Kinetic modeling of the enzymatic hydrolysis of proteins of viscera from red tilapia (*Oreochromis sp.*): Effect of substrate and enzyme concentration. *Vitae*, 25(1), 17–25. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n1a03>

IDENTIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS DEL NOROESTE DE LA ISLA DE PROVIDENCIA MEDIANTE EL USO DE DATOS BATIMÉTRICOS

Fecha de envío: 20/05/2024

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Harold Rojas Macías

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias
y del Medio Ambiente, Santa Marta-
Colombia
<https://orcid.org/0009-0007-1339-8651>

Gabriel Ignacio Antolínez Gómez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias
y del Medio Ambiente, Santa Marta-
Colombia
<https://orcid.org/0009-0007-2583-8562>

Fanny Matilde Pinzón Candelario

Universidad América de Europa-México,
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias
y del Medio Ambiente, Santa Marta-
Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-2082-2971>

RESUMEN: Reconociendo la importancia de los servicios ecosistémicos brindados por los corales en las zonas costeras, se manifiesta la necesidad de información que permita diseñar estrategias de muestreo, zonificación y delimitación de áreas marinas destinadas a su protección. De esta forma entender y predecir la distribución

espacial de los arrecifes y detectar cambios ambientales que los afecten (Costa et al., 2009). Con el fin de Identificar los arrecifes coralinos del noroeste de la Isla de Providencia a partir del uso de datos batimétricos, se estudian las geoformas del fondo marino en tres dimensiones y determinan las posibles áreas de interés, se genera un modelo digital del terreno con datos de retro dispersión en la zona levantada que exponga los valores de solidez del sustrato y se analiza el mapa cartográfico de las zonas coralinas, usando como base los resultados obtenidos de los modelos digitales e intensidades de retorno obtenidas. De manera exploratoria y descriptiva, se emplean herramientas para caracterizar el fondo marino, identificando las formaciones claves que definen el objeto de estudio. Se recolectaron datos durante dos días de campo, siguiendo el plan de 92 líneas de levantamiento o transectos a bordo de una lancha con ecosonda multihaz, se registran y procesan los datos. Finalmente, a partir de los mapas generados se logra la identificación de geoformas asociadas a arrecifes coralinos en menor tiempo, con menor esfuerzo y mayor precisión, frente a otras técnicas usadas hasta ahora.

PALABRAS-CLAVE: Corales, ecosonda, geoformas, sensores.

IDENTIFICATION OF THE CORAL REEFS OF THE NORTHWEST OF PROVIDENCIA ISLAND THROUGH THE USE OF BATHYMETRIC DATA

ABSTRACT: Recognizing the importance of ecosystem services provided by corals in coastal areas, there is a need for information to design strategies for sampling, zoning and delimitation of marine areas for their protection. In this way, it is possible to understand and predict the spatial distribution of reefs and detect environmental changes that affect them (Costa et al., 2009). In order to identify the coral reefs of the northwest of Providencia Island. Based on the use of bathymetric data, the geomorphs of the seabed are studied in three dimensions and determine the possible areas of interest, a model is generated of the terrain with backscatter data in the raised area that exposes the Solidity values of the substrate and the cartographic map of the coral zones is analyzed, based on the results obtained from the digital models and return intensities obtained. In an exploratory and descriptive manner, tools are used to characterize the seabed, identifying the key formations that define the object of study. Data were collected during two field days, following the 92-line plan survey or transects aboard a boat with multibeam echosounder, data are recorded and processed. Finally, from the maps generated, the identification of geomorphs is achieved associated with coral reefs in less time, with less effort and greater precision, compared to other techniques used so far.

KEYWORDS: Corals, echosounder, geomorphs, sensors.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos y costeros son motores del desarrollo y los medios de vida de las comunidades de todo el mundo, ya que mantienen y preservan el equilibrio biodinámico de las cadenas alimentarias (Rojas y Caicedo, 2015; Portzet et al., 2015). et al., 2022).

Colombia tiene un estatus marítimo superior y domina los mares Pacífico y Caribe. La zona marítima ocupa alrededor del 50% de su territorio y cubre 13 de las 32 provincias del país. El territorio incluye una amplia gama de ecosistemas marinos y costeros, como manglares, arrecifes de coral, pastos marinos, etc., de los cuales dependen las actividades económicas esenciales del país (INVEMAR, 2020).

Los bienes y servicios que proporcionan estos ecosistemas son activos estratégicos muy importantes, que no sólo en Colombia sino a nivel mundial provocan migraciones humanas a gran escala hacia las zonas costeras, provocando conflictos ambientales, impactos en los ecosistemas y procesos de degradación y erosión de los ecosistemas.

Las áreas costeras son el resultado de las actividades portuarias, la pesca, el turismo, el cambio climático, la exploración de hidrocarburos, el crecimiento poblacional, la introducción de especies invasoras y el desarrollo urbano general a lo largo de esa costa (Guarderas et al., 2008; Departamento de Planificación Nacional DNP, 2014). (Díaz, 2015).

Como resultado, las necesidades de planificación y gestión en las zonas marinas, costeras e insulares del país han aumentado en las últimas décadas. Como resultado, se han desarrollado herramientas de gestión ambiental que facilitan la planificación del

desarrollo, la planificación del uso del suelo y la gestión ambiental a nivel nacional, sectorial y municipal, incluyendo la política ambiental y la identificación de áreas marinas protegidas (INVEMAR, 2020).

Estas herramientas deben contar con datos e información actualizados para establecer una base de referencia para monitorear el desarrollo de los recursos vivos y garantizar el funcionamiento adecuado de estos ecosistemas. Sin embargo, estos estudios pueden llevar mucho tiempo (hasta 40 años), sin mencionar el gran presupuesto, por lo que en los últimos años se han desarrollado algunas alternativas para superar estas deficiencias utilizando los Protocolos de Evaluación Rápida (Rapid Assessment Protocols - RAPs).

Dentro de estos sensores se encuentran ecosondas, que se inventaron a principios del siglo XX para uso militar; sin embargo, las capacidades de estos dispositivos han mejorado enormemente en las últimas décadas tras el desarrollo de ecosondas multihaz. Este sonar multihaz no solo nos ayuda a calcular de forma precisa valores de profundidades en un cuerpo de agua, sino que también permite estudiar con altos grados de detalle, determinadas características del fondo marino (Monroy Silvera et al., 2016). La ventaja del sonar multihaz respecto a la generación anterior de sonar monohaz es su mayor cobertura, por lo que se puede cubrir todo el fondo marino con el mismo patrón de navegación (Andrade-Amaya, 2021).

Por lo tanto, en este estudio se utilizó como RAPs la información recolectada por un sonar multihaz en la parte noroeste de la Isla de Providencia, ubicada en el Mar Caribe colombiano, para identificar arrecifes de coral a partir de estos datos batimétricos como herramienta de análisis, evaluación y seguimiento de los valores de cada organismo presente en el ecosistema (Álvarez, 2005).

MATERIAL Y MÉTODOS

La Isla de Providencia está localizada al suroeste del Caribe colombiano en la posición geográfica latitud 13°20'56" N, Longitud 81°22'29" W y hace parte de un conjunto de islas oceánicas, atolones y bancos de coral alineados NNE-SSW del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina como se observa en la figura 1, que conforman la Reserva de la Biosfera Seaflower (Geister y Díaz, 2007).

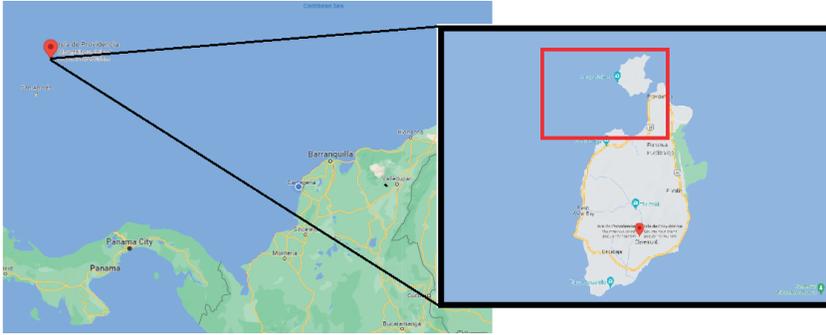


Figura 1 Ubicación geográfica de la Isla Providencia.

Teniendo en cuenta que no se cuenta como mucha información científica del área de estudio referente a identificación de corales con sistemas batimétricos multihaz, se planteó una investigación de carácter exploratoria, porque se procedió a identificar de forma precisa los arrecifes coralinos en el área de estudio, de tal manera que se pueda aportar considerablemente en su conservación y seguimiento.

Para ello se recolectaron datos por dos días de campo haciendo seguimiento a un plan de 92 líneas de levantamiento o transectos, en el canal navegable de acceso al puerto de la isla Providencia como se puede observar en la figura 2, la toma de datos se realizó a bordo de una lancha siguiendo la ruta planteada.

Para la toma de datos se utilizó un ecosonda multihaz, que permite ir guardando los datos brutos que posteriormente fueron procesados en laboratorio en tierra.

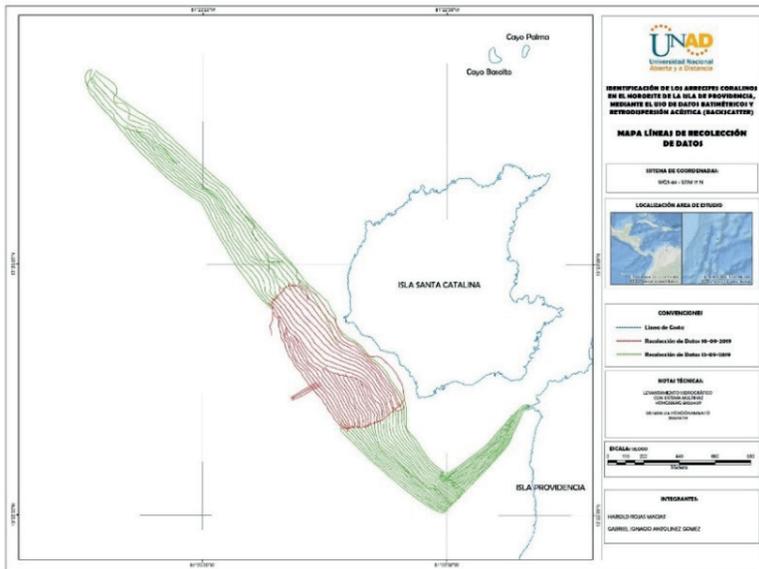


Figura 2 Mapa Líneas de recolección para recolección de datos.

Elaboración propia

Para el estudio se tuvieron en cuenta las recomendaciones metodológicas aplicables en este tipo de investigación, enfocando el método científico y refiriendo el tipo de estudio que mejor describiera el proceso necesario en la adquisición de los resultados.

La investigación científica de carácter exploratorio constituye aquella sobre la cual no se cuenta con suficiente información secundaria (Tania Guffante Naranjo, 2016), sin embargo, para este caso se tiene en cuenta además de dicha característica, el uso del proceso descriptivo, donde se emplean las herramientas que permiten caracterizar el fondo marino, de manera que pueden describirse las formaciones claves que definen el objeto de estudio.

Entonces, teniendo en cuenta las peculiaridades que definen la investigación exploratoria y descriptiva, precisan estas su aplicación en el nivel de investigación del caso de estudio.

La exploración descrita en el documento se define como investigación de campo, a pesar de que los datos compartidos por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, fueron obtenidos como archivos brutos y con los anexos necesarios para su análisis y determinación; sería escueto enmarcar el proceso como investigación meramente documental.

Teniendo en cuenta la importancia de soportar la investigación en un proceso formal de acuerdo con el método científico, se define como método el inductivo, ya que se toma un caso puntual de observación de la realidad, se adquieren los datos, se someten a procesos de verificación, limpieza y correcciones, que finalmente permiten plantear hipótesis en respuesta a la pregunta problema.

Además, dado que los datos resultantes tienen varias propiedades correlacionadas, como valores de retro dispersión, pendiente y altura, se define como un método sintético. En definitiva, tras aplicar los valores que afectan a la incertidumbre de los datos, se pueden recoger los valores en su totalidad y definir las hipótesis finales. Esto se evidencia en la producción gráfica y los resultados de la investigación.

En cuanto a la naturaleza de los datos, el uso de métodos cuantitativos y cualitativos muestra la relevancia de la experiencia de los investigadores en este campo. Las consideraciones cuantitativas corresponden a la cuantificación de valores absolutos obtenidos mediante instrumentos de medición, análisis de datos en software de procesamiento numérico y valores representados por superficies gráficas. Tiene en cuenta cualitativamente el conocimiento previo de indicadores ambientalmente relevantes conocidos en el área de estudio.

A partir de las interpretaciones de los investigadores, observaciones del área y experiencias de campo, sustentadas en los datos cuantitativos obtenidos, es posible extraer conclusiones de la investigación descriptiva utilizada en el estudio de caso.

Se creó una tabla de datos generales para el muestreo como se muestra en la figura 3 y 4 para el control de calidad y seguimiento de la recopilación de datos de campo.

Para el diseño de muestreo se establece una ficha de datos generales como se observa en la figura 5, para hacer el control de calidad y seguimiento de la recolección de datos en campo.

Ficha de Datos Generales No. 1	
Fecha	10 de septiembre/2019
Hora	10:02 am
Ubicación Geográfica	Isla de Providencia
Jefe de Campo	Harold Rojas Macías
Coordenadas Geográficas	Latitud 13°22'59,95" N Longitud 081°22'52" W
Profundidad Máxima	90 centímetros
Profundidad Mínima	19 metros
Condiciones Meteorológicas	Buenas
Altura de la ola	1 metro
Velocidad del viento	6 m/s
Condiciones Climáticas	Clima cálido, cielo despejado, temperatura 30° C
Líneas recolectadas	31
Ecosonda	Ecosonda multihaz Kongsberg EM2040P
Sistema de Posicionamiento	DGPS SeaPath 130
Perfilador de Velocidad del Sonido	AML Minos X
Perfiles Tomado	1
Embarcación	Tipo Soundermax

Figura 3 Ficha de datos generales día 1.

Elaboración propia

Ficha de Datos Generales No. 2	
Fecha	13 de septiembre/2019
Hora	09:05 am
Ubicación Geográfica	Isla de Providencia
Jefe de Campo	Harold Rojas Macías
Coordenadas Geográficas	Latitud 13°23'40,79" N Longitud 081°23'26,75" W
Profundidad Máxima	90 centímetros
Profundidad Mínima	19 metros
Condiciones Meteorológicas	Buenas
Altura de la ola	1 metro
Velocidad del viento	9 m/s
Condiciones Climáticas	Clima cálido, cielo despejado, temperatura 30° C
Líneas recolectadas	61
Ecosonda	Ecosonda multihaz Kongsberg EM2040P
Sistema de Posicionamiento	DGPS SeaPath 130
Perfilador de Velocidad del Sonido	AML Minos X
Perfiles Tomado	1
Embarcación	Tipo Soundermax

Figura 4 Ficha datos generales día 2.

Elaboración propia

La información se recogió utilizando la Ecosonda multihaz Kongsberg EM2040P (tabla 1), durante cinco días de investigación hidrográfica a bordo de Soundermax dentro de la expedición científica Seaflower 2019 a las islas Old Providence y Santa Catalina en septiembre. Además, los datos de velocidad del sonido se recopilieron con perfiladores de velocidad del sonido AML Minos X y el software SeaCast versión 4.3.0, todos complementados con datos de marea obtenidos de las redes hidrográficas verticales (DIMAR,2020).

Parámetro	Descripción
Operación	Software SIS 4.3.2
Frecuencia de operación	200-700 kHz
Cantidad de haces	512 (simple) 1024(dual)
Cobertura	>170 °
Profundidad	30 m

Tabla 1 Especificaciones técnicas del ecosonda multihaz Kongsberg EM2040P empleada en este estudio.

Fuente: (Data Sheet EM 2024P MKII Multibeam)



Figura 6 Embarcación tipo soundermax con ecosonda Kongsberg EM2040P.

Fuente: propia.

Se realizaron transectos paralelos a 5-15 m de cada ruta para obtener un área total de 1,12 km² utilizando el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) y datos WGS84.

Una vez culminada la fase de recolección de datos, estos fueron procesados en el Software Caris Hips and Sips versión 10.2.

Ecuación 1. Ecuación para hallar la profundidad en los cuerpos de agua.

$$S = \frac{V \times T}{2}$$

Donde *S* es el desplazamiento, *V* la velocidad y *T* el tiempo.

Con la data obtenida se elaboraron mapas de retrodispersión y de pendientes según especificaciones anteriores. Sólo la integración de estos dos mapas permite una localización clara y precisa de los arrecifes de coral.

El primer diagrama muestra el retorno de la onda acústica en decibeles. Una fuerte intensidad de retorno de onda acústica corresponde a fondos duros, mientras que los retornos de ondas acústicas débiles indican afinidad con los fondos blandos. Por otro lado, la diferencia en los valores de estas variables en el mapa de pendientes facilita la visualización de las geoformas.

La información obtenida de este análisis se comparó con la información proporcionada por buzos científicos que participaron en la VI expedición Seaflower 2019 y exploraron la misma zona a través de un transecto de buceo.

DISCUSIÓN

La isla principal de Providencia tiene una superficie aproximada de 17,5 km², en donde se encuentra extensos arrecifes (de aproximadamente 18 millas náuticas de largo) que rodean la isla al norte, este y sur de la costa, abarcando un área de 122,5 km². La Isla Santa Catalina tiene una superficie aproximada de 2,5 km², está ubicada al norte de Providencia y está separada por el Canal Aury, que tiene unos 130 metros de ancho. Low Cay está ubicado en la parte norte de la isla y siempre está por encima de la marea alta (DIMAR, 2019).

Providencia y Santa Catalina han preservado en gran medida sus paisajes naturales a medida que sus poblaciones han logrado ingresar al dinamismo del turismo y el desarrollo ambiental sustentable. Providencia es actualmente reconocida como el destino turístico más atractivo del Caribe en los planes nacionales, provinciales y municipales (DIMAR, 2019).

El área protegida (Reserva de la Biosfera Marina Floral) en la que se ubica esta isla fue declarada por el Programa Hombre y Biosfera de la UNESCO en el año 2000 e incluye todo el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Contiene ecosistemas típicos de regiones insulares tropicales, incluidas áreas con altos niveles de especies endémicas como vastos arrecifes de coral, praderas de pastos marinos, manglares, playas, mar abierto y bosques secos tropicales (Seaflower Foundation, 2019).

En las figuras 10 y figura 11, se pueden observar las fichas de datos generales recolectados en campo, que demuestran el seguimiento y el control de calidad de los datos guardados mediante el ecosonda multihaz.

Las áreas más someras se encuentran en la parte sur del levantamiento y las más profundas en la parte norte.

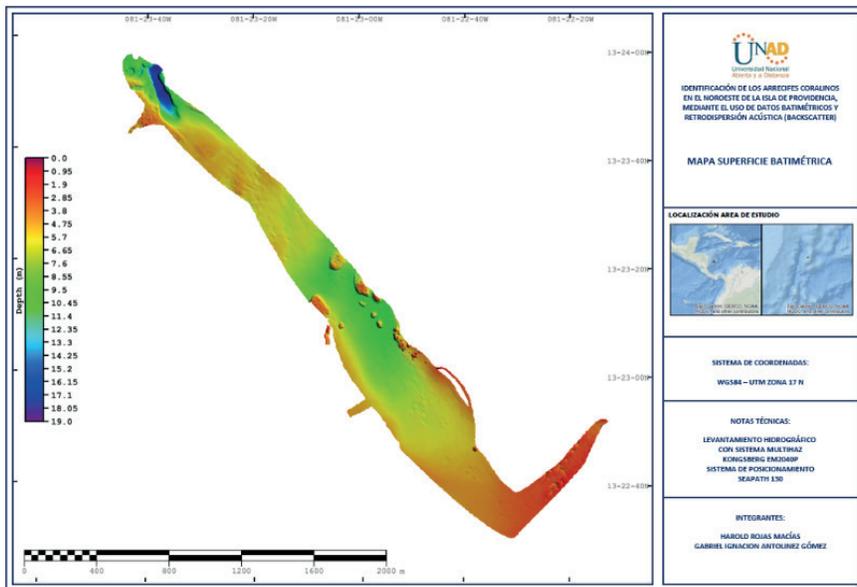


Figura 10 Mapa superficie batimétrica.

Fuente: propia.

La relación entre la intensidad de la retro dispersión y el ángulo de incidencia se utilizó para caracterizar los tipos de fondo en las áreas de estudio (Rodrigo, 2003). Luego se calcularon mapas de intensidad y ángulo de incidencia en función de los datos recopilados.

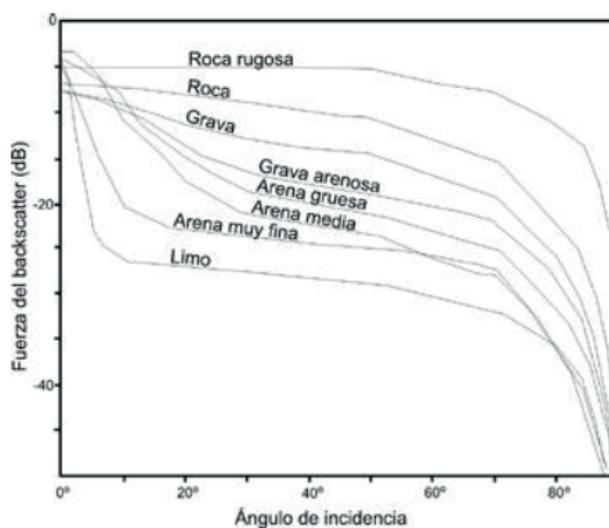


Figura 11 Relación entre intensidad acústica de Backscatter y ángulo de incidencia, según el tipo de fondo.

Fuente: Rodrigo, 2003.

La Figura 12 muestra el mapa de retrodispersión acústica. Los valores de intensidad obtenidos en decibelios proporcionan una distinción superficial general entre promedios duros resultantes de valores de alta intensidad (colores oscuros) y promedios suaves resultantes de valores de baja intensidad (colores claros).



Figura 12 Mapa de retrodispersión acústica (Intensidades acústicas).

Fuente: propia.

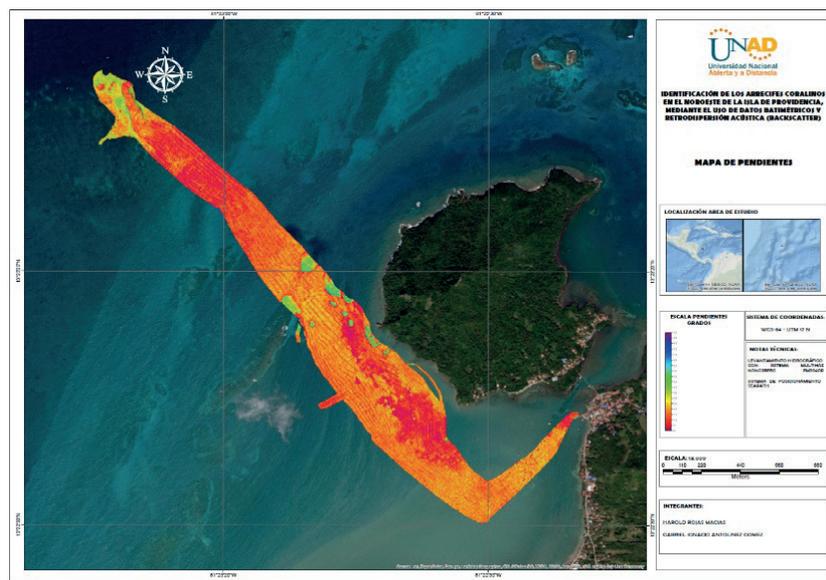


Figura 13 Mapa de pendientes (Ángulos de incidencia).

Fuente: propia.

El mapa de pendientes con valores de ángulos permite identificar claramente la topografía del fondo marino del área de estudio. Como se muestra en la imagen anterior, las geoformas con pendientes más pronunciadas se muestran en verde y los fondos sin pendientes marcadas se muestran en rojo.

Las pendientes más pronunciadas se encuentran en la parte central (40-55°) y en la parte norte de la cresta (40-45°), siendo más pronunciadas en la parte central. El sur tiene la pendiente más baja, incluso cercana a cero (menos de 5°) en algunas zonas.

Al correlacionar los valores de intensidad y ángulo de incidencia e interpretar la tabla de intensidad acústica versus ángulo de incidencia, es posible tabular los resultados obtenidos en las regiones máxima y mínima y sus respectivas clasificaciones (a partir de la Tabla 3, para determinar esto). Se puede observar que existen tres tipos de sedimentos en el área de estudio: arena fina, arena muy fina, limo y roca/coral. (Tabla 2).

En la tabla 2 se muestra que existen tres tipos de depósitos en el área de estudio. Arena fina, arena muy fina, limos y rocas/corales.

SEDIMENTO	MAX	MIN	PROMEDIO
Arenas finas	-17,42	-18,72	-18,07
Arenas muy finas	-12,379	-17,4	-14,8895
Limos	-18,753	-27,426	-23,0895
Roca/Coral	-5	-12,3	-8,65

Tabla 2 Datos resultantes de la relación entre intensidad acústica (Backscatter) y el Ángulo de incidencia.

Con estos resultados se generó una capa con los valores obtenidos y clasificados por colores como lo muestra la figura 14, con el fin de caracterizar el fondo marino del área de estudio e identificar los tipos de fondos existentes, entre estos las áreas coralinas.

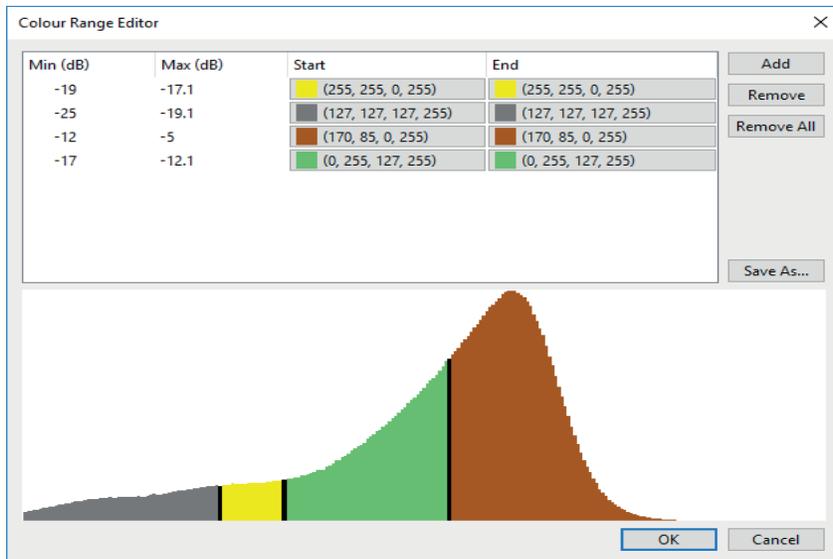


Figura 14 Distribución de intensidades acústicas de acuerdo al tipo de fondo en el software Caris Hips and Sips.

Fuente: propia.

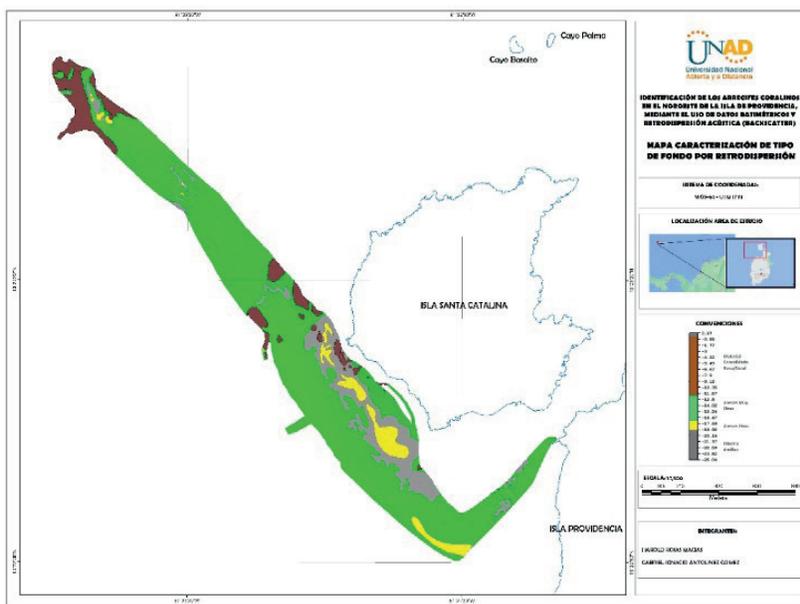


Figura 15 Mosaico de caracterización de tipo de fondo marino.

Fuente: propia.

De acuerdo con la figura 15 el área de estudio es de 1.124.433,92 metros cuadrados (1,12 kilómetros cuadrados), en la zona central y suroeste del área de estudio se encuentra la mayor parte de arrecifes coralinos correspondiente a un área de 103.518,21 metros cuadrados (10% del área levantada), además, gran parte de la zona norte y sureste está dominada por arenas finas y muy finas.

A partir de estos mapas se identificaron las geoformas asociadas con arrecifes coralinos, información que coincide con las inspecciones submarinas realizadas en la zona por los buzos científicos, en el desarrollo de la expedición Seaflower 2019.

CONCLUSIONES

Los datos batimétricos recopilados en la parte noroeste de la Isla de Providencia y su correspondiente procesamiento nos permiten evaluar las características de la zona coralina en menos tiempo, menos esfuerzo y con mayor precisión que otros tipos de herramientas.

Los mapas producidos permiten identificar la topografía asociada a la zona central del estudio y los arrecifes de coral del norte, demostrando su efectividad y eficiencia en la identificación de formaciones coralinas en el área de estudio.

La georreferenciación de sustratos de arrecifes de coral mediante sonar multihaz no se ve afectada por la profundidad del agua, la visibilidad, la incidencia de la luz ni el tiempo. Por lo tanto, se considera una mejor alternativa a los métodos tradicionales de líneas de transecto e imágenes satelitales en términos de tiempo, costos de inversión y resultados obtenidos, especialmente para estudios de gran tamaño.

Es posible identificar las propiedades acústicas de diferentes tipos de materiales. B. Representación geoespacial fiel de los depósitos de coral duro y sedimentos blandos, diferencias de pendiente y área y elementos de estudio. Este estudio proporciona evidencia adicional de que los ecosondas son un método excelente para evaluar la distribución de los arrecifes de coral, especialmente en áreas de difícil acceso y alejadas de la costa, lo que facilita el desarrollo de herramientas y planes de protección, conservación y conservación. Área de apoyo a la conservación de esta reserva marina.

Por otro lado, es importante resaltar que solo el 10% de área evaluada presenta arrecifes coralinos, lo que nos lanza una alerta no solo en seguir desarrollando este tipo de trabajos para establecer su identificación, sino además poder continuar con este tipo de trabajos en otras zonas y realizar monitoreo y seguimiento a estas comunidades de arrecifes que vienen enfrentando graves alteraciones en su ecosistema.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Harold Rojas Macías conceptualización, metodología de la investigación, redacción – borrador inicial.

Gabriel Ignacio Antolínez conceptualización, investigación, análisis y discusión, redacción – borrador inicial.

Fanny Pinzón Candelario: redacción, revisión y edición del artículo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, por el apoyo prestado en cuanto a recursos y equipos, para la adquisición de la información y su uso para el presente proyecto.

A la Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por el apoyo para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

Costa, B., Battista, T., & Pittman, S. (2009). Comparative evaluation of airborne LiDAR and ship-based multibeam SoNAR bathymetry and intensity for mapping coral reef ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1082-1100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.015>

Díaz, M. (2015). Afectación y protección. *Verbum*, 10(10), 95-116. Obtenido de <http://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/883/Afectacion%20y%20proteccion%20de%20ecosistemas%20marino%20costeros%20en%20Colombia.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

DIMAR. (2019). capítulo J Isla de Providencia y Santa Catalina. En DIMAR, *Derrotero de las costas y áreas insulares del Caribe y Pacífico Colombianos* (págs. J-1, J-30). DIMAR.

DIMAR. (2020). *Climatología puertos del caribe Colombiano*. DIMAR. Recuperado el 12 de 09 de 2020, de https://www.cioh.org.co/images/site/principales_puertos/pdf/1_PROVIDENCIA.pdf

DNP. (2014). *Bases para el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, Todos por un nuevo país, Paz, Equidad y Desarrollo*. Bogotá. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/prensa/bases%20plan%20nacional%20de%20desarrollo%202014-2018.pdf>

Geister, J., & Díaz, J. (2007). *Ambientes arrecifales y geología de un archipiélago oceánico: San Andrés, Providencia y Santa Catalina (mar Caribe, Colombia) con guía de campo*. Ingeominas. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/AmbGeolArch-SAnd-Prov-SCat-.pdf>

Guarderas, A., Hacker, S., & Lubchenco, J. (2008). Estado Actual de las Áreas Marinas Protegidas en Latinoamérica y el Caribe. *Conservar Biol*, 22, 1630 - 1640. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01023.x>

INVEVAR. (2020). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2019*. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Obtenido de http://www.invevar.org.co/documents/10182/0/IER-2019_Informe_del_estado_de_los_ambientes_y_recursos_marinos/b7520e57-5cdc-4558-a3d4-bea36f767a98

Kongsberg. (s.f.). Recuperado el 2019, de https://www.kongsberg.com/contentassets/2b09d642b1604c78941086c6ce60a9b0/437136aj_em2040p_mk2_data_sheet.pdf

Monroy Silvera J., A. C. (2016). Aproximación a una metodología para la generación de productos de backscatter con la infraestructura tecnológica del Servicio Hidrográfico Nacional (SHN- CIOH). *Boletín Científico CIOH*.

Mosca, F., Matte, G., Lerda, O., Naud, F., Charlot, D., Rioblanc, M., & Corbières, C. (2016). Scientific potential of a new 3D multibeam echosounder in fisheries and ecosystem research. *Fisheries Research*, 178, 130-141. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.017>

Portz, L., Portantiolo, R., Villate-Daza, D., & Fontan-Bouzas, A. (2022). Where does marine litter hide? The Providencia and Santa Catalina Island problem, SEAFLOWER Reserve (Colombia). *Science of The Total Environment*, 813, 151878. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151878>

Rodrigo, C. (2006). Caracterización y clasificación de la bahía de Puerto Montt mediante batimetría de multihaz y datos de backscatter. *Investigaciones Marinas*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-71782006000100007&script=sci_arttext&tlng=pt

Rojas-Higuera, P., & Pabón-Caicedo, J. (2015). Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat*, 39(151), 201-217. doi:<http://dx.doi.org/10.18257/raccefyfyn.135>

Seaflower Foundation. (2019). *Seaflower Foundation*. Obtenido de <https://seaflowerfoundation.org/reserva-de-la-biosfera.html>

Tania Guffante Naranjo, F. G. (2016). Investigación Científica: El proyecto de Investigación. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24891w/Investigacion_cientifica_el%20proyecto_de_investigacion.pdf

LA ACREDITACIÓN DE LAS LICENCIATURAS DEL AMBITO DE LAS CIENCIAS DEL MAR EN MÉXICO

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Eduardo Alfredo Zarza Meza

Presidente de la Asociación Nacional de Profesionales del Mar, A. C., ANPROMAR, A. C.

RESUMEN: Uno de los objetivos fundamentales del Comité de Acreditación de las carreras del ámbito marítimo, pesquero, acuícola y de las Ciencias del Mar de la Asociación Nacional de Profesionales del Mar, A. C., ANPROMAR, A.C., es el de coadyuvar al desarrollo de las actividades marítimo, pesqueras y acuícolas de nuestro país, brindando asesoría técnica tanto al sector productivo como a las diferentes Instituciones Educativas y de Investigación. Una vez que la educación se encuentra dentro del proceso económico de globalización, se debe participar en una intensa competencia en los diferentes campos de la economía de las naciones involucradas, es aquí en donde las Ciencias del Mar juegan un papel estratégico, en cuanto a la influencia de sus egresados los cuales deben de ser altamente competitivos con el único fin de impulsar las actividades Marítimo-Pesqueras y Acuícolas

PALABRAS CLAVE: Comité de Acreditación, acreditación, re acreditación

ANTECEDENTES

Los procedimientos de evaluación en el sector educativo son recientes: en 1991 la Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior (CONPES), propuso la conformación de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), estableciéndose como una instancia dependiente de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de la República Mexicana, A.C.(ANUIES), al que se le asignan atribuciones para efectuar procesos de evaluación diagnóstica de los programas educativos y las funciones de las instituciones. A partir del año 2009, los Comité Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, conformados en asamblea de asociados constituida por 9 instituciones y operando nueve Comités, los primeros siete se abocan a la evaluación de Programas Educativos y los dos últimos a las funciones de las instituciones de educación superior.

Mención especial merece el Comité de Ciencias Agropecuarias, el cual inicialmente se le denominó Comité de Ciencias Agropecuarias y Pesqueras, que incluía a los programas relacionados con las ciencias del mar: Oceanología, Acuicultura, Biología Marina, etc.

Posteriormente, en el año 2000, la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Coordinación Nacional para Planeación de la Educación Superior (CONPES), la Comisión Nacional para la Evaluación de la Educación Superior (CONAEVA) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), establecieron que la promoción y evaluación de la calidad de los programas académicos de educación superior, debía realizarse por medio de agencias u organismos gremiales especializados, representativos de las diferentes profesiones, tal y como se realiza en la mayoría de los países del mundo, de esta forma se acuerda la creación de un organismo no gubernamental que regulara los procesos de acreditación, instaurando el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A.C. (COPAES).

A partir del 2010 el COPAES se separa orgánica y administrativamente de los CIEES.

El COPAES al igual que los CIEES, tiene como máxima autoridad la asamblea con 11 asociados de diferentes instituciones:

Si efectuemos un análisis de las asambleas generales de los CIEES y COPAES, se observa, que participan en ambos organismos varias unidades administrativas, como la Subsecretaría de Educación Superior (SEP), la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior de la República Mexicana, A.C. (ANUIES) y la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES).

Esto resulta incongruente ya que falta definir las atribuciones para ambos organismos: en el caso de los CIEES, el resultado de sus procesos de evaluación diagnóstica termina con la obtención ya sea del nivel 1 o bien nivel 2; mientras que en el caso de los organismos acreditadores del COPAES, es el de acreditación o no acreditación de los programas educativos evaluados.

En este sentido se le da el mismo valor de calidad a los programas acreditados y re acreditados a los que tienen nivel 1.

Lo anterior causa conflicto y confusión entre los programas educativos que son susceptibles de iniciar el proceso de acreditación.

Otro aspecto que destacar es que dentro de la Asamblea del COPAES no existe una representación de los organismos acreditadores, lo cual los tiene en desventaja al no participar en la toma de decisiones, las cuales son de forma unilateral.

En el año de 1994, el Comité de Ciencias Agropecuarias y Pesqueras de los CIEES, elabora el primer “Marco de Referencia para la Evaluación”, documento base para llevar a cabo procesos de evaluación diagnóstica, el cual fue analizado y actualizado en el año 1995.

Tomando en cuenta la experiencia adquirida se conforman los primeros organismos acreditadores que emanaron del comité anteriormente citado, siendo:

1. Comité Mexicano para la Acreditación de la Educación Agronómica, A.C. (COMEEA).
2. Consejo Nacional de Educación de la Medicina Veterinaria y Zootecnia, A. C. (Conevet).
3. Asociación Nacional de Profesionales del Mar, A. C., (ANPROMAR).

Estos organismos acreditadores son reconocidos por el COPAES en el año 2000 y 2002, siendo los primeros en ser registrados.

Este marco normativo y operativo es evaluado por un comité técnico nombrado por el COPAES, dando como resultado el reconocimiento a la ANPROMAR, A.C., el 6 de abril del 2006 con oficio No. DG/145/2006. Para realizar funciones como organismo acreditador no gubernamental de programas académicos de educación superior en los niveles de licenciatura, técnico superior universitario o profesional asociado y diplomados en los programas relacionados con las Ciencias del Mar.

RESULTADOS

La educación en Ciencias del Mar del nivel superior muestra una severa crisis. En este sentido, debemos señalar que del total de la matrícula del nivel superior en el ciclo escolar 2013-2014, con una atención de 3'885,041 alumnos del sector tecnológico y universitario, los alumnos inscritos en 49 Programas que imparten Licenciaturas de las Ciencias del Mar en 32 Instituciones, con una matrícula de 6,365 alumnos, representa únicamente el .18 % de la matrícula total de 3'588,041, sin incluir la educación normal.

Las carreras relacionadas con el sector marítimo-pesquero y acuícola representan únicamente el 0.18% del total de la matrícula de educación superior en México. (Cuadro II y III).

Institución	Unidad Administrativa	Programas	Matricula
1. Universidad Autónoma de Baja California	Facultad de Ciencias Marinas	Licenciatura en Oceanología	308
		Licenciatura en Biotecnología Acuícola	199
2. Universidad Autónoma de Baja California Sur	Área de Ciencias del Mar Departamento de Biología Marina Campus: La Paz	Licenciatura en Biología Marina	381
		Ingeniero en Pesquerías	138
		Bioingeniería y Acuicultura	51
3. Universidad Autónoma del Carmen	DES Ciencias Naturales y Exactas	Licenciatura en Biología Marina	135
4. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico en Lerma, Camp	Ingeniería en Acuicultura	28
5. Universidad Autónoma de Chiapas	Campus: Tapachula, Chiapas	Ingeniero en Sistemas Costeros	81

6. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	Campus del Mar, Tonalá, Chis.	Licenciatura en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas	175
7. Universidad de Colima	Facultad de Ciencias Marinas	Licenciatura en Oceanología Ingeniero Oceanólogo Administración de Recursos Marinos	66 93 90
8. Universidad Autónoma Metropolitana	División de Ciencias Biológicas y de la Salud Unidad Iztapalapa	Licenciatura en Hidrobiología	502
9. Universidad Autónoma de Guerrero	Unidad Académica de Ecología Marina, Acapulco, Gro.	Licenciatura en Ecología Marina	259
10. Universidad Tecnológica del Mar del Estado de Guerrero		Ingeniería en Acuicultura	17
Universidad Tecnológica del Mar del Estado de Guerrero		Técnico Superior Universitario en Acuicultura	45
11. Universidad de Guadalajara	Unidad: Autlan de Navarro Centro Universitario de la Costa Sur	Biología Marina	241
12. Universidad Tecnológica de la Costa		Técnico Superior Universitario en Acuicultura Área de Proyectos	22
13. Universidad Autónoma de Nayarit	Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera	Ingeniero Pesquero Ingeniero en Acuicultura	69 48
14. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico Bahía de Banderas, Nay	Licenciatura en Biología Marina Ingeniería Ambiental	123 46
15. Universidad del Mar	Puerto Ángel, Oax	Licenciatura en Biología Marina Licenciatura en Oceanología Licenciatura en Ciencias Marítimas Ingeniería en Acuicultura	192 7 68 11
16. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico en Salina Cruz Oaxaca	Ingeniería en Pesquerías Ingeniero en Acuicultura	0 81
17. Universidad del Papaloapan	Campus: Loma Bonita	Ingeniero en Acuicultura	14
18. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, Puebla	Ingeniero en Acuicultura	55
19. Fideicomiso de Escuelas de la Marina Mercante S.C.T.	Escuela Náutica Mercante Capitán de Altura Antonio Gómez Maqueo, Mazatlán, Sin.	Piloto Naval Maquinista Naval	296 220

20 Universidad Autónoma de Sinaloa	Facultad de Ciencias del Mar	Biólogo Acuacultor Biólogo Pesquero Licenciatura en Gestión de Zona Costera	317 325 72
21. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico en Mazatlán, Sin.	Ingeniería en Pesquerías Ingeniero Naval	65 256
22. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico de Guaymas, Son	Ingeniería en Acuacultura Ingeniería en Pesquerías	56 0
23. Universidad Estatal de Sonora	Campus: Navojoa	Licenciatura en Biotecnología Acuática	57
24. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	División Académica de Ciencias Agropecuarias	Ingeniero en Acuacultura	40
25. Instituto Tecnológico Superior de Centla	Centla, Tabasco	Ingeniero en Pesquerías	32
26. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.	Extensión Universitaria de Los Ríos, Tenosique, Tab. División Académica Multidisciplinaria	Ingeniería en Acuicultura	35
27. Universidad Tecnológica del Mar de Tamaulipas Bicentenario	La Pesca, Tamps.	Licenciatura en Ingeniería Acuícola Técnico Superior Universitario	45 97
28. Fideicomiso de Escuelas de la Marina Mercante S.C.T.	Escuela Náutica Mercante en Tampico, Tamps.	Piloto Naval Maquinista Naval	266 133
29. Universidad Veracruzana	Facultad de Ingeniería Naval	Ingeniero Naval	164
30. Universidad Veracruzana	Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Poza Rica-Tuxpan	Licenciatura en Biología Marina	178
31. Dirección General de Educación Superior Tecnológica.	Instituto Tecnológico en Boca del Rio, Ver.	Licenciatura en Biología Marina Ingeniería en Acuicultura Ingeniero Naval	374 68 157
32. Fideicomiso de Escuelas de la Marina Mercante S.C.T.	Escuela Náutica Mercante Cap. De Alt. Fernando Siliceo	Ingeniero Mecánico Naval	230
33. Heroica Escuela Naval Militar	Secretaría de Marina	Ingeniería en Ciencias Navales	330
34. Universidad Autónoma de Yucatán	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	Licenciatura en Biología Marina	266
35. Universidad Nacional Autónoma de México	Campus: El Sisal, Yucatán	Licenciatura en Manejo Sustentable de la Zonas Costeras	55
TOTAL	32	49	6,365

RELACION DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR QUE IMPARTEN CARRERAS RELACIONADAS CON EL AMBITO MARÍTIMO-PESQUERO Y ACUÍCOLA EN MEXICO, CICLO ESCOLAR 2018-2019 (ANUIES 2013).

Licenciatura/Año	2004	2018
Población Escolar Nacional *	2'087,698	3'885,041
Población Escolar Nacional del Área de Ciencias del Mar	9,056	6,365
Porcentaje de la Población Escolar Nacional del Área de Ciencias del Mar	.43%	.18%

*Nota: No se incluye la Educación Normal

Cuadro III Matrícula Escolar de la Educación Superior en Ciencias del Mar.
2004-2014

CONCLUSIONES

Es el momento de cambiar el discurso y apostar por un objetivo único el tener una universidad de calidad, democrática, crítica, pertinente e incluyente, que desemboque en una sociedad del conocimiento.

Es de vital importancia el fortalecer el sector educativo tanto de Nivel Medio Superior como Superior del ámbito Marítimo-Pesquero y Acuícola ya que se preparan los futuros profesionistas que serán responsables fundamentalmente de la generación de alimento de alto valor proteínico a bajo costo y generación de empleos, no se puede realizar una educación de calidad donde falta infraestructura específica, así como personal docente altamente habilitado.

REFERENCIAS

1. Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, CIEES-SEP-ANUIES. Comité de Ciencias Agropecuarias y Pesqueras. Marco de Referencia para la Evaluación, 1994.
2. Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, CIEES-SEP-ANUIES. Comité de Ciencias Agropecuarias y Pesqueras. Marco de Referencia para la Evaluación, Segunda Edición, 2001.
3. Metodología para la Acreditación de la Licenciatura en Biología. Comité de Acreditación y Certificación de la Licenciatura en Biología, A.C., CACEB, A.C. 2002.
4. Metodología para la Acreditación de la Licenciatura en Biología. Comité de Acreditación y Certificación de la Licenciatura en Biología, A.C., CACEB, A.C. 2008.
5. COPAES, A.C. 2012. Marco General para los Procesos de Acreditación de Programas de Nivel Superior -2012, del COPAES.
6. COPAES, A.C. 2012. Marco General para los Procesos de Acreditación de Programas de Nivel Superior -2012.
7. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Anuario Estadístico 2014, Población Escolar de Licenciatura en Universidades e Institutos Tecnológicos. ANUIES, México, 2014

LA DISPONIBILIDAD Y EL ACCESO A LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL; MEJORAMIENTO DE LA NUTRICIÓN, LA SALUD Y LA PRODUCTIVIDAD LABORAL DEL SER HUMANO

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Gerardo Juárez Corral

Universidad Juárez del Estado de Durango

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo inicia con las siguientes interrogantes: ¿Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados en la Agenda 2030 de la ONU, constituyen solo un discurso mundial de las naciones o se convierten en un referente y una guía de las acciones institucionales para generar mejores condiciones de vida a los habitantes del mundo? ¿La seguridad alimentaria planteada por la FAO es o podrá ser el camino hacia el cumplimiento de algunos ODS? ¿Los países que suscribieron la Agenda 2030 están plenamente comprometidos con los ODS y están generando las políticas públicas pertinentes? ¿Cómo se abordarán en forma integrada las dimensiones económica, social y ambiental de los ODS? ¿Cuál es la participación de la producción de los alimentos de origen animal (AOA)

en el cumplimiento de los objetivos relacionados con el hambre, la pobreza y la salud? ¿Cómo y de qué manera la práctica profesional de la Medicina Veterinaria y Zootecnia (MVZ) podría coadyuvar en la consecución de estos objetivos?

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas; 193 Estados Miembros la suscribieron y es la guía de referencia para el trabajo de la institución en pos de esta visión durante los próximos 15 años (CEPAL Naciones Unidas, 2016).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incluye 17 Objetivos (Objetivos de Desarrollo Sostenible) y 169 metas, presenta una visión ambiciosa del desarrollo sostenible e integra sus dimensiones económica, social y ambiental (CEPAL Naciones Unidas, 2016).

“La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, incluidos los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son objetivos globales que sucedieron a los Objetivos de Desarrollo del Milenio el 1 de enero de

2016. Los ODS darán forma a los planes nacionales de desarrollo durante los próximos 15 años. Desde poner fin a la pobreza y el hambre hasta responder al cambio climático y mantener nuestros recursos naturales, la alimentación y la agricultura se encuentran en el centro de la Agenda 2030” (FAO, 2020).

PILARES DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA SEGÚN LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO)

La FAO, define cuatro pilares de la seguridad alimentaria y dos dimensiones temporales relacionadas con la inseguridad alimentaria que deben contemplarse en las medidas destinadas a alcanzar los objetivos de reducir el hambre. Los cuatro pilares son: a) **la disponibilidad** de alimentos, que hace referencia al suministro de alimentos, b) **el acceso** a los alimentos, es decir, la capacidad de las personas de conseguir alimentos cuando están disponibles. Dado que tanto la disponibilidad como el acceso han de ser estables, el tercer pilar **c) la estabilidad**, tiene como fin garantizar en todo momento alimentos adecuados; mientras que el cuarto d) **la utilización**, comprende la inocuidad de los alimentos y el bienestar nutricional (FAO, 2012).

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)¹, plantea que el derecho a la alimentación es uno de los derechos económicos, sociales y culturales considerados en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que el Estado Mexicano ha ratificado y, por tanto, ha adquirido responsabilidades que está obligado a cumplir (CONEVAL, 2018).

Para Larqué (2013), existen en el país condiciones adecuadas para promover una seguridad alimentaria, al afirmar que *“existe suficiente legislación relacionada con la producción y la distribución de alimentos”*; leyes sobre el derecho a la alimentación, sobre el desarrollo rural, incluso existen comisiones de legisladores en agricultura y desarrollo rural y otros, todos en campos relacionados con la alimentación y la nutrición de los mexicanos; este autor afirma que la Cámara de Diputados creó un Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA)².

1 En el año 2004 se crea el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), como la instancia con autonomía técnica y de gestión con las atribuciones de medir la pobreza y evaluar la política de desarrollo social. Es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con autonomía y capacidad técnica para generar información objetiva sobre la situación de la política social y la medición de la pobreza en México, que permita mejorar la toma de decisiones en la materia; cuyo objetivo prioritario es propiciar que las y los tomadores de decisión y hacedores de la política social usen los análisis y las recomendaciones sobre el estado de desarrollo social que genera el CONEVAL (consultado en <https://www.coneval.org.mx/quienessomos/Conocenos/Paginas/Funciones.aspx>, el día 10 de noviembre de 2021).

2 En mayo de 2004 el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, decretó la reforma del artículo 49 de su Ley Orgánica, mediante la cual se estableció que la Cámara de Diputados contaría, en el ámbito de la Secretaría General y adscrito a la Secretaría de Servicios Parlamentarios, con el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), el cual entró formalmente en funcionamiento el 16 de octubre de 2004; el objetivo fue proporcionar en forma imparcial y oportuna, los servicios de apoyo técnico y la información analítica que le sean requeridos por los legisladores, Órganos de Gobierno, Comisiones y Comités, para el cumplimiento de las atribuciones de la Cámara de Diputados, mediante la organización, procesamiento y análisis de información, así como la elaboración de informes, proyecciones, estudios e investigaciones que se relacionen con el desarrollo rural sustentable y la soberanía

Existen numerosos programas, afirma Larqué (2013), que coordinan la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), hoy Secretaría de Bienestar, entre otras dependencias, cuyo objetivo central es alcanzar la seguridad alimentaria; la creación de estructuras estatales y otras, como las Fundaciones Produce en todo el país, con la misión de producir alimentos.

Además, se cuenta con instituciones de apoyo al sector alimentario, como el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), Instituto Nacional de la Nutrición, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro Nacional Agropecuario, el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. y algunas organizaciones no gubernamentales (ONG).

Existen investigadores y tecnólogos dedicados a incrementar la producción de alimentos y nutrición, que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores (SIN), cuyos resultados no han contribuido a alcanzar significativamente la seguridad alimentaria, debido a que ése no fue o no es el objetivo central de dichas investigaciones. La mayoría de los investigadores tienen como resultado la producción de artículos científicos, *“no necesariamente en productos vinculados con la seguridad alimentaria, como podrían ser desarrollos tecnológicos que generen empresas o políticas de apoyo”* (Larqué, 2013).

La existencia de programas de estudio de licenciatura y posgrado dirigidos a la atención de la cadena alimentaria y la nutrición, es otra condición adecuada; destaca Larqué (2013) *“...Existen distritos de riego y tierra de temporal dedicados a la agricultura; tenemos una amplia biodiversidad de organismos que se han ocupado por más de mil años en alimentar a los habitantes de la región que hoy es México; el presupuesto del programa de egresos de la federación dedicado a los diferentes campos relacionados con la seguridad alimentaria y la nutrición es de los más elevados; existen fondos sectoriales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y otras instituciones para apoyar la investigación agrícola, pecuaria, piscícola y la salud alimentaria”* (Larqué, 2013, CONEVAL, 2015).

De acuerdo con Larqué (2013), se reconoce que a pesar de todas las condiciones estructurales para producir alimentos, *“México se aleja cada vez más de poder alcanzar la seguridad alimentaria; se acabó la comida barata. Importamos 42% de los alimentos que consumimos...; independientemente de la gran inversión en importación de alimentos, al menos 21 millones de mexicanos sufren de pobreza alimentaria; México es deficitario en producción de granos básicos: importamos maíz, frijol, soya, sorgo, trigo, arroz; no hemos podido alcanzar suficiencia en la producción de maíz, a pesar de ser el alimento por excelencia de México; nuestro país pasó de ser un país exportador de maíz, hasta la década de los sesenta del siglo XX, a ser importador neto de no menos de 10,000 toneladas al año; importamos prácticamente toda la semilla certificada, esquejes, etcétera, que se*
alimentaria (consultado en http://www.cedrssa.gob.mx/identificacion_institucional.htm, el día 10 de noviembre de 2021).

siembran en el país para producir, entre otros, los granos básicos. Se señala que de 2005 a 2010 las toneladas promedio por año que importamos fueron 36,386 de sorgo, 10,205 de maíz y 2,154 de frijol. Asimismo, se importa prácticamente todo el semen que se utiliza en el sector pecuario; independientemente de que se reporta que en México, en condiciones de buena tierra, agua, maquinaria y financiamiento se pueden lograr altos rendimientos en cosechas de maíz, comparables a los que se obtienen en otras partes del mundo, la producción promedio a nivel nacional de toda la superficie sembrada con este grano no rebasa las dos toneladas por hectárea; se han incrementado los problemas de salud pública relacionados con la alimentación, como diabetes, obesidad y desnutrición; en los últimos 40 años se han incrementado de manera significativa el deterioro y la contaminación de suelos y agua en el sector agropecuario del país; existe una reducción significativa de campesinos experimentados con conocimiento ancestral en producción de alimentos” (Larqué, 2013).

Por lo anterior, Larqué (2013), determina, a manera de conclusión, que “*El plan que se ha seguido para alcanzar la seguridad alimentaria de México no ha funcionado, y es urgente cambiarlo*” (Larqué, 2013).

Como ejemplo y según Odín (2013), con Información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México entre los años 2000 y 2011, más de 102,568 personas perdieron la vida por deficiencias nutricionales, 8,547 anuales en promedio, lo que quiere decir que en el país fallecieron 23 mexicanos cada día a causa del hambre y la desnutrición, casi uno por hora. Desde 2004, la desnutrición representa la décima tercera causa de muerte en el país; para el año 2020, la diabetes alcanzó el tercer lugar de muertes en el país (INEGI, 2020).

DISPONIBILIDAD Y ACCESO A LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL (AOA)

Se requiere una nutrición adecuada en calidad y en cantidad básicamente para: a) adquirir “*combustibles*” que proporcionen la energía necesaria para cumplir con las actividades diarias, para mantener la temperatura corporal y para hacer funcionar los distintos órganos; b) desarrollar el cuerpo, producir células y renovar tejidos; c) obtener elementos que garanticen el buen funcionamiento y aumentar la resistencia a las enfermedades y a las agresiones del entorno (Potter, N., 1999, OCDE-FAO, 2015).

Los alimentos son la base del desarrollo biológico del ser humano y además, constituyen la necesidad elemental que debe satisfacer la organización social; además, la proporción de proteínas de origen animal, suministradas básicamente a través de los alimentos como la leche, la carne y el huevo, tiene un mayor impacto en el desarrollo orgánico y social, ya que suministran los aminoácidos esenciales que el organismo humano, por sí mismo, no puede sintetizar (Potter, OCDE-FAO, 2015).

El hambre y la desnutrición privan a las personas de los recursos más valiosos que poseen: la energía y la salud (CONEVAL, s/a).

Los AOA contienen sustancias de alta calidad nutricional, al aportar los aminoácidos esenciales y la vitamina B, hierro, zinc y colina, por ejemplo, que otros alimentos no proporcionan; por lo que, son elementos fundamentales del sistema alimentario del ser humano con altos beneficios nutricionales. La disponibilidad y el acceso a estos alimentos al ser humano permitirán el desarrollo fisiológico, la vida del ser humano, la capacidad de crear, de generar modelos mentales, culturales, científicos (Potter, 1999, OCDE-FAO, 2015). Por ello, el MVZ debe ser responsable de su papel profesional, al coadyuvar en la producción (y salud animal) de los AOA, en forma prioritaria, de su disponibilidad y acceso; de tal forma que la población con la adquisición y el consumo de estos alimentos será una población activa, productiva y creativa; *¡Este es el fin último de la MVZ!* Sin descuidar la atención a las pequeñas especies como perros y gatos, que cumplen de igual manera una labor social, o el estudio de la fauna silvestre para la conservación, restauración y preservación, que permita mejorar el medio ambiente; así como, el cuidado y atención a los équidos para labores de trabajo y obtención de ingresos familiares, sobre todo en zonas de alta marginalidad.

La disponibilidad de los AOA su acceso, su consumo y sobre todo su aporte nutricional, constituye nuestro objeto estudio, al determinar que el consumo de los nutrientes (proteínas, vitamina B, minerales) son los elementos determinantes para el desarrollo biológico y social de los individuos.

Los AOA constituyen un aporte significativo en la alimentación y nutrición de la población mexicana; por ejemplo, en el año 2020 el consumo de la carne de ave, producto muy popular, alcanzó los 4.4 millones de toneladas, 81% generadas por productores nacionales. El crecimiento de la producción en el año 2020, en comparación con el año 2019 fue de 2.9%, mayor al del consumo que cerró con 1.6% de incremento y 35 kg per cápita anual (Consejo Mexicano de la Carne, 2021).

México es uno de los principales consumidores de carne de bovino, ocupa el séptimo lugar en el mundo y el octavo productor de este alimento; su consumo en el año 2020, alcanzó los 15.2 Kg. per cápita anual (Consejo Mexicano de la Carne, 2021).

Sin embargo, a finales del año 2020, y como consecuencia de la pandemia del COVID-19, el consumo de carne se redujo a nivel global un -1.4%, cuya afectación se dio en mayor nivel en la carne de cerdo con un -4.0% (Consejo Mexicano de la Carne, 2021)

Actualmente México es el principal consumidor de huevo a nivel mundial. Localmente el consumo per cápita es de 23.3 Kg en el año 2019 (Unión Nacional de Avicultores, 2020).

El consumo de los otros productos de origen animal (ovino, caprino y conejo) son marginales y su producción y consumo son meramente regional o local. Para el caso de la miel, su consumo, para el año 2018, fue de 210 gramos per cápita anual; el 60% de la producción de miel se exporta (Gaceta del Senado, 2019).

El cuadro siguiente ilustra de manera muy clara la disponibilidad aparente de los AOA a la población mexicana, de los años 2014 y 2021. Es decir, si tomamos como referencia esta información, entonces podríamos afirmar que se cumplen los extremos de la seguridad alimentaria planteada por la FAO en nuestro país, en la parte de la disponibilidad de alimentos.

Producto/población	Año	
	2014	2021
Carne de bovino	1'827,152.496	2'130,591.83
Leche de bovino	11'129,621.787	12'851,659.05
Huevo	2'567,199.013	3'046,910.32
Carne de porcino	1'290,591.449	1'693,007.45
Carne de ave	2'879,685.766	3'668,552.28
Población total	119'713,203	126'014,024*

Nota: para el caso de las carnes de bovino, porcino y ave, se expresan en toneladas; así como, para el huevo; para el caso de la leche de bovino se expresa en miles de litros.

*Cifras al año 2020.

Fuente: INEGI. Resultado del Censo 2020; SIAP. Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

Un análisis más riguroso de la información del cuadro anterior destacaría al menos dos elementos que el cuadro no advierte en forma explícita: a) el acceso a los AOA y b) si bien el porcentaje de crecimiento de los AOA es superior al porcentaje de crecimiento de la población en los años 2014 y 2020; la población creció un 5.26%, según el INEGI (2021) y los productos ganaderos lo hicieron por encima del 30%; lo cual no indica la distribución real de los AOA entre la población.

El principio general relativo a las dos formas de acceder a los alimentos, son los siguientes: a) producirlos y b) contar con los recursos para adquirirlos en el mercado.

En el primer caso se podría considerar a la ganadería de autoconsumo, que se refiere a la cría de animales por una familia para obtener productos como leche, carne o huevos. En el año 2019, el ganado que más se criaba en México en este sistema fueron las aves; en segundo lugar, estuvo la cría de vacas y en tercer lugar la cría de cerdos (INEGI, 2019). No existen estadísticas sobre la cuantificación de la producción de autoconsumo o familiar de la ganadería.

El segundo caso se relaciona con el poder adquisitivo de las familias para adquirir los alimentos y demás productos para satisfacer sus necesidades.

El CEDRSSA (2019), de la Cámara de Diputados, reportó, para el año 2018, que el ingreso promedio anual por hogar a nivel nacional fue de 55,495 pesos y en los rurales fue de 30,016 pesos, por lo que el ingreso urbano estuvo alrededor del 84.9% superior al obtenido en el medio rural.

Más adelante el CEDRSSA (2019), afirmó que el gasto mensual en promedio, que se destinó a la adquisición de alimentos, bebidas y tabaco, durante el año de 2018, fue de alrededor del 35.3%; le sigue el transporte con un 20%; el concepto de educación con un 12.1% y por último el gasto en vivienda con un 9.5%. *“Lo anterior realza la trascendencia que tienen las acciones públicas que impacten en el precio de los alimentos, pues una*

disminución en los mismos, pueden repercutir en la mejora de la alimentación y en crear posibilidades para que se destinen recursos a otros rubros que permitan una mejora en la calidad de vida de las familias”.

Conforme a la información proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER-SIAP (2020), el mayor consumo per cápita se encontró en la leche de bovino con 103.31 litros; la carne de ave con 34.2 kilogramos anual; el huevo para plato con 23.6 kilogramos anual; la carne de porcino con 18.3 kilogramos anual; la carne de bovino con 15.1 kilogramos anual; el consumo de los demás AOA es marginal, estacional y regional.

El mayor gasto familiar en alimentos, durante el año de 2018, fue destinado a la adquisición de la carne de ave, se gastaron en promedio el 23.0%; a la adquisición de leche se destinaron el 10.1% y al huevo el gasto representó el 3.6% (CEDRSSA, 2019).

Sin embargo, en términos generales, cuando el ingreso familiar aumenta, la proporción del gasto a alimentos disminuye y viceversa; con ingresos altos aumenta el consumo de bienes de lujo u otros servicios que antes no tenían (Fortun, 2019).

Al problema de la disponibilidad de alimentos, se agrega la afirmación de la FAO *“el porcentaje de alimentos perdidos después de la cosecha en la granja y en las etapas de transporte, almacenamiento y procesamiento es del 13.8 por ciento a nivel mundial, lo que asciende a más de USD 400 mil millones cada año”* (FAO, 2020).

La disponibilidad de los AOA tiene un alto costo social y económico en México; la gran mayoría son productos importados, con los riegos sanitarios consecuentes; además, el precio de los AOA son mayores, en general, a los precios de los alimentos de origen vegetal (AOV). En el año de 2021, el promedio de los precios al mayoreo de la carne de ave fue de 52.11 pesos por kilogramo, la carne de res tuvo un precio de 78.99 pesos por kilogramo, el huevo blanco 28.63 pesos por kilogramo; mientras que el frijol peruano tuvo un precio de 35.67 pesos por kilogramo, el jitomate saladette 15.21 pesos por kilogramos y el maíz blanco 8.34 pesos por kilogramo (SADER-SIAP, 2021).

Con relación al Índice Nacional de Precios al consumidor (INPC), la SADER-SIAP (2021), con información del INEGI, manifestó que *“A tasa anual (diciembre 2021 vs mismo mes de 2020), el subíndice de alimentos, bebidas y tabaco que representa 30% del INPC se incrementó 10.7%, es el mayor al aumento observado en 2020 cuando fue de 5.8%, y mayor al registrado para el INPC general que fue de 7.4% (en 2020 el incremento del INPC general fue de 3.2% y en 2019 de 2.8%). El incremento anual del INPC general es el más alto desde hace 21 años (en el año 2000 fue de 9.0%), mientras que los de alimentos, bebidas y tabaco, así como el de alimentos, son los más elevados desde hace 23 años (en 1998 fueron de 22.0% cada uno)”* (SADER-SIAP, diciembre de 2021).

Con la entrada en vigor del T. MEC. lo único relevante para el sector agroalimentario fue el capítulo III, que señala *“que las exportaciones agrícolas mexicanas seguirán gozando del acceso preferencial (exentas del pago de arancel)”*; así como el capítulo IX que se refiere a las medidas sanitarias y fitosanitarias (Secretaría de Economía, 2019).

Según el Banco de México en el año 2019, México exportó 37,843 millones de dólares en productos agroalimentarios, mientras que las importaciones fueron por 28,752 millones de dólares. El saldo favorable para el país fue, entonces, de 9,091 millones de dólares (CEDRSSA, 2020).

Efectivamente, todo el sector agroalimentario mostró un comportamiento positivo en la balanza comercial; sin embargo, en forma particular la ganadería no es mencionada en este acuerdo comercial (T. MEC.), salvo aspectos como sanidad e inocuidad; por lo que la importación de AOA seguirá siendo mayor a la exportación. *“Con este acuerdo la ganadería no ganó nada, se mantuvieron las mismas reglas comerciales pactadas desde hace más de 20 años”* (Redacción ganadería, 2020).

Como ejemplo, en el año de 2019, el ganado en pie con un superávit de 834 millones de dólares participó con un 6.75%, la miel natural de abeja que alcanzó un superávit de 68 millones de dólares lo hizo con el 0.55%, la carne de bovino con 890 millones de dólares alcanzó el 7.21%, han sido los productos pecuarios con una dinámica de exportación importante dentro de la balanza agropecuaria y agroindustrial, que tuvo un superávit a diciembre de 2020 de 12,347 millones de dólares (SADER-SIAP, 2020).

Sin embargo, el subsector pecuario presentó un déficit en las importaciones-exportaciones; para el año 2021 se importaron 1.2 millones de toneladas de carne de ave; poco más de un millón de toneladas de carne de porcino; 83,728 toneladas de huevo y 3.4 mil millones de litros de leche de bovino (SADER-SIAP, 2021).

¿Cómo y de qué manera se espera que la población adquiera los alimentos, particularmente los alimentos de buena calidad, para dar cumplimiento a uno de los pilares de la seguridad alimentaria que señala la FAO y que se refiere al acceso a los alimentos?

El factor que dificulta el acceso a los AOA es la pobreza; según el CONEVAL (2021), la pobreza en México pasó del 43.2% en 2016 a 43.9% de la población en 2020; es decir, para el año 2020 vivían 55.7 millones de mexicanos en pobreza. En extrema pobreza, el CONEVAL reportó un aumento, pasando de 7.2% en 2016 a 8.5% en 2020; 10.8 millones de mexicanos vivían en condiciones de pobreza extrema en el año 2020 (CONEVAL, 2021).

En el caso concreto de la carencia de alimentos (que representa un indicador de pobreza), CONEVAL reportó para el año 2016 una cantidad de 26.5 millones de personas con carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad y para el año de 2020 fue de 28.5 millones de personas en esta condición; es decir, este indicador aumentó casi 8% en el mismo periodo (CONEVAL, 2021).

Más de la mitad de los mexicanos se encuentran en pobreza y/o en pobreza extrema, es decir se encuentra en condiciones de privación y carencia de algunos de los elementos de bienestar social (alimentos, salud, vivienda, entre otros); así lo señala la ONU y el CONEVAL, entre otras organizaciones e instituciones.

Por lo tanto, si existe pobreza existirá desnutrición, lo que provocará una baja productividad laboral, cultural, científica; *“comer es primero”*.

El deficiente aporte de nutrientes de origen animal provoca subdesarrollo cerebral, retardo del crecimiento, disminución de la masa muscular, débil resistencia a las infecciones, entre otras; además de las consecuencias económicas para una región o un país (INCAP, s/a).

Por ello, es necesario diseñar y generar políticas sociales que favorezcan una asignación de recursos que atienda las carencias críticas de la población afectada; si la pobreza tiene como causa principal el ingreso y éste se consigue con el empleo, entonces una política pública deberá encaminarse a la generación de empleos, combate a la desigualdad social y a la pobreza.

Abordar los problemas de alimentación y nutrición humana, debe establecer prioridades e indicadores que permitan evaluar los resultados y no solamente los objetivos; estimulando la cooperación interinstitucional, multisectorial y transdisciplinaria (CONACYT, 2018).

Plantear el problema de la alimentación y sus consecuencias, es una tarea pendiente y un compromiso de la docencia e investigación universitaria, de la participación de las instituciones gubernamentales; es una condición esencial a plasmarse en los planes de desarrollo académicos, de una proyección a un futuro inmediato.

De igual forma, se requiere de una creación de modelos de investigación para definir políticas públicas, solución de problemas, desarrollo de competencias en salud animal y salud pública en ambientes sanos, con buenas prácticas pecuarias; *“Una sola salud”*. Según la evaluación realizada por la Auditoría Superior de la Federación (ASF) (Cámara de Diputados, s/a), *“La política pública (ganadera) se ocupa fundamentalmente de los asuntos siguientes: 1) incrementar la productividad del sector ganadero de manera sustentable, y 2) elevar el ingreso de las personas dedicadas a la ganadería”*.

Para la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2007), la práctica profesional de la MVZ que beneficie a la sociedad será aquella que capitalice el conocimiento, las habilidades y destrezas desarrolladas durante el proceso educativo; determinar las áreas de acción profesional como *“la salud pública, eco-salud, industria de provisión de alimentos y seguridad, administración de crisis, investigación, y administración comercial... los veterinarios y la profesión médica veterinaria cumplirán su obligación para el bienestar de la sociedad y animales”*.

Según la FAO (2007) *“... existen grandes influencias demográficas, políticas, ambientales, de enfermedades, tecnológicas y económicas, todas induciendo cambios en la sociedad... con un aumento anual de 76 millones de personas, se espera que la población mundial llegue a 9.1 billones en 2050...; el consumo de agua está aumentando dos veces más rápido que el crecimiento de la población, aumento de la migración sobre todo a EU, en los últimos 25 años, han surgido 38 nuevos patógenos el 75% se originaron como enfermedades de los animales, aumento de la población urbana respecto de la población rural, presencia de bioterrorismo y fanatismo religioso, los cambios en la atmósfera están*

causando poderosas modificaciones en el medio ambiente como el derretimiento de los polos, aumento del nivel del mar y en el clima con presencia de huracanes, inundaciones; la emergencia de nuevas enfermedades ocurre aproximadamente cada ocho meses y la amenaza de nuevas enfermedades zoonóticas es muy real. De los más de 1,400 patógenos que causan enfermedades humanas, 800 han cruzado la barrera de las especies de los animales; la velocidad de los viajes globales y de la transmisión de enfermedades está superando las medidas de control, la brecha entre ricos y pobres aumentará”.

De igual manera, la FAO (2007) plantea que el cambio global está en proceso en temas como el medio ambiente, el desarrollo de la tecnología, el desarrollo de la agricultura, la emergencia de enfermedades, el vínculo humano-animal, y la cultura. Para ello, se requiere que la medicina veterinaria se adapte a los cambios de la sociedad para ser relevante. ... *los veterinarios podrían posicionarse para demostrar liderazgo en la contribución al desarrollo de políticas públicas... referente a la atención de la salud y prevención de enfermedades... Una posibilidad es que la medicina veterinaria se localice en el campo entre la ciencia y la política, ayudando a los creadores de políticas a ‘permanecer actualizados’ con los avances científicos y técnicos”.*

Por su parte Villamil, et. al. (2008), afirmaron que “... *los profesionales (Veterinarios) del Siglo XXI, tendrán que actuar en diferentes ámbitos que integran tanto a la sanidad animal como a la salud pública en un único ente, la ‘Salud Pública Veterinaria’. Para ello es necesaria una sólida formación en temas como la epidemiología de las enfermedades, la medicina preventiva, la ecología, la política, la economía o la propia sociología... pasando desde el clásico médico veterinario al especialista en seguridad sanitaria y político o gestor de estrategias sanitarias”.*

Más adelante, los mismos autores afirmaron que “*El papel de la academia, sólida y estructurada, con planta académica especializada, infraestructura física y económica suficiente, que se proyecte hacia la generación de conocimiento que permita entender con más claridad la situación real y particular de cada país, generando desde la investigación soluciones de impacto, constituye la meta para los próximos años”.*

De tal forma que el ejercicio profesional del MVZ deba contemplar un abanico de acciones, como resultado de un proceso educativo de calidad que incluya aprendizajes significativos y para toda la vida, aprender a aprender debe ser la política educativa en la formación del MVZ que le permita dar sentido y oriente sus acciones profesionales al planteamiento de alternativas de solución a los problemas de la sociedad.

“Cuando sabíamos todas las respuestas, cambiaron las preguntas” (Mario Benedetti).

CONCLUSIONES

Tres alternativas que pueden incidir en estos problemas:

- a. Creación de las condiciones del trabajo académico para lograr una educación de calidad, orientada a las competencias planteadas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2012)³: organización de servicios veterinarios, procedimientos de inspección y verificación; gestión de enfermedades contagiosas; higiene de los alimentos; aplicación de análisis de riesgos; investigación; marco de trabajo de comercio internacional y gestión; precedidas por las competencias básicas en materia de aptitudes y actitudes en epidemiología, zoonosis, higiene de los alimentos, enfermedades emergentes y reemergentes, bienestar animal, entre otras.
- b. Promover la pertinencia social de la investigación científica; es decir el cumplimiento de las obligaciones comunitarias y regionales de la universidad, incidiendo en los problemas de la sociedad, particularmente en la soberanía y seguridad alimentaria.
- c. Generación de políticas públicas, estrategias y compromisos políticos que permitan el acceso de los alimentos a la población; programas de creación de empleos y de estímulos a la producción de alimentos, particularmente a los AOA.

Las políticas destinadas a contribuir a satisfacer las necesidades relacionadas con la seguridad alimentaria se consideran prioritarias por ser claves para garantizar una vida activa y sana que posibilite el desarrollo de los individuos en el corto, mediano y largo plazo, en ámbitos como el desempeño escolar, la capacidad de generación de ingresos, un buen estado de salud y el disfrute de una vida plena (CONEVAL, s/a).

“El hambre perpetúa la pobreza al impedir que las personas desarrollen sus potencialidades y contribuyan al progreso de sus sociedades” (Kofi Annan, ONU, 2002)

REFERENCIAS

Auditoría Superior de la Federación (ASF) (s/a). Evaluación núm. 1582 de *“política pública ganadera”*. Cámara de Diputados. Consultado en https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2015i/Documentos/Auditorias/2015_1582_a.pdf. Diciembre de 2021.

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), Quiénes somos. (Consultado en http://www.cedrssa.gob.mx/identificacion_institucional.htm, el día 10 de noviembre de 2021

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, CEDRSSA, (2019). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consumo de alimentos. Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares (ENIGH.2018). Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México, octubre de 2019.

³ Actualmente denominada Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA).

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, CEDRSSA, (2020). Reporte consideraciones sobre las modificaciones al tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y el sector agroalimentario. Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México, febrero de 2020.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL (2016). Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sustentable; una oportunidad para América Latina y El Caribe. ONU, CEPAL.

Consejo Mexicano de la Carne, (2021). Compendio estadístico 2021. www.comecarne.org.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), consultado en <https://www.coneval.org.mx/quienessomos/Conocenos/Paginas/Funciones.aspx>, noviembre de 2021

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, (2021). Medición multidimensional de la pobreza. CONEVAL, México.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2015). Hallazgos del estudio: el acceso de los alimentos en los hogares: un estudio cualitativo, 2013-2014. CONEVAL, México.

Consejo Nacional de la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, s/a). ¿Qué funciona y qué no en la seguridad alimentaria?. Guías prácticas de políticas públicas. CONEVAL, México.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, (2018). Hacia la consolidación y desarrollo de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación, objetivo estratégico para una política de Estado 2018-2024. Sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI), UNAM.

Fortun, M. (2019). *Ley de Engel*. Economipedia.com.

Gaceta del Senado, (2019). Proposición con punto de acuerdo el que el senado de la república exhorta al titular del ejecutivo federal a implementar en la administración pública federal estrategias de protección, fomento y desarrollo del sector apícola nacional, así como para enfrentar la práctica comercial desleal de venta de miel adulterada. Comisión de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2021). Anuario Estadístico y Geográfico por entidad federativa. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2020). Comunicado de prensa No. 61/21. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. INEGI.

Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, (s/a). Desnutrición. Sistema de Integración Centroamericana, SICA.

Larqué, A (2013). Seguridad alimentaria en México, "*Todos contra el hambre*". Revista Ciencia, Academia Mexicana de Ciencias, CONACyT; enero-marzo 2013.

Raquel Aldana (2021). 30 frases del maravilloso Mario Benedetti. La mente es maravillosa; consultado en <https://lamenteesmaravillosa.com/25-frases-del-maravilloso-mario-benedetti/>, el día 14 de enero de 2022.

Organización de las Naciones Unidas, ONU, Ivette, A. (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Economipedia.com.

Organización Mundial de las Naciones Unidas (2002). Cumbre de Johannesburgo 2002. ONU.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2020). Seguimiento del progreso en los indicadores de los ODS relacionados con la alimentación y la agricultura 2020. Un informe sobre los indicadores bajo la custodia de la FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2006). Seguridad alimentaria y nutricional. Conceptos básicos. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria-PESA-Centroamérica. Roma, 30 de octubre de 2006.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2012). Ganadería mundial 2011. La ganadería en la seguridad alimentaria. Roma, FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2020). Seguimiento del progreso en los indicadores de los ODS relacionados con la alimentación y la agricultura 2020. Un informe sobre los indicadores bajo la custodia de la FAO.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2015). Perspectivas Agrícolas 2015, OECD Publishing, París.

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2007). Visión del futuro de la educación médica veterinaria. OMS, OPS, Salud Pública Veterinaria, Association of American Veterinary Colleges.

Odín R. (2013). Soberanía Alimentaria y Nutrición en México; en *El Derecho a la Alimentación en México: recomendaciones de la sociedad civil para una política pública efectiva*. OXFAM México, CRECE.

Organización Mundial de Sanidad Animal, OIE (2012). Recomendaciones de la OIE sobre las competencias mínimas que se esperan de los veterinarios recién licenciados para garantizar Servicios Veterinarios Nacionales de calidad. OIE.

Potter, N. (1999). *La ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia.

Redacción ganadería, (2020). Sanidad e inocuidad, prioridades para México dentro del T-MEC. Redacción ganadería.com, No. 192, 9 de octubre de 2020.

Secretaría de Economía, (2019). Resumen del tratado de libre comercio México-Estados Unidos-Canadá (T. MEC).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2021). Impulsa Agricultura una ganadería productiva, sustentable y con fuerte estatus sanitario. Comunicado de prensa, marzo de 2021

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Sistema de Información Agroalimentaria (SIAP) (2020). Panorama agroalimentario 2020. SADER-SIAP.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Sistema de Información Agroalimentaria (SIAP) (2020). Comportamiento de la balanza agroalimentaria enero-octubre 2020. Con datos del Banco de México y Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Sistema de Información Agroalimentaria (SIAP), con datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), (2021). Seguimiento diario de precios del sector primario, 2021.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Sistema de Información Agroalimentaria (SIAP). Comercio exterior agroalimentario de México; reporte semanal, Dirección de Análisis Estratégico.

Unión Nacional de Avicultores, (2020). Consumo de huevo. Consultado en <https://una.org.mx/industria/>

Villamil Luis Carlos; Jaime Ricardo Romero P.; Natalia Cedil B. (2008). La salud animal y la globalización. El desafío de políticas sostenibles y equitativas en el contexto de los países en desarrollo. Revista de Medicina Veterinaria No. 15, Universidad La Salle, enero-junio 2008.

ORGANIZACIÓN Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ALGODÓN EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Ignacio Orona-Castillo

Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Estado de
Durango

Cirilo Vázquez Vázquez

Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Estado de
Durango

Joaquín Osornio Córdova

Escuela Secundaria Técnica 83 Unidad
Laguna

Elizabeth Zúñiga Valenzuela

Apolinar González Mancilla

Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Estado de
Durango

RESUMEN: El cultivo del algodón en la Comarca Lagunera, México data desde el año 1851 pues sus condiciones edafológicas, climáticas y con escurrimientos de agua procedentes de la Sierra madre occidental han permitido su permanencia; sin embargo, en los últimos años -2005 al 2021- la superficie sembrada disminuyó 37.3 % y la producción se ha concentrado en cinco de

16 municipios que integran la Región, de los que San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero concentran el 82 %; ante esta situación este estudio tiene como objetivo mostrar cómo se encuentra organizada la producción de éste cultivo y abordar la rentabilidad registrada por el mismo, la cual depende del comportamiento de los precios internacionales de la fibra, y la hipótesis planteada es que a pesar de los vaivenes del mercado del algodón, existe vocación algodoneira y condiciones de infraestructura que permiten el funcionamiento de este sistema productivo. Para hacer el estudio se utilizó el muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 95 % para determinar el número de productores a los que se aplicó una encuesta que comprendió aspectos organizativos del manejo del algodón, aplicada de julio de 2021 a febrero de 2022 en los municipios de San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero Coahuila. Los resultados muestran que el funcionamiento del cultivo se basa en la permanencia de plantas despepitadoras que funcionan como dispersoras de crédito a ejidatarios y pequeños productores, siendo el personal de la planta la que ministra el crédito, proporciona maquinaria para operar el cultivo, cosecha y empaqueta el

algodón en fibra y al final hace la liquidación del crédito al productor, concluyéndose que la rentabilidad del cultivo es buena sólo cuando los precios internacionales de la fibra son altos en el mercado internacional; de otra manera existe el riesgo inminente de pérdidas financieras y desmotivación para continuar produciendo algodón.

PALABRAS-CLAVE: Despepitadoras, organización y rentabilidad.

ORGANIZATION AND PROFITABILITY OF COTTON CULTIVATION IN THE LAGUNERA REGION, MEXICO

ABSTRACT: The cultivation of cotton in the Comarca Lagunera dates from the year 1851 because its soil and climatic conditions and water runoff from the Western Sierra Madre have allowed its permanence; however, in recent years -2005 to 2021- the planted area decreased 37.3% and production has been concentrated in five municipalities of which San Pedro de las Colonias and Francisco I. Madero concentrate 82%; Faced with this situation, this study aims to show how the production of this crop is organized and show the profitability shown by it, which fluctuates from year to year depending on the behavior of international fiber prices, assuming that despite the ups and downs of the cotton market, there is a cotton vocation and infrastructure conditions that allow the operation of this productive system. To carry out the study, simple random sampling was used with a confidence level of 95% to determine the number of producers to whom a survey was applied that included organizational aspects of cotton management, applied from July 2021 to February 2022 in the municipalities of San Pedro de las Colonias and Francisco I. Madero Coahuila. The results show that the operation of the crop is based on the permanence of ginning plants that function as dispersers of credit to ejidatarios and small producers, with the staff of the plant providing the credit, providing machinery to operate the crop, harvest and pack. the buckwheat in fiber and in the end it makes the liquidation of the credit to the producer, concluding that the profitability of the crop is good only when the international prices of the fiber are high in the international market; otherwise there is an imminent risk of financial loss and demotivation to continue producing cotton.

KEYWORDS: Gins, organization and profitability.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera se ha caracterizado siempre por ser una zona algodонера; sin embargo, en los últimos años la superficie sembrada ha venido disminuyendo por diversas causas como los altos costos de producción del cultivo; la alta volatilidad del precio internacional que rige al producto; por la elevada incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo (aunque este último punto ha sido disminuido por la introducción de semillas transgénicas,) y por la falta de apoyos gubernamentales destinados a la producción del cultivo.

Con base a los datos estadísticos reportados por el SAGDER (2022), para la Comarca Lagunera la superficie sembrada y cosechada disminuyó 37.3 % mientras la producción lo hizo en 35.3 %; el rendimiento se incrementó 12.1 %, el precio medio rural 277.4 % y el

valor de la producción lo hizo en un 123.2 %. Cabe señalar que para el año 2005 el algodón se sembró en diez municipios (cinco de la Comarca Lagunera de Coahuila y otros cinco de la Comarca Lagunera de Durango), mientras que en el 2021 sólo se sembró en sólo en cinco (Madero, Matamoros, San Pedro, Gómez Palacio y Tlahualilo) de los cuales el 82 % se concentró en los municipios de Fco. I. Madero y San Pedro de las Colonias, en la Comarca Lagunera de Coahuila, Figura 1.

La situación anterior es la que motivó la realización del presente estudio, que tiene por objetivo mostrar cómo se encuentra organizada la producción de éste cultivo y la rentabilidad mostrada por el mismo, la cual oscila año con año dependiendo del comportamiento de los precios internacionales de la fibra, teniendo como hipótesis que a pesar de los vaivenes del mercado del algodón, existe vocación algodонера y condiciones de infraestructura que permiten el funcionamiento de este sistema productivo

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio queda comprendida en la región llamada Comarca Lagunera, ubicada en el centro-norte de México. El clima de esta zona, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (Cháirez y Palerm, 2013), corresponde a BWhw” (e´), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semi cálido con invierno fresco, con una temperatura media anual entre 18 y 22 °C, y del mes más frío menor a 18 °C, con una precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales.

El estudio se concentró en dos de trece despepitadoras enclavadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila, que concentraron ese año el 83 % de la superficie sembrada con algodón.

Mapa de la Comarca Lagunera

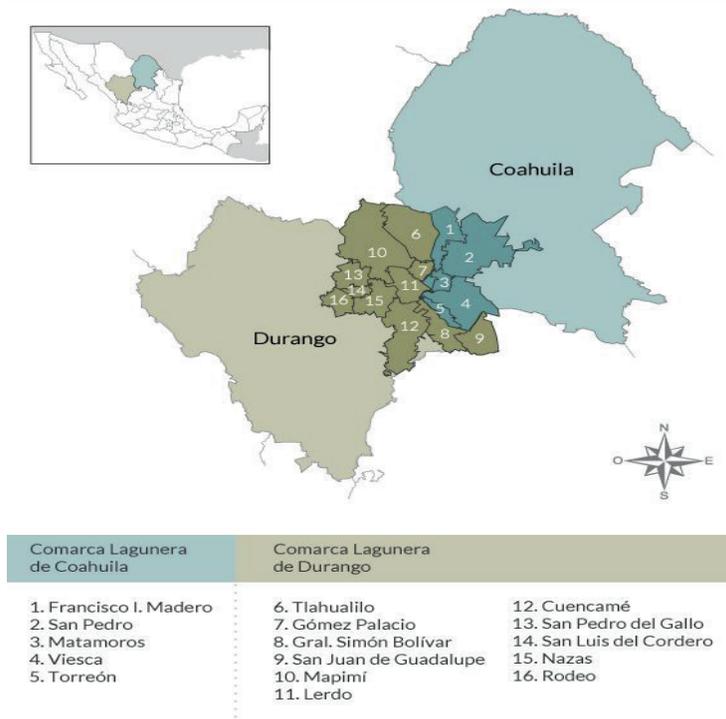


Figura 1. Municipios que integran la Comarca Lagunera.

De un universo muestral de 580 productores de algodón, registrados en despepitadoras ubicadas en los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias, Coahuila se determinó el tamaño muestra, aplicando para ello la siguiente fórmula estadística aportada por Stephen and William (1996), habiéndose estimado un tamaño de muestra de 80 productores.:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N - 1) + Z^2 \sigma^2}$$

Establecido los valores adecuados, se procedió a realizar la sustitución de estos y se aplicó la fórmula para obtener el tamaño de la muestra poblacional, que fue de 80. Para realizar la caracterización del funcionamiento de las despepitadoras y productores de algodón se dividió la muestra en tres estratos: el primero comprendió los que sembraron hasta cinco hectáreas, llamándoles pequeños productores; el segundo a los que sembraron entre 5.1 y 25 hectáreas, llamándoles medianos productores, y el tercer grupo a los productores que sembraron superficies mayores a 25 hectáreas, llamándoles grandes productores. De acuerdo con dicho criterio, 28 % de los productores de algodón quedan clasificados como pequeños; 32 % como medianos, y 20 % como grandes productores.

Los datos se obtuvieron de una encuesta integrada por 41 preguntas contestadas por los dueños de las unidades de producción algodonerías; dicha encuesta contuvo información sobre aspectos de organización y apoyo al productor. La rentabilidad del cultivo se estimó a partir del estado de cuenta de la liquidación hecha a un productor de la despepitadora San Rafael de Arriba, ubicada en el ejido del mismo nombre, del municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Esta etapa comprendió del mes de junio de 2022 hasta el mes de enero del 2023. Revisada la información de los cuestionarios se procedió a su captura, utilizando para ello el Programa Microsoft Excel, en donde fue procesada para su análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas despepitadoras de algodón

Los productores de algodón encuestados se encuentran distribuidos en dos de trece despepitadoras ubicadas en la parte del estado de Coahuila de la Comarca Lagunera, localizadas en los municipios de San Pedro de las Colonias y Francisco I. Madero, Coahuila.

La fuente financiera con que operan las despepitadoras proviene del Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura, constituidos como una Sociedad Financiera de Objeto Múltiple (SOFOM) o sociedades anónimas inscritas en el Sistema de Registro de Prestadores de Servicios Financieros (SIPRES) y tienen como objeto social principal realizar actividades de otorgamiento de crédito que ofrecen una cantidad de dinero de acuerdo con la capacidad de pago que se presente.

La despepitadora administra el recurso financiero, llevando el registro contable de cada productor. El despepite proporciona el servicio de maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de las actividades del cultivo desde la siembra hasta la cosecha y proporciona servicio de despepite tanto a socios como a productores libres, además de almacenar el algodón en fibra para su posterior venta. El requisito principal para poder brindar todos estos servicios, es que el productor presente el permiso de siembra y de movilización, tramitado ante la SAGARPA y la Junta Local de Sanidad Vegetal.

Llegada la cosecha, los productores concentran su algodón en terrenos de la despepitadora, donde se lleva a cabo el proceso de despepite para obtener la fibra de algodón correspondiente, así como los subproductos semilla de algodón y borra. Ahí mismo empacan el algodón que ha sido despepitado en pacas de alrededor de 212 kilogramos cada una; de cada paca se obtiene una muestra para determinar la calidad del algodón, pues en función de ello es el precio recibido por el mismo.

Las muestras se llevan al laboratorio del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Laguna, ubicado en Matamoros, Coahuila.

Gestiones previas a la siembra de algodón

Previo a la siembra del algodón, el productor a través de la despepitadora donde se encuentra agremiado, tramita su permiso de siembra ante SAGARPA y permiso de movilización de algodón en la Junta Local de Sanidad Vegetal. Estas despepitadoras funcionan como dispersoras de crédito en coordinación con FIRA (Banca de segundo piso), y apoyos dirigidos al productor de algodón y hay un Comité Estatal de Sanidad Vegetal que otorga el permiso de siembra y permiso de movilización ante la Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV), que depende del Servicio Nacional de Sanidad , Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Período de siembra, fuente financiera y fuente de agua utilizada

El período de siembra del algodón de acuerdo a la información recabada de los productores comprende desde el 20 de marzo hasta el 20 de abril; sin embargo, por mantenimiento y descompostura de canales éste año 2021 se extendió hasta el 2 de mayo. Esta fecha se confirma por Hernández (2009).

De acuerdo con AGROTIREX (2021), para la parte norte se siembra entre **febrero y abril**; entre noviembre y diciembre en la región de Sinaloa, y hacia el mes de julio en la zona sur del país.

Para el estado de Chihuahua la fecha de siembra en que se tienen los mejores rendimientos está considerada del 1 al 30 de abril y su período óptimo del 1 al 20 del mismo mes (Panorama agropecuario, 2021).

Para Tamaulipas la mejor época para la siembra de algodón en el norte de Tamaulipas ha sido del 15 de febrero al 15 de marzo. La primera semana de marzo se considera la época óptima (Loera *et al*, 2015)

Del total de productores, 81 por ciento de ellos recibe financiamiento para llevar a cabo su producción, el manejo del crédito lo hace la gerencia de cada uno de los despepites, quienes llevan un registro del mismo, y al final del ciclo y posterior a la venta de su cosecha hacen la liquidación correspondiente directamente con el productor. El resto siembra con recursos propios e incluso cuentan con maquinaria propia que además de atender sus parcelas se dedican a maquilar a productores que deseen contratarlos.

La fuente de agua utilizada por el cultivo de algodón es de origen superficial, proveniente de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco. Las fechas de apertura y cierre de la presa están marcadas históricamente por el inicio y fin del cultivo del algodón, por lo que el ciclo de otros cultivos debe quedar dentro de dicho período; de otra manera no tendrían agua para riego. Cabe decir que cultivos auxiliados con agua de río ven interrumpido su período de cosecha a causa del cierre de compuertas, tal es el caso de la sandía en la parte baja del municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

Precio y destino de la fibra de algodón

Al preguntar sobre el precio al que vendieron el algodón pluma, afirmaron que el año 2021 el precio en el mercado internacional del algodón había sobrepasado los cien dólares el quintal, de tal forma que en promedio vendieron el quintal a \$ 100.25 dólares estadounidenses; aunque los precios de venta más alto y más bajo registrados, fueron de 120 y 90 dólares el quintal.

Por estrato de productores, los precios promedio recibidos por el pequeño, mediano y grande productor fueron de 101.64, 97.67 y 100.25 dólares estadounidenses por quintal de algodón. Estos precios dependen del momento en que se haga la venta de la fibra, pues varían día con día en el mercado internacional.

Para el ciclo 2022, el precio de venta promedio del quintal de algodón pluma fue de \$ 81.93 dólares estadounidenses el quintal; es decir, disminuyó un 18.3 %; sin embargo los precios de venta más alto y bajo registrados, fueron de 88 y 80 dólares el quintal.

Considerando que recibieron un menor ingreso por venta del algodón, aunado a un aumento de precios de los insumos y agroquímicos del 10 % ello se tradujo en menores ingresos por los productores de algodón, situación que desincentiva enormemente la siembra del cultivo para el próximo ciclo.

Al preguntar sobre el destino final del algodón cosechado en la región, se mencionó que se destina al mercado nacional (Puebla, Cd de México y Guanajuato), y de exportación (Estados Unidos, Turquía, Pakistán, China, Taiwán, Alemania, India, y Vietnam), principalmente. Sin embargo, hay empresas compradoras locales ubicadas en la Comarca Lagunera que también compran el producto.

Sólo trece de cada cien productores tienen contrato de venta con empresas comercializadoras de algodón, que en ocasiones son las que financian su proceso productivo, el resto lo comercializa directamente a través de la despepitadora, a la cual acuden compradores con los que se negocia un precio de venta. El productor decide si vende o no; sin embargo, debido a que requiere pagar el crédito obtenido para financiar su proceso productivo, vende lo antes posible para quedar libre de deudas.

De acuerdo con un estudio de la Revista El Economista (2019), el 70 % de la fibra de algodón que se produce en México se destina a la industria textil nacional, mientras que el resto se exporta.

Solleiro y Mejía (2016), señalan que los productores nacionales de algodón encuentran en la comercialización una de las principales limitantes para participar en el mercado, ya que no pueden competir contra el sistema norteamericano basado en calidad asegurada, entregas programadas y crédito. Los consumidores mexicanos de fibra demandan entregas mensuales, exigen garantía de calidad, y tamaño y pureza en las pacas de fibra; además, se ven beneficiados con financiamiento. Estados Unidos está especializado en el grosor y espesor de las fibras. Generalmente, hace un contrato con la

empresa textil en el que especifica tiempos de entrega, con ello, el comprador se ahorra los costos de almacén, de seguros y financieros, situación contra la que los productores mexicanos no pueden competir.

Costos de producción y rentabilidad del cultivo de algodón

De acuerdo a información proporcionada por los productores laguneros; la cosecha de algodón en hueso estaría desglosada de la siguiente forma: 38.7 por ciento equivale algodón pluma; 48.5 por ciento a peso de la semilla y el 12.8 por ciento a residuos de maleza propios de la planta. El Cuadro 1 se presenta un análisis de la rentabilidad del cultivo para un productor que sembró 5.2 ha de algodón para el ciclo 2021.

Costos	Costo de Producción para 5.2 ha en pesos (\$)	Costo de producción para 1 ha en pesos (\$)
Costo total ejercido	236474.4	45475.8
Costo financiero 7 % de 377475.4	26423.3	5081.4
Costo de clasificación de pacas (22 pesos por 66.37 pacas)	1460.2	280.8
Impuesto municipal (\$/ton = 40) * (36.36 ton)	1454.0	279.6
Costo para obtención de semilla de algodón en hueso (36 360 kilos) * (\$/kg = 1.6)	58176.0	11187.7
Costos totales	323987.9	62305.4
Ingresos		
a. por fibra de algodón (14071.32 kg = 305.765 quintales a 107.6 dólares/quintal. Tipo de cambio 20.6 pesos/dólar	677747.2	130336.0
b. por venta de semilla de algodón (17 635 kg semilla) * (\$/kg 7.6)	134023.0	25773.7
Préstamos recibidos	181000.0	34807.7
Ingresos netos	992770.2	190917.3
Relación Beneficio/Costo	3.1	3.1

Cuadro 1. Estimación de la relación beneficio costo del cultivo de algodón y subproductos para un productor de 5.2 ha sembradas para el ciclo 2021 en la Comarca Lagunera.

Fuente: Productor de algodón de la Comarca Lagunera

Para el ciclo 2021, el costo de producción para un productor de 5.2 hectáreas fue de 236,475.4; es decir de 45,476 pesos, por hectárea.

Los costos de producción involucran desde preparación del terreno, labores culturales, fertilizantes, seguro agrícola, insecticidas, pesca, costo de agua, asistencia técnica, cosecha, acarreo, además de los que se tuvieron para obtener semilla limpia de algodón hueso, los impuestos municipales el costo de clasificación de pacas y el costo financiero.

Los ingresos obtenidos por venta del algodón pluma, consideraron 305.765 quintales equivalentes a 14.07132 toneladas obtenidas de las 5.2 ha, cada quintal se vendió a 107.6 dólares a un tipo de cambio de 20.60 pesos por dólar.

Los ingresos obtenidos por venta de semilla de algodón en hueso resultaron de vender 17635 kilos de semilla a razón de 7.60 el kilo. Los préstamos recibidos se consideran parte del ingreso recibido, mismos que al momento de la liquidación le fueron recogidos.

La relación beneficio costo para este ciclo y este productor en particular ascendió a 3.1; es decir, por peso invertido recuperó 3.1 pesos más. El factor importante para dichos ingresos fue el precio al que vendió el algodón, mismo que se elevó a 107.60 dólares el quintal.

Solleiro y Mejía (2016) señalan que los costos de producción dependen del paquete tecnológico utilizado por el productor de algodón; y afirman que para el año 2012, la región con los mayores costos de producción era la Comarca Lagunera, pero también era la más productiva/ha. En tanto, la región con los menores costos era Nuevo Casas Grandes con \$28.783/ha.

Para Chihuahua y Baja California Sur la relación beneficio costo reportada por el Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura fue respectivamente de 1.12 y 1.19 (Gutiérrez, 2021) es decir, por cada peso invertido reciben 0.12 y 0.19 pesos de utilidad, indicador que le permite al productor decidir si siembra o cambia este cultivo por otro que ofrezca mayor rentabilidad.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas por este estudio, las principales conclusiones y recomendaciones derivadas, se presentan a continuación:

Existe la infraestructura organizativa necesaria para la operación y funcionamiento del cultivo del algodón en la región, donde la permanencia de las despepitadoras es crucial.

La interacción entre instituciones crediticias, sanitarias y de investigación con la despepitadora permite mantener en estado estable el control de plagas y enfermedades y la calidad de fibra necesaria para ser comercializada en el mercado nacional e internacional.

La presencia de un sistema productivo altamente mecanizado salta a la vista en la región, incluyendo la cosecha mecánica y el uso de transgénicos y agroquímicos en el

control fitosanitario del mismo. No obstante, el cultivo paulatinamente ha dejado de ser un generador de empleo intensivo debido a su modernización tecnológica.

La rentabilidad del algodón es elevada en especial este año, debido al precio internacional al que se comercializó y al ingreso recibido de la venta de subproductos como la semilla y la borra del algodón.

La situación que presenta el sistema de producción es su alta dependencia del precio internacional. Esta alta dependencia debe solventarse mediante la participación gubernamental como apoyos en coberturas de precio al productor, mayores facilidades crediticias, servicios de almacenes de depósito para el resguardo de la fibra, y un pago inmediato para tener liquidez para pagar créditos y mantener su capacidad de operación; es urgente la generación de políticas públicas que se ocupen de cumplir estas necesidades. Sólo con el desarrollo de un sistema logístico eficiente para entregas programadas de fibra certificada y esquemas de precio y crédito atractivos, se podrá competir con las importaciones.

REFERENCIAS

AGROTIREX, 2021. <https://agrotirex.com/como-se-cultiva-el-algodon-en-mexico-un-futuro-prometedor/#:~:text=Dependiendo%20de%20la%20zona%20de%20M%C3%A9xico%20donde%20se,de%20julio%20en%20la%20zona%20sur%20del%20pa%C3%ADs>

Cháirez, A. C. y Palerm, V. J. 2013. Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo III San Jacinto en el Distrito de Riego 017, Durango, México. En: Tecnología y Ciencias del Agua, vol IV, núm 4., septiembre-octubre, 2013, pp. 19-46.

El Economista (2019). <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Mercado-mundial-y-nacional-del-algodon-II-20190828-0072.html>

Gutiérrez H. M., 2021. Aspectos Económicos de la Producción de Algodón en México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo, 128 p.

Hernández C. A.E., 2009. Grado de adopción de la tecnología de producción de algodón en surcos estrechos y altas poblaciones de plantas en el Estado de Durango. Tesis de Maestría. UAAAN, Torreón Coahuila. 80 p.

Loera G. J., Rosales R. E. y Reyes R. M.A. 2015. Guía para cultivar algodón en el norte de Tamaulipas. Folleto para productores No. MX-0-310305-02-03-13-10-26. INIFAP-CIRNE, Campo Experimental Río Bravo Río Bravo, Tamaulipas 54 P.

Panorama agropecuario, 2021. https://panorama-agro.com/?page_id=1639#:~:text=Entre%20las%20enfermedades%20m%C3%A1s%20importantes%20en%20esta%20regi%C3%B3n,verticillium%2C%20podrici%C3%B3n%20texana%20y%20la%20viruela%20del%20algodonero

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGDER) - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2022.

Solleiro, R. J.L. y Mejía, CH. A.O. 2016. Cadena de valor en la producción de algodón en México: LOS DESAFÍOS DEL MERCADO GLOBAL J. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán del 15 al 18 de noviembre de 2016. AMECIDER – ITM

Stephen, I. and William, B. M. 1996. Handbook in Research and Evaluation. A collection of principles, methods, and strategies useful in planning, design and evaluation studies in educational and behavioral sciences. Second edition. Edits Publishers. San Diego California. USA.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA CRIANZA DE PECARÍ DE COLLAR (PECARÍ TAJACU) EN UNA COMUNIDAD RURAL DE YUCATÁN, MÉXICO

Fecha de envío: 05/06/2024

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Rubén Cornelio Montes-Pérez

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Mérida, Yucatán. México
Universidad Autónoma de Yucatán
<https://orcid.org/0000-0003-4251-7342>

RESUMEN: En México un sector de la población rural, practica la crianza de animales silvestres en confinamiento, para fines de conservación y aprovechamiento de estos ejemplares. En el año 2000 se promulgó la Ley General de Vida Silvestre para regularizar y gestionar las practicas para la crianza en cautiverio y vida libre de poblaciones de fauna silvestre, bajo el principio de conservar y aprovechar sustentablemente estas poblaciones. El objetivo del proyecto fue transferir un paquete de crianza de pecarí de collar, asesorar y hacer seguimiento a campesinos de la localidad de Yaxunah, en el municipio de Yaxcabá, Yucatán para establecer y operar la Unidad de Manejo para la Conservación de pecarí de collar (UMA) “Los Compadres”. Se tomaron acuerdos con los campesinos para ejecutar el proyecto, se efectuaron los procedimientos administrativos para el

registro, se capacitaron a campesinos para la crianza del pecarí de collar, se construyeron dos corrales y un pasillo de manejo, se entregó un pie de cría, se entrevistaron personas encargadas de restaurantes para conocer el interés de comprar carne de pecarí, se hizo el seguimiento y evaluación de los resultados de la UMA a lo largo de 2004, finalmente los criadores evaluaron el proyecto. Los resultados obtenidos son: registro de la UMA “Los Compadres”, campesinos capacitados para la crianza de pecarí de collar, entrega de cuatro hembras y tres machos como pie de cría, parición de todas las hembras que produjeron 10 crías en total en el primer año del proyecto, se localizó un establecimiento en Mérida, donde pueden vender las piezas de pecarí. Se presentan las ventas de ejemplares y piezas de carne que hicieron los criadores a lo largo de cinco años posteriores.

PALABRAS CLAVE: pecarí, UMA intensivo, saino, *báquiro*, capacitación, transferencia de tecnología.

TECHNOLOGICAL TRANSFER FOR THE BREEDING OF PECCARY (PECARI TAJACU) IN A RURAL COMMUNITY IN YUCATÁN, MEXICO

ABSTRACT: In Mexico, a sector of the rural population practices the breeding of wild animals in confinement, for the purposes of conservation and use of these specimens. In 2000, the General Wildlife Law was enacted to regularize and manage practices for breeding in captivity and free-living wildlife populations, under the principle of conserving and sustainably using these populations. The objective of the project was to transfer a collared peccary breeding package, advise and monitor peasants from the Yaxunah town, in the municipality of Yaxcabá, Yucatán to establish and operate the Management Unit for the Conservation of collared peccary (UMA) “The Compadres”. Agreements were made with the peasants to execute the project, the administrative procedures for registration were carried out, peasants were trained in the breeding of collared peccaries, two pens and a management chute were built, a breeding stock was delivered, people in charge of restaurants were interviewed to find out about the interest in buying peccary meat, the results of the UMA were monitored and evaluated throughout 2004, finally the project was evaluated by the breeders. The results obtained are: registration of the UMA “Los Compadres”, peasants trained to breed collared peccaries, delivery of four females and three males as breeding stock, birth of all females that produced 10 offspring in total in the first year of the project, an establishment was located in Mérida, where they can sell peccary pieces. The sales of specimens and pieces of meat made by the breeders over the following five years are presented.

KEYWORDS: peccary, UMA intensive, *saino*, *báquiro*, training, technology transfer.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) es frecuente en la población rural de Yucatán (Segovia, 2003). Los sitios donde se efectúa esta acción es en el monte a través de la cacería (Briceño et al., 2011); sin embargo, un sector de esta población está interesado en la crianza en cautiverio del pecarí, para tal efecto la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) gestiona las autorizaciones y registros para que personas interesadas en esta actividad establezcan Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA), con el propósito de efectuar la conservación y el aprovechamiento sustentable de especies de flora y fauna silvestres. Montes-Pérez y Mukul-Yerves (2023) reportaron que en el periodo de 1997 a 2022 aumentó la cantidad de UMA nuevas en Yucatán para el manejo de animales silvestres, el crecimiento se describió con un modelo de regresión cuadrático estadísticamente significativo. La cantidad de UMA nuevas en el periodo de 1997 a 2000 fue de 10 y en el periodo de 2017 a 2022 fue de 86.

El pecarí de collar (figura 1) presenta rasgos biológicos que permiten proponerlo como especie productiva y por tanto integrarla en el sistema-producto de ganadería diversificada (Montes-Perez y Mukul Yerves, 2010; SAGARPA, 2015), algunos de sus rasgos biológicos son los siguientes (Sowls, 1997; Montes-Perez et al., 2012):

1. Son pseudorrumiantes, porque tienen estómago compuesto donde fermentan fibra celulósica vegetal para generar ácidos grasos volátiles, pero no rumian, consumen una amplia variedad de forraje arbóreo como *B. alicastrum*, *L. Leucocephala*, frutos de *Carica* spp, *Cucurbita* spp, tubérculos como *Manihot* spp y xerofitas suculentas *Opuntia* spp; sin embargo, ingieren materia animal, entre el 0.1 a 0.8% del contenido estomacal.
2. Son resilientes a parásitos.
3. Tienen reproducción continua durante el año.
4. Las hembras pueden parir de 2 a 3 crías por camada.

El beneficio que obtiene el criador es producir carne y subproductos como piel y cerdas, que son los pelos gruesos y rígidos que recubren la piel del pecarí, y también es aprovechado en la actividad cinegética.



Figura 1. Manada de pecaríes de collar adultos en uno de los corrales de la UMA Xmatkuil, Yucatán, México

Los objetivos de este proyecto fueron:

1. Capacitar a criadores para la producción de pecarí de collar en confinamiento.
2. Establecer UMA de modalidad de manejo intensivo, para la producción de carne y/o subproductos del pecarí de collar (*Pecari tajacu*).
3. Alcanzar tasa de partos al año del 40 a 50%
4. Aumentar la población animal a partir de nacencias.
5. Identificar algún establecimiento en la ciudad de Mérida, Yucatán para la comercialización de carne de pecarí de collar.
6. Evaluar el proyecto por los criadores.

MATERIAL Y MÉTODOS

La convocatoria para solicitar beneficiarios del proyecto de transferencia tecnológica, fue difundida a través del Departamento de Investigación en Sistemas y Extensión (DISE) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán en 2001. A través del DISE se estableció contacto con un grupo de campesinos de la localidad de Yaxunáh en el municipio de Yaxcabá en Yucatán, con ellos procedimos a planificar la aplicación de este proyecto.

Antes de iniciar el proyecto se tomaron acuerdos con este grupo de campesinos para asumir compromisos entre las dos partes colaboradoras. Los principales compromisos que asumieron los campesinos fueron: organizarse para formar la UMA denominada “Los Compadres”, delegar responsabilidades para funciones de Representante legal, secretario, tesorero y miembros activos, aportar la información y documentación necesaria para efectuar el registro de la UMA, otorgar la cesión de derechos de apropiación del terreno para establecer la infraestructura de la UMA, aportar la mano de obra para la construcción de la infraestructura de acuerdo al plano de construcción, alimentar, cuidar, registrar datos e informar a los técnicos del proyecto los avances o incidentes que sucedieran, brindar a los técnicos del proyecto las facilidades para el manejo y seguimiento de la crianza de los animales.

Por parte de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), aportar los técnicos para el establecimiento y registro ante la SEMARNAT, capacitación, asesoría técnica para el diseño y construcción de la UMA, aportar los materiales para construcción de los corrales, entregar el pié de cría para iniciar la crianza, hacer el seguimiento y asesoría durante un año para alcanzar los objetivos del proyecto.

El proyecto se ejecutó en dos etapas:

Etapas 1.- Capacitación de los criadores para la crianza y producción de pecarí de collar (*Pecari tajacu*), la construcción de la infraestructura de la UMA intensiva. Se diseñó el curso de capacitación que se aplicó al grupo de criadores. Este curso se ejecutó en dos acciones generales, primero capacitación teórica sobre las características de la especie, el manejo nutricional, reproductivo y sanitario, de acuerdo a los resultados de investigaciones efectuadas por nuestro equipo de trabajo y complementada con información publicada sobre estos temas, se les entregaron varios ejemplares impresos de un manual para la crianza de pecarí en corral; esta acción se efectuó en la escuela pública de la comunidad de Yaxunáh y la segunda correspondió a la sesión práctica para el manejo de animales en corral, se llevó a cabo en la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) Xmatkuil, dependencia de la UADY, ubicada en Mérida, Yucatán. También se efectuaron los procedimientos administrativos para registrar la UMA ante SEMARNAT. Se realizaron las primeras acciones de seguimiento a través de visitas quincenales y mensuales para supervisar la construcción, así como completar la documentación necesaria para el registro de la UMA.

Etapa 2.- Entrega del pié de cría, operación y seguimiento de la UMA Los Compadres, para alcanzar los objetivos 3 y 4. Las hembras y machos entregados eran animales que habían generado crías en la UMA Xmatkuil. De enero a octubre de 2004 se hicieron visitas mensuales y trimestrales para hacer el seguimiento de la crianza del pecarí de collar, se analizaron los resultados de la crianza de pecarí de la UMA Los Compadres para generar los indicadores básicos. Se aplicó entrevista a varios encargados de restaurantes en la ciudad de Mérida, para ubicar algún sitio donde se podría vender la carne de pecarí. Finalmente, los criadores evaluaron el proyecto mediante la aplicación de un cuestionario escrito.

RESULTADOS

Etapa 1.

El curso de capacitación se efectuó en el mes de marzo de 2003 en dos sesiones. La primera fue la parte teórica, donde se informó de los tipos de UMA, requisitos para su funcionamiento, morfología del pecarí de collar, rasgos biológicos, manejo nutricional, reproductivo y problemas de salud, finalmente se abordaron temas de acciones para prevenir enfermedades y registro de información, esta sesión se impartió en la escuela pública de la localidad de Yaxunáh (figura 2). La segunda sesión fue práctica en la UMA Xmatkuil, en esta sesión se ejecutaron las siguientes acciones generales: descripción de las actividades diarias y quincenales del manejo de los animales, demostración de las actividades de limpieza, alimentación y manejo de animales en el corral, ejecución por parte de los criadores de estas mismas actividades en los corrales, contención física y química de ejemplares para hacer el examen físico, marcaje, sexado y pesaje de éstos, repaso general de las acciones practicadas en ese día. En la figura 3 se muestran fotografías de la sesión práctica.

Se registró a la UMA Los Compadres ante la SEMARNAT, con el número de clave SEMARNAT-UMA-IN-0054-YUC-03. La asociación de criadores de pecarí de collar en Yaxunáh lo integraron 11 campesinos, todos varones entre 18 y 65 años de edad, la figura 4 muestra el grupo de criadores y técnicos capacitadores al final de la segunda sesión de capacitación.

Se construyeron dos corrales de 100 m² cada uno, la figura 5 muestra el croquis y fotografía de los encierros, en los cuales se dispone de un techo de hojas de palma, un estanque, y comederos; el cerco perimetral es de malla ciclónica de 1.5 m de altura, fijado por una cadena de concreto a mampostería de piedra enterrada al suelo, los postes que mantienen el cerco perimetral son de vigueta pretensada de 2 m de longitud, enterrada y fijada al suelo con relleno de concreto. Anexo a los dos corrales se dispone de una manga o pasillo de manejo, donde se capturan a los animales con redes de aro.

Etapa 2.

Se seleccionaron cuatro hembras y tres machos adultos fértiles, es decir las hembras tuvieron partos anteriores y habían estado en contacto con los tres machos. Se hicieron los trámites ante SEMARNAT para obtener la autorización de traslado, este pie de cría fue transportado de la UMA Xmatkuil a la UMA Los Compadres en el mes de enero de 2004, la figura 6 muestra el oficio de autorización. Las figuras 7 y 8 muestran la recepción del pie de cría, la figura 9 muestra un acercamiento de los animales entregados. La figura 10 corresponde a las dos primeras crías nacidas en la UMA Los Compadres. La figura 11 muestra algunas de las actividades de supervisión de los técnicos del proyecto en cuanto al manejo de animales por los criadores.

El manejo que efectuaron los criadores de pecarí fue eficiente y la asesoría tuvo resultados satisfactorios, de manera que los objetivos del proyecto se alcanzaron, tanto por la experiencia que acumularon los mismos criadores, como por los indicadores obtenidos en la UMA Los Compadres. La Tabla 1 exhibe los indicadores básicos de la UMA Los Compadres entre los meses de enero a octubre de 2004. La Tabla 2 muestra los resultados de la venta de pecaríes que efectuaron los criadores en los años posteriores a la transferencia tecnológica.

Al finalizar el proyecto los criadores hicieron la evaluación de satisfacción del curso, asesoría técnica, distribución de los recursos materiales para establecer la UMA Los Compadres y los resultados obtenidos (figura 12).





Figura 2. Imágenes de la primera sesión de capacitación a criadores de pecari en la comunidad rural de Yaxuna, Yucatán, México.





Figura 3. Imágenes de la segunda sesión de actividad de capacitación, corresponde al manejo de animales en corral en la UMA Xmatkuil, Yucatan, México .



Figura 4. Miembros de la asociación de criadores de pecari de la UMA Los Compadres y Técnicos capacitadores al finalizar el curso de capacitación.

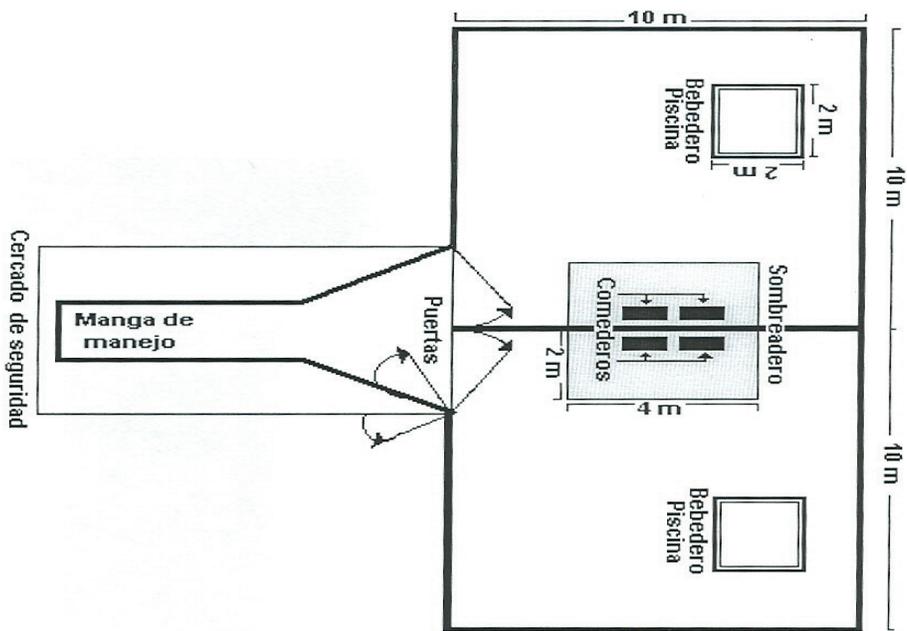


Figura 5. Fotografía y croquis de los corrales para confinar pecarí de collar, en la UMA Los Compadres.



DELEGACIÓN FEDERAL EN YUCATÁN
SUBDELEGACIÓN DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN
AMBIENTAL
 UNIDAD DE APROVECHAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE RECURSOS
 NATURALES
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y VIDA SILVESTRE
 NRA: UAYT23105011
 NO. DE BITÁCORA : 31/IF-5177/11/03
 OFICIO No. 726.4/1704

02388

Mérida, Yucatán a 8 de diciembre de 2003

"2003. Año del CCL Aniversario del Natalicio de Don Miguel Hidalgo y Costilla. Padre de la Patria".

AUTORIZACIÓN PARA TRASLADO

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: UMA "XMATKUIL" Y/O M. C. FERNANDO HERRERA Y GÓMEZ

**DOMICILIO : KM 15.5 DE LA CARRETERA MÉRIDA- XMATKUIL, MÉRIDA, YUCATÁN TEL: 9423200
 FAX: 9423205**

Con fundamento en los Artículos 32-Bis fracciones I, III, V, XII, XX y XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 79 al 86 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 1º, 2º, 9º fracciones XII, XIII, XIX y XX; 29, 30, 31, 50 y 52 de la Ley General de Vida Silvestre; Arts. 31 fracción VI y 36 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el numeral XXIII del Manual de Procedimientos para Autorizaciones, Permisos, Registros, Informes y Avisos relacionados con la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Flora y Fauna Silvestre y Otros Recursos Biológicos y de acuerdo con la circular No. DOO750.-0690/97 del 29 de enero de 1997, signada por el Director General de Vida Silvestre, esta Delegación Federal otorga la presente autorización, para el traslado por vía terrestre de ejemplares vivos de Fauna Silvestre: **NACIONAL**

N. COMUN	N. CIENTIFICO	M	H	S/S	MARCAJE	TOTAL
PECARI DE COLLAR	<i>Pecari tajacu</i>	3	4	0	ARETES No. 40, 41, 42, 46, 47, 43 Y 44	7

LUGAR DE PROCEDENCIA	DESTINO	TIEMPO DE PERMANENCIA
UMA "XMATKUIL" KM 15.5 DE LA CARRETERA MÉRIDA, XMATKUIL, MÉRIDA, YUCATÁN TEL: 9423200 FAX: 9423205 CLAVE DE REG. No. DFYFS-CR-IN-067-YUC/98	UMA "LOS COMPADRES" EJIDO DE YAXUNAH, MUNICIPIO DE YAXCABÁ, YUCATÁN CLAVE DE REG. No. SEMARNAT-UMA-IN-0054-YUC-03	DEFINITIVA

FINALIDAD DEL TRASLADO: REPRODUCCIÓN

ESTA AUTORIZACIÓN TIENE UNA VIGENCIA DE 90 (NOVENTA) DÍAS.

Oficina Integral de Servicios: Av. Pérez Ponce, Núm. 110, Col. Itzimná, C.P. 97100
 Mérida, Yucatán, Tel. (999) 9421300 Información y Quejas: 01 800 9878352
 Horario de Atención: Lunes a Viernes de 8:30 a 14:30 Horas



1

Figura 6. Oficio de autorización de traslado del pie de cría de pecari de collar de la UMA Xmatkuil a la UMA Los Compadres, emitido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.



Figura 7. Recepción del pie de cria de pecari de collar a la UMA Los Compadres.



Figura 8. Cajas de traslado del pie de cria y grupo de criadores de la UMA Los Compadres.



Figura 9. Pié de cría de pecari de collar dentro del corral de la UMA Los Compadres y animales nacidos posteriormente.



Figura 10. Primeras dos crías nacidas en la UMA Los Compadres, tres meses después de haber llegado al recinto el pie de cría.



Figura 11. Asesoría y seguimiento de las actividades de pesaje, sexado y marcaje de pecari en la UMA Los Compadres.

Indicador	Enero a octubre de 2004
Partos/hembra	1.25 (5/4)
Fertilidad acumulada	100% (4/4)
Crías/parto	2
Proporción de sexos de las crías	50% hembras y 50% machos
Crías nacidas	10
Supervivencia (crías vivas)	8/10 (80%)
Total de la población	15 (7+8)
Porcentaje acumulado a partir del pie de cría entregado	114% (8/7)

Tabla 1. Indicadores de la UMA Los Compadres, durante los meses de enero a octubre de 2004. El Pie de cría entregada fueron tres machos y cuatro hembras.

Los datos obtenidos del estudio de mercado fueron los siguientes, uno de 15 (6.7%) restaurantes turísticos respondió que si compraría carne de pecarí pero prefiere se lo entreguen en cortes tipo lomo (ribeye), T-bone, etc., además estaría dispuesto a solicitar 10 kg de carne semanalmente, pero no se acordó el precio.

La evaluación del proyecto al finalizar fue favorable, el porcentaje Total de respuestas por categoría de acuerdo a la calidad del proyecto fue el siguiente: Malo 0%, Regular 6%, Bueno 94%

¿Beneficios que le otorga este proyecto? La respuesta fue Puede vender y comer carne de pecarí criado en corral.

¿Recomendaría que este proyecto se aplicara a otras personas interesadas? La respuesta fue SI (100%)



Figura 12. Grupo de criadores de pecarí de la UMA Los Compadres que están contestando el cuestionario para evaluar el proyecto y el curso de capacitación

Año	producto	destino	Cantidad de animales	Subtotal en dólares americanos
2006	carne	Restaurant	5	\$553.5
2007	Carne	Restaurant	3	\$332.4
2008	Carne Pie de cría	Restaurant Criador	7 2	\$768.5 \$224.7
2009	Platillo	Turismo gastronómico	1	\$296.3
2010	Pie de cria	Criador	9	\$1425.18
Total			27	\$3600.58

Tabla 2. Venta de pecarías de collar producidos en la UMA Los Compadres durante el periodo posterior a la entrega del pie de cria. (Euan J.C., com. pers. Responsable técnico de la UMA Los Compadres, 2010).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este proyecto son congruentes con lo mencionado por Ojasti (1993), en cuanto a que el pecarí de collar puede tener una producción sostenida en cautiverio, Jori et al (2004) mencionan que la crianza en cautiverio de manadas grandes de pecari de collar es técnicamente viable y podría alcanzar buena rentabilidad, también reportan que el aumento poblacional del pecari bajo crianza controlada puede ser de manera exponencial, siempre y cuando se les proporcione suficiente alimento, espacio y tengan baja mortalidad natural. Viveros (2011) menciona que las hembras pueden producir de 1.4 a 1.8 camadas al año, esto significa que algunas hembras pueden parir de 1 a 2 veces al año, tal como nosotros en esta investigación reportamos en el indicador de número de partos al año con valor de 1.25; Bodmer *et al.* (1997) mencionan que presenta una productividad bruta de 1.02 (fetos/hembra adulta examinada) en condiciones de vida libre, lo cual puede mejorarse bajo condiciones de crianza controlada en corral.

Con los indicadores presentados en este reporte, es posible suponer que bajo las condiciones de manejo mencionados y en ausencia de siniestros climáticos como afectación por huracanes, parasitosis aguda, estrés por sobrepoblación, aumento de endogamia o alguna enfermedad infecto-contagiosa, se podría reducir la tasa de mortalidad de crías del 20 al 10%, si se mantiene la fertilidad en 100%, un tamaño de camada de 2 crías/parto, entonces la población aumentaría más que lo registrado en la Tabla 1.

Un rasgo importante del manejo de esta UMA son las fuentes de alimento que utilizaron los criadores, fueron frutas producidas en sus huertos, como papaya *Carica* spp, calabaza *Cucurbita* spp, forraje cortado de sus huertos y de áreas selváticas alrededor de la UMA, principalmente arboles nativos forrajeros como *L. leucophala*, *B. alicastrum*, en menor cantidad maíz criollo, residuos de pan y tortilla, lo que significa que utilizan recursos bióticos disponibles en sus agroecosistemas, y ocasionalmente aporte de alimento comercial para cerdo.

May et al. (2019) reportaron que a partir del análisis técnico y económico entre los años 2013 a 2016 de cuatro UMA de pecarí que lo producen y comercializan en Yucatán, la UMA Los Compadres es la que tiene menos vulnerabilidad económica, a pesar de algunas deficiencias de manejo técnico y administrativo, que también lo presentan las demás UMAs estudiadas; concluyen que otras dos limitantes son también importantes: escasa comercialización y nicho de mercado local restringido. La demanda de carne de pecarí en la ciudad de Mérida es baja, solo un restaurante lo solicita, el estimado es de un animal a la semana, significa que serían 52 animales al año con las características del producto cárnico que solicita el comprador; sin embargo, existen mercados alternativos, como lo reporta Jori et al. (2004) que es la venta de piel; también es posible generar productos derivados de la carne de pecarí de collar que serían embutidos: chorizo o longaniza, los cuales tienen buena calidad nutricional porque contienen menos cantidad de grasas y mayor cantidad de proteína que la de cerdo (Carrillo- Mendiburo et al. 2019).

Varios retos que deben superar los criadores son: transitar de criadores de animal vivo o carne en canal a oferentes de servicios, como la gastronomía turística, porque de esta manera se genera valor agregado al producto básico, tal como se observa en la Tabla 2 en el año 2009, cuando un solo ejemplar aumento su precio a \$296.3 USD a partir del precio \$109.78 USD como carne, o en pie a \$112.35 USD en 2008. Para que los criadores logren este avance, es necesario capacitarlos en vinculación con sus familiares como emprendedores; sin embargo, es imprescindible que ante el escenario del emprendimiento, la capacitación y formación tenga el carácter de manejo y aprovechamiento sustentable, es decir con enfoque de conservar y aprovechar a la especie y los ecosistemas donde habitan (González, 2007; DOF 1988).

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los criadores que recibieron la transferencia de tecnología para producir y vender pecarí de collar, alcanzaron los objetivos planteados en el proyecto en el mismo año que recibieron el pie de cría, incluso mantuvieron su sistema productivo varios años más, de acuerdo al reporte de su responsable técnico y un estudio técnico y económico de UMAs de pecarí en Yucatán.

El éxito de la crianza de pecarí de collar en la comunidad de Yaxunáh, Yucatán, depende de varios componentes que tiene el paquete de transferencia tecnológica empleado en este proyecto, primero contar con una comunidad bien organizada y estable en cuanto a su cohesión social, cumplir con los acuerdos establecidos entre las partes, entregar pie de cría con animales sanos y fértiles, apoyo y asesoría continua para establecer la confianza entre las partes, conducir labores eficientes de crianza por personal técnico con elevada competencia profesional, transferir una propuesta bien diseñada bajo las circunstancias de los beneficiarios y obtener resultados por arriba de lo originalmente planificados.

RECONOCIMIENTO

Este proyecto fue financiado por SAGARPA, GOBIERNO ESTADO DE YUCATAN, ALIANZA PARA EL CAMPO Y FUNDACIÓN YUCATAN PRODUCE A.C. En el Programa Investigación y Transferencia Tecnológica 2001.

REFERENCIAS

- Bodmer, R., Aquino, R., Puertas, P., Reyes, C., Fang, T., y Gottdenker, N. (1997) *Manejo y uso sustentable de pecaríes en la Amazonía Peruana*. Occasional Paper No. 18 de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, Quito, Ecuador. ISBN: 2-8317-0425-1. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/SSC-OP-018.pdf>
- Briceño M.M.A., Montes, P.R., Aguilar, C.W., Pool, C.A. (2011) *Cacería del pecarí de collar (Pecari tajacu) (Artiodactyla: Tayassuidae) en Tzucacab, Yucatán, México*. Revista Mexicana de Mastozoología. Año 1. No. 1:8-18. <http://www.rev mex mastozoologia.unam.mx/ojs/index.php/rmm/article/view/9>
- Carrillo-Mendiburu, F.J., Toledo-López, V.M., Montes-Pérez, R.C y Cuevas-Glory, L.F. (2019) *Composición química de la carne y productos cárnicos de Pecarí de Collar (Pecari tajacu)*. Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-@ECORFAN-México. https://www.ecorfan.org/proceedings/Proceedings_Biologia_y_Quimica_TI/Proceedings_Biologia_y_Quimica_TI_2.pdf
- DOF Diario Oficial de la Federación, Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- González, B. (2007). *Aprovechamiento sustentable de la vida silvestre*. Café Scientifico, 3 de julio. Guadalajara, Jalisco: ITESO, Universidad Jesuíta de Guadalajara. <https://rei.iteso.mx/items/f356f5bf-384b-4238-a9e1-068c522da120>
- Jori F., Nogueira-Filho, S.L.G., Mendes, A., da Cunha Nogueira, S.S. (2004) El manejo colectivo de grandes grupos de pecarí de collar (Tayassu tajacu) nacidos en cautividad. Un paso hacia el "ranching"?. Conference: VI Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y America Latina At: Iquitos, Peru Volume: 1: 17, 29-33. https://www.researchgate.net/publication/242191283_El_manejo_colectivo_de_grandes_grupos_de_pecarí_de_collar_Tayassu_tajacu_nacidos_en_cautividad_Un_paso_hacia_el_ranching
- May, C.C., Montes, P.R., Euan, O.J. (2019) *Caracterización de las UMAS intensivas de pecarí de collar (Pecari tajacu) y comercialización de sus productos en Yucatán, México*. En: Perezgrovas Garza, R.A. y Sedano Quirarte, E.J. (Eds.) Estudios sobre la fauna silvestre de México y las interacciones humano-animal. Red Mexicana sobre Conservación y Utilización de los Recursos Zoogenéticos, A.C. ISBN: 978-607-561-034-4.
- Montes-Perez, R., Mora Camacho, O., Mukul-Yerves, J.M. (2012) *Forage intake of the collared peccary (Pecari tajacu)*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 25:586-591. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000400006
- Montes-Pérez, RC, Mukul-Yerves, J.M. (2010) *Fauna silvestre como alternativa ganadera*. En: Duran R y M Mendez (eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. ISBN: 978-607-7823-05-6. <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap9/05%20Fauna%20silvestre%20como%20alternativa.pdf>

Montes-Pérez, R.C., & Mukul-Yerves, J. M. (2023) *Unidades de Manejo para la Conservación de Fauna Silvestre en el Estado de Yucatán en el periodo de 1997 a 2022*. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 11(1): 150–158. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/467>

Ojasti, J.Pr., (1993) *Utilización de la fauna Silvestre en América Latina: Situación y perspectivas para un manejo sostenible*. Serie Conservación No. 25, FAO, Roma, https://archive.org/details/bub_gb_FUz48pIZ5LQC/page/n1/mode/1up

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2015) Sistema Producto Ganadería Diversificada. <https://www.gob.mx/agricultura%7Ctamaulipas/es/articulos/autorizan-creacion-de-sistema-producto-ganaderia-diversificada-para-tamaulipas>

Segovia, C.A. (2003) *La cacería de subsistencia en Tzucacab, Yucatán, México*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2:49. <https://pagosccba.uady.mx/publicaciones/journal/2003-1/segovia2001.pdf>

Sowls, L.K. (1997) *Javelinas and other peccaries: Their Biology, Management, and use*. Second edition. Texas A&M University Press. Tucson, Arizona, ISBN: 0-89096-717-2.

Viveros, P.S.A. (2011) Factores para el éxito en la producción intensiva de pecarí de collar (*Pecari tajacu* Linnaeus 1758) en la UMA Rancho Viveros, Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. [Trabajo Recepcional en la modalidad de: Trabajo Práctico Educativo. Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver]. https://www.academia.edu/8363637/FACTORES_PARA_EL_%C3%89XITO_EN_LA_PRODUCCION_INTENSIVA_DE_PECAR%C3%8D_DE_COLLAR_Pecari_tajacu_Linnaeus_1758_EN_LA_UMA_RANCHO_VIVEROS_MUNICIPIO_DE_EMILIANO_ZAPATA_VERACRUZ

TRICHODERMA ASPERELLUM MT04438 COMO BIOESTIMULANTE DE RENDIMIENTO EN MAÍZ CRIOLLO BLANCO (ZEA MAYS)

Fecha de aceptación: 01/07/2024

José Israel Rodríguez Barrón

Researcher professor from Chemical & Biochemical Engineering Department at: Instituto Tecnológico de Tecip. Tecip Nayarit

Brenda Bermúdez

Biochemical Engineer researcher professor from Chemical & Biochemical Engineering Department at: Instituto Tecnológico de Tecip

Víctor Manuel Mata Prado

Researcher professor from the Industrial Engineering Department at: Instituto Tecnológico de Tecip. Tecip Nayarit

Ramón Rodríguez Blanco

Profesor e investigador de la Unidad Académica de Agricultura en la Universidad Autónoma de Nayarit

RESUMEN: La presente investigación evaluó el hongo nativo *Trichoderma asperellum* con registro MT044384 en National Center Biotechnology (NCBI), USA, para conocer su mecanismo de acción de bioestimulante de crecimiento y rendimiento maíz criollo blanco. Se evaluó una concentración de 1×10^8 esporas/ml de *T. asperellum* que se

asperjó al follaje de la planta cada 21 días hasta la formación de la espiga, con una combinación del hongo bioestimulante y composta, y tratamientos control sin el hongo y sin composta. El experimento se distribuyó en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, en condiciones de campo e invernadero. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey con significancia de $p < 0.0001$. *T. asperellum* estimuló la altura de la planta del maíz criollo y las variables de rendimiento en condiciones de invernadero y campo comparadas con los tratamientos control. El mejor rendimiento de grano de maíz se obtuvo en *T. asperellum* en invernadero con 9.40 ton/ha, seguido de *T. asperellum* más composta en campo con 8.92 ton/ha ambos tratamientos fueron significativamente iguales, esto representa un promedio de hasta un 60 por ciento en relación con los tratamientos control. La mayor altura fue de 372.5 cm en *T. asperellum* en invernadero. La cepa nativa *T. asperellum* MT044384 potencialmente es una buena alternativa para incrementar los rendimientos del maíz criollo.

PALABRAS CLAVE: *Trichoderma asperellum* MT044384, Maíz criollo.

INTRODUCCIÓN

Una de las prioridades en el mundo y particularmente en Europa, es la reducción de plaguicidas, fungicidas en la agricultura para desarrollar una seguridad alimentaria en el consumidor y la biodiversidad del ambiente. El control biológico ha cobrado fuerza en los últimos años como una alternativa al desuso de los agroquímicos sintéticos, Woo et al. (2014). Los bioestimulantes de *Trichoderma* son seguros para el hombre, el ganado, las abejas y las plantas incluyendo las de uso hortícola, (López, Pelagio, y Herrera, 2015). *Trichoderma harzianum* es una de las especies más experimentadas en los cultivos y en el mundo. La cepa *T. harzianum* T-22 demostró mecanismos de acción en aumentar el crecimiento y desarrollo de las plantas y un sistema radicular robusto. En plantas ornamentales y césped acrecentó la resistencia a la sequía. En maíz se alcanzó un mayor rendimiento y una reducción de hasta un 40% de cantidad de nitrógeno en comparación de las plantas que no tuvieron el hongo T-22, (Harman, 2000).

Los efectos de los bioestimulantes con microorganismos producen un alto rendimiento en los cultivos agrícolas, que intensifican el aprovechamiento del uso de los nutrientes e incrementan la actividad fotosintética y la resistencia al estrés biótico y abiótico, estos contribuyen a una agricultura más sustentable y resiliente, (Van Oosten et al, 2017). Las cepas de *Trichoderma* tienen la cualidad de mejorar la capacidad de inducir la eficiencia de uso de nitrógeno, de tal forma que la aplicación de bajas dosis de nitrógeno a las plantas, evita la contaminación del agua y la eutroficación, que incluye el desarrollo de “zonas muertas” en las bahías y las bocas de los ríos, (Harman, 2011). *Trichoderma asperellum* es un agente de control biológico de fitopatógenos de importancia en la agricultura y un bioestimulante de crecimiento de las plantas agrícolas.

La cepa *T. asperellum* Ta. 85 se seleccionó por su capacidad promotora del crecimiento del sistema radical en plantas de frijol cultivar BAT-304, tres cepas de esta misma especie también tuvieron efectos positivos de promover el crecimiento foliar, estas cepas son considerados como candidatos para crear biofertilizantes en el frijol, (González et al 2019). *T. asperellum* Ta13-17 a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} redujo la incidencia de la mancha foliar *Corynespora cassiicola* en el jitomate, asimismo presento un mayor rendimiento y actividad fotosintética, (Celis et al 2023). *Trichoderma asperellum* MT044384 tiene la capacidad de reducir la incidencia de la enfermedad pudrición blanda en la jaca causada por el hongo de *Rhizopus stolonifer*, (Rodríguez B. J.E.).

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar la capacidad bioestimuladora del aislado nativo *Trichoderma asperellum* MT044384 sobre el maíz criollo blanco, para incrementar el rendimiento de su producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las condiciones ambientales del presente trabajo se desarrollaron durante el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2018, en un invernadero y en campo, colindantes al Departamento de Ingeniería Bioquímica e Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Tepic, que se ubica a 21°28'45" latitud norte, y 104°51'56" longitud oeste. La temperatura promedio del cultivo en condiciones de campo fue de 21°C y en el invernadero fue de 32°C.

Se utilizó una mezcla de maíz criollo de grano blanco, procedente de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, se sembró con una coa, se depositó dos semillas por hoyo. El experimento consistió de ocho tratamientos, de los cuales cuatro se les aplicó *Trichoderma* y cuatro sin el hongo que crecieron en condiciones de campo e invernadero. De estos tratamientos con y sin *Trichoderma*, dos de estos tratamientos, se aplicó una dosis de 4 toneladas/ha. de composta marca *Terra Sana* elaborada de bagazo de caña. Cuando las plantas de maíz presentaron las cuatro hojas verdaderas se asperjó al follaje una concentración de 1×10^8 esporas/ml de *T. asperellum* MT044384, las aspersiones con el hongo se realizaron cada 21 días hasta llegar a la floración.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las variables de estudio fueron altura de planta, diámetro de tallo, y cualidades físicas de la mazorca. El rendimiento de grano de los tratamientos se realizó con el peso de 100 g de semilla de maíz que se guardaron en sobres de papel amarillo, estos se secaron en un horno (MARCA Memmer) a una temperatura de 75 °C durante 48 horas. Al final de este tiempo se pesaron los sobres con maíz y se comparó con el peso inicial de las semillas. Otra vez se secaron los sobres con maíz por un periodo de 24 horas a la temperatura indicada, hasta lograr un peso constante de cada uno de los tratamientos, (Manual de determinación de rendimiento, (2012). Los tratamientos se compararon en un análisis de varianza, y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en el paquete estadístico SAS System for Windows 9.1.

El hongo *Trichoderma* se aisló del cultivo de jaca en el año 2014, en la localidad del Llano municipio de San Blas Nayarit. El hongo demostró tener buenas características de competencia y micoparasitismo contra el hongo fitopatógeno *Rhizopus sp.* La descripción morfológica del hongo se realizó con las claves de (Samuels et al., 2002; Samuels et al., 2010). El análisis molecular de *Trichoderma*, se realizó con la extracción de ADN genómico con el kit QUIAGEN (DNesay plant mini ki 250, cat. No. 69106) y las amplicones fueron secuenciados por la empresa Macrogen (Rockville, MD. 20850 USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos maíces criollos o nativos inoculados con especies de *Trichoderma* tienen respuesta negativa, es decir no hay crecimiento de planta y de frutos, debido a que estas especies no colonizan a la epidermis de la planta por la poca o ligera liberación de biomoléculas que modifican a los transcriptomas del ARNm y las proteínas en las plantas, (Harman, 2005). En el presente estudio la cepa *T. asperellum* MT044384 fue competente en producir cambios favorables al maíz criollo blanco. Las temperaturas promedio en que se desarrolló el maíz desde la siembra hasta la cosecha con las aplicaciones de *T. asperellum* fueron de 21 °C en campo y de 31.4°C en invernadero, que están en el rango óptimo de *T. asperellum* de 30 °C, una mínima de 4 °C y una máxima de 35°C, (Lieckfel E. et al, 1999).

Los tratamientos de *T. asperellum* con y sin composta supero o igualo a los tratamientos sin el hongo bioestimulante, con y sin aplicaciones de composta en campo e invernadero. *T. asperellum* en invernadero obtuvo el mayor rendimiento con 9.40 ton/ha., seguido de *T. asperellum* más composta en campo con 8.92 ton/ha., el tratamiento composta en invernadero sin *T. asperellum* obtuvo el menor rendimiento con 4.37 ton/ha (Figura 1). Esto significa que *T. asperellum* con y sin composta incrementa la producción de maíz y supero al control. Esto es semejante al incremento de producción en maíz por *T. harzianum*, asimismo con un efecto de reducción de nitrógeno, que evita la contaminación de suelo agua y pérdida de fertilidad del suelo, (Tavera 2017).

Se esperaba que el rendimiento de *T. asperellum* más composta en invernadero (6.50 ton/ha) tuviera un rendimiento similar al de *T. asperellum* sin composta crecidos en invernadero. Es probable que se hayan presentado temperaturas mayores a 35°C que sobrepaso al límite máximo del buen crecimiento del hongo bioestimulante y por ende un bajo rendimiento en el maíz. Se abona a lo anterior que *T. asperellum* que la mayor producción de biomasa de *T. asperellum* se registró a temperaturas de 20°C, 25°C y 30°C y en menor cantidad de biomasa a 35°C, (Singh A. et al (2014, (Lieckfel E. et al, 1999).

Los anteriores resultados coinciden con las investigaciones de: *Trichoderma asperellum* (Ta13 y Ta.78) incrementó la altura de la planta del arroz, y sus raíces, tallo, hojas, y el rendimiento hasta un 30% en comparación de los tratamientos sin el hongo bioestimulante, (Ruiz S.M. et al 2022). De igual forma *Trichoderma viride* es un biofertilizante promotor en el cultivo del trigo al incrementar la altura de planta, peso de raíz, largo de hoja, peso de panícula, número de granos, (Mahato et al 2018). El comportamiento de los mejores tratamientos de esta investigación en sus respectivas variables fue: longitud de mazorca de 30.80 cm en el tratamiento *T. asperellum* más composta (I); diámetro de mazorca 4.70 cm en *T. asperellum* (c); hileras por mazorca, 17 hileras en *T. asperellum* (C) y granos por hilera 42.25 en *T. asperellum* más composta (C).

La mayor altura de planta fue en *T. asperellum* (I) con 372.5 cm que supero a las alturas de los tratamientos sin *Trichoderma* y el mayor diámetro de tallo fue de 3.427 cm

en el tratamiento solo suelo (C) que supero a los tratamientos con *Trichoderma* en campo e invernadero. El tratamiento *T. asperellum* más composta en campo su rendimiento de grano de maíz supero a los tratamientos sin *Trichoderma* y con la combinación de con y sin composta en invernadero y campo, (Tabla 1). Esto significa que la combinación hongo bioestimulante más composta es positivo para las plantas. Como se indica que la composta estimuló la población de *Trichoderma harzianum* y el vigor de *Pinus radiata* en vivero, (Donoso, E. G.A. Lobos y N. Rojas 2008).



Figura 1. Comparación de rendimiento de grano en maíz blanco criollo.

Núm.	Tratamientos	AP cm	DT cm	LMZ cm	DMZ cm	HMZ	GRH	RD Ton
1	Suelo más Composta (C)	275.5 cd	3.127 ab	23.500 c	4.52 ab	14.50 ab	29.00 c	5.42 b
2	Solo suelo (C)	267.5 d	3.427 a	16.00 d	4.46 abc	14.00 b	33.00 c	5.43 b
3	Suelo más Composta (I)	317.0 abcd	2.600 ab	24.575 bc	4.00 c	14.50 ab	31.00 c	4.37 b
4	Solo suelo (I)	341.7 abc	2.450 ab	21.375 c	4.10 bc	14.00 b	28.50 c	5.72 b
5	<i>T. asperellum</i> más composta (C)	314.5 abcd	3.110 ab	28.750 ab	4.60 a	14.00 b	43.25 a	8.92 a
6	<i>T. asperellum</i> (C)	302.7 bcd	3.232 ab	23.625 c	4.70 a	17.00 a	40.25 ab	6.50 b
7	<i>T. asperellum</i> más composta (I)	362.0 ab	2.425 ab	30.850 a	4.39 abc	14.50 ab	35.bc	6.50 b
8	<i>T. asperellum</i> (I)	372.5 a	2.165 b	23.625 c	4.00 c	12.00 b	42.250 a	9.40 a

Nota: los tratamientos son: (C) = campo, (I) = Invernadero, AP = Altura de la planta, DT =, Diámetro del tallo, LMZ = Longitud de la mazorca, DMZ = Diámetro de la mazorca, HMZ = Hileras por mazorca, GRH = Granos por hilera y RD = Rendimiento por ha. Con una $p < 0.0005$

Tabla 1. Resultados de las características morfológicas del maíz criollo con y sin *T. asperellum* combinados con y sin composta en condiciones de campo e invernadero.

La descripción morfológica del aislado *Trichoderma* que se utilizó en el presente estudio, mostraron clamidosporas en forma globosa a subglobosas, terminales e intercaladas (Figuras 2 y 3), esto coincide con las características de *Trichoderma asperellum* citada por Samuels et al 2010. Es una de las especies más comunes a nivel mundial contra una amplia gama de fitopatógenos (Tondje et al 2007).

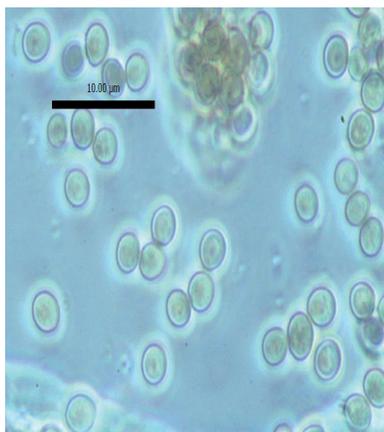


Figura 2. Conidias subglobosas

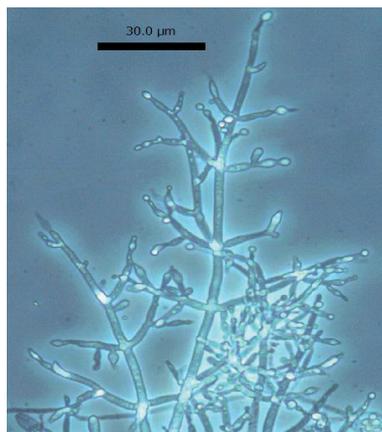


Figura 3. Fiálides

La calidad y la cantidad de ADN del aislado Trbji-25 de *Trichoderma* procedente del cultivo de la jaca produjeron bandas claras y nítidas, propiedades necesarias para garantizar la amplificación del ADN en la técnica de PCR. El tamaño del producto de la PCR del aislado Trbji-25 varió entre 550 a 689 pb para TEF1. El resultado del BLAST, presentó una homología del 99% que corresponde a *Trichoderma asperellum*, con código (MT044384) de acuerdo a la empresa Macrogen, (Samuels et al., 2002; Samuels et al., 2010; Sánchez et al., 2012). El árbol filogenético realizado con la secuencia del gen *tef* agrupó a las cepas Trbji-25 con *Trichoderma asperellum* como se muestra en la Figura 4.

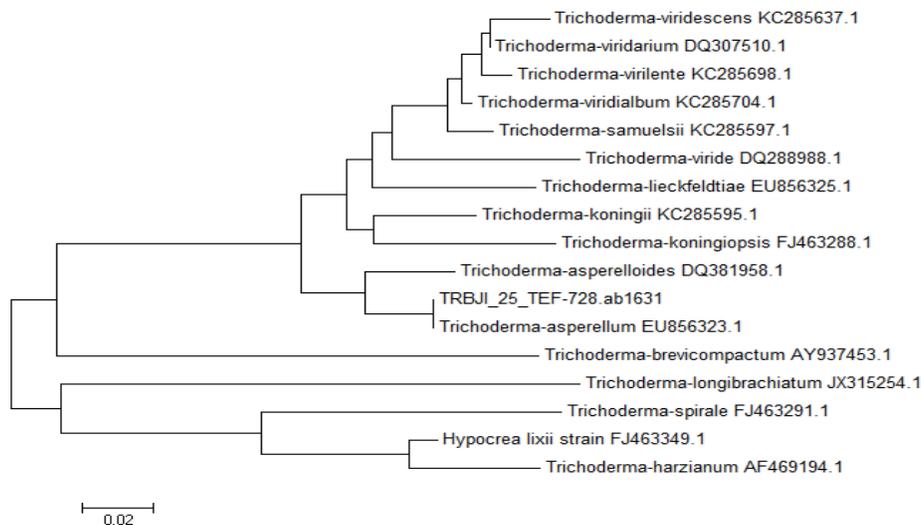


Figura 4. Árbol Filogenético de *Trichoderma asperellum*

CONCLUSIONES

El aislado *Trichoderma* Trbji-25, de acuerdo a las características morfológicas y moleculares corresponden a la especie *Trichoderma asperellum* (MT044384). Que sus evidencias de este experimento, se considera como un agente potencial bioestimulante en maíz blanco criollo, al incrementar la altura de planta, y las variables de mazorca y el factible aumento de rendimiento por hectárea.

REFERENCIAS

Celis, P. S. E., Alejo, J.C., Reyes, R.A., Garruña, H.R., Tun, S. J.M. ***Trichoderma asperellum* Ta13-17 in the growth of *Solanum lycopersicum* and biocontrol of *Corynespora cassiicola***. Revista Mexicana de Fitopatología, p. 70-8, 2023.

Donoso, E., Lobos, G. A., Rojas, N. **Effect of *Trichoderma harzianum* and compost in nursery *Pinus radiata* seedling**. BOSQUE, v.29 n.1: p. 52-57, 2008.

González, M. I., Infante, M D., Arias, V. Y., Gorrita, R. S., Hernández, G. T., de la Noval, P. B.M., Martínez, C. B., Peteira, B. **Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304**. Revista de Protección Vegetal, v. 34 n. 2. p. 1-10, 2019.

Harman, G.E. **Multifunctional fungal plant symbiont: new tool to enhance plant growth and productivity**. New Phytologist, v. 89. p. 647–649, 2011.

Harman, G. E. **Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp.** Phytopathology, v. 96 p.190-194, 2005.

Harman, G.E. **Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22**. Plant Disease, v. 84. n 4. p. 377-393, 2000.

Mahato, S., Bhuju, S., y Sheresta, J. **Effect of *Trichoderma viride* as biofertilizer on growth and yield of wheat.** Malaysian Journal of Sustainable Agriculture, v. 2 n. 2 p 01-05.,2018. DOI: <http://doi.org/10.26480/mjsa.02.2018.01.05>

Lieckfel, E., Samuels, G.J. Nirenberg, H.I. y Petrini, O. **A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viride*: is it one or two species?**, Applied and Environmental microbiology, v.65 n.6 p-2418-2, 1999.

López, B. J., Pelagio, F. R., y Herrera, E. A. ***Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus.** Scientia Horticultural, v.196. p.109–123, 2015 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>

Singh, A. Shahid, M., Srivastava, M., Pandey S., Sharma, A., et al. **Optimal physical parameters for growth of *Trichoderma* species at varying pH, temperature and agitation.** Virology & Mycology, v.3. n.1.p.1-7 2014. doi:10.4172/2161-0517.1000127

Tavera, Z. D. D., Hernández, E. J.J., Ulivarri, G. y Sánchez, Y. J.M. **Inoculación de *Trichoderma harzianum* en *Zea mays* y su efecto a la adición del fertilizante.** Journal of the Selva Andina Research Society, v.8n. 2. p. 115-123. 2017.

Tondje, P.R., Roberts, D.P., Bon, M.C., Widmer, T., Samuels, G.J., Ismaiel, A., Heddbar, K.P. **Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for supression of black pod disease in Cameroon.** Biological control, v. 43 n. p. 202-212. 2007.

Samuels, G.J., Dodd S.L., Gams W., Castlebury L.A. y Petrini O. ***Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*.** Mycologia, v. 94.n.1.p. 146-170. 2002.

Samuels, G.J., Ismaiel, K.P., M.C. Bon, De Respinis S., y Petrini O. ***Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species.** Mycologia, v.102 n. 4 p. 944-966, 2010. DOI: 10.3852/09-243

Sánchez, L.V., Martínez, B.L., Zavala, G.E.A. y Ramírez, L.M. **Nuevos registros de *Trichoderma crassum* para México y su variación morfológica en diferentes ecosistemas.** Revista Mexicana de Micología., v.36. p.17-26, 2012.

Manual de determinación de rendimiento. **Editorial CIMMYT; SAGARPA.**, p. 36. 2012. <http://hdl.handle.net/10883/18249>

Rodríguez, B.J.I. **Aislamiento y evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* sp. en el control biológico de *Rhizopus* sp. en la jaca *Artocarpus heterophyllus* L.** Tesis de maestría sin publicar. Instituto Tecnológico de Tepic. 2014.

Ruiz, S.M., Echeverría, H. A., Muñoz, H.Y., Martínez, R. A. Y., Cruz, T. A. **Aplicación de dos cepas de *Trichoderma asperellum* como estimulante de crecimiento en el cultivo del arroz.** Cultivos Tropicales, v.43 n.1 e10, 2022.

Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggi A. **The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants.** Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v.4 n.5. p.1-12,2017. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

Woo, S.L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Lanzuise, S., Manganiello, G., y Lorito, M. ***Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture.** The Open Mycology Journal v.8 p.71-126, 2014. DOI: 10.2174/1874437001408010071

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA MATOS: Graduada en Ciencias Biológicas por la Universidad de Pernambuco - UPE (2009), Maestra en Agronomía - Suelos y Nutrición de Plantas por la Universidad Federal do Piauí - UFPI (2012), con beca del CNPq. Doctora en Agronomía por la Universidad Federal de la Paraíba - UFPB (2016), con beca de CAPES. Actualmente es profesora adjunta del curso de Agronomía del Centro de Ciencias de Chapadinha (CCCh) de la Universidad Federal do Maranhão (UFMA). Tiene experiencia en el área de Agronomía, con énfasis en fitotecnia, fisiología de las plantas cultivadas, propagación vegetal, manejo de cultivos, nutrición mineral de plantas, fertilización, actuando principalmente en fruticultura y floricultura.
<https://orcid.org/0000-0002-8908-2297>.

FERNANDO FREITAS PINTO JUNIOR: Técnico en Edificaciones por el Instituto Federal de Educación, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA, Graduado en Agronomía y Maestrando en Ciencias Ambientales por la Universidad Federal de Maranhão - UFMA. Miembro del Grupo Pesquisa em Fruticultura do Maranhão (FRUTIMA) y del Grupo de Estudio e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão (BIOIMA). Tiene conocimiento y experiencia en las áreas de construcción rural, forragicultura, fruticultura y propagación vegetal. Desarrolla investigaciones en el área de Agronomía con énfasis en fitotecnia, propagación vegetal, horticultura, fruticultura, protección de plantas y promoción del crecimiento vegetal con la utilización de bioinsumos.
<https://orcid.org/0000-0002-1465-7412>.

GILCYVAN COSTA DE SOUSA: Posgraduando en Ciencias Ambientales y Graduado en Ciencias Biológicas por la Universidad Federal do Maranhão (UFMA/CCCh). Fue becario voluntario de Iniciación Científica por la Fundación de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico Tecnológico do Estado do Maranhão (FAPEMA) y, actualmente, forma parte del grupo de investigación del FRUTIMA/UFMA, con enfoque en estudios ambientales y vegetales, y del Laboratorio de Anatomía Animal, Comparada y Diversidad Genética/UFMA, en el cual desempeña actividades de investigación con foco en anatomía descriptiva.
<https://orcid.org/0000-0003-1928-1845>.

A

Acreditación 61, 62, 63, 66

Agricultura inteligente 2, 3, 13

Alcalasa 2,4l 22

B

Báquiro 92, 93

C

Canídeos 15, 16, 17

Capacitación 92, 95, 96, 98, 99, 105, 107

Comité de acreditación 61, 66

Corales 45, 48, 56

D

Despepitadoras 81, 82, 83, 84, 85, 86, 89

E

Ecosonda 45, 48, 51, 52, 53

G

Geoformas 45, 53, 56, 58

H

Hidrolisis enzimática 22, 24, 25, 29, 36

I

Inhibición enzimática 22

Internet de las cosas 2, 3, 12

Irrigación 1, 2

M

Maíz criollo 106, 110, 111, 112, 113, 114

O

Oreochromis sp. 22, 23, 44

Organización 68, 70, 75, 77, 79, 81, 82, 85

P

Pecarí 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 105, 106, 107, 108, 109

Posse responsable 15

R

Re acreditación 61

Rentabilidad 13, 81, 82, 83, 85, 88, 89, 90, 106

S

Saino 92, 93

Sensores 1, 2, 3, 5, 7, 8, 11, 13, 45, 47

T

Transferencia de tecnología 92, 107

Trichoderma asperellum MT044384 110, 111

U

UMA intensivo 92

V

Visceras 22, 23, 24, 25, 28, 31, 40

Z

Zoonose 15, 19, 20

Tecnología y sostenibilidad

en las

Ciencias Agrarias

2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Tecnología y sostenibilidad

en las

Ciencias Agrarias

2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

